



جامعة حائل  
University of Ha'il

المملكة العربية السعودية

وزارة التعليم العالي

جامعة حائل

وكالة الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي

مركز النشر العلمي والترجمة

# ضبط الجودة الإحصائي باستخدام برامج الميكروسوفت أكسل والمينيتاب

إعداد

أ.د. محمد أحمد عيشواني

١٤٣٤ - ٢٠١٣ م



المملكة العربية السعودية  
وزارة التعليم المالي  
جامعة حائل  
وكالة الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي  
مركز النشر العلمي والترجمة

# ضبط الجودة الإحصائي بإستخدام برامج الميكروسوفت أكسيل والمينيتاب

إعداد

أ.د. محمد أحمد عيشونى

١٤٣٤ هـ - ٢٠١٣ م

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

عيشوني ، محمد أحمد

ضبط الجودة الإحصائي باستخدام برامج الميكروسوفт إكسيل

واللينتات . / محمد أحمد عيشوني . - حائل ، ١٤٣٤ هـ

٤٠٠ ص : ١٧ × ٢٤ سم

ردمك: ٩٨١٥-٦٠٣-٩٧٨

١- ضبط الجودة - الطرق الإحصائية أ. العنوان

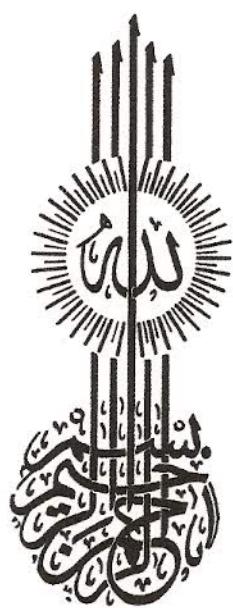
ديوي ٥١٩,٨٩ رقم الإيداع: ٤٧٦٩/١٤٣٤ هـ

رقم الإيداع: ٤٧٦٩/١٤٣٤ هـ

ردمك: ٩٨١٥-٦٠٣-٩٧٨

الطبعة الأولى

حقوق الطبع محفوظة لمركز النشر العلمي والترجمة بجامعة حائل





بحمد الله و توفيقه تخطو جامعة حائل خطى وثابة في تأسيس البرامج الرائدة و تبني المبادرات التي تعزز قدرتها في أداء رسالتها وفق رؤية واضحة تستوعب محاور العمل الجامعي و تحرص على توافر معايير الجودة و الإلتسان لكل مجالات الأداء و مساراته ، و تأتي هذه الجهود في إطار تطلعات قيادتنا الرشيدة و مسؤولية الجامعات في تعزيز الحراك العلمي و المهني كمحور رئيس و ركيزة أساسية من ركائز النهضة الوطنية التي تحظى بدعم و إهتمام و متابعة خادم الحرمين الشريفين الملك عبدالله بن عبد العزيز (حفظه الله) و ولی عهده الأمين و سمو النائب الثاني (حفظهما الله) .

كما تلقى جهود الجامعة دعم و توجيه صاحب السمو الملكي الأمير / سعود بن عبد المحسن - أمير منطقة حائل (حفظه الله) و متابعة دائمة من صاحب المعالي وزير التعليم العالي الأستاذ الدكتور / خالد بن محمد العنيري (حفظه الله) .

ويعتبر النشر العلمي مؤشرًا هام من مؤشرات الإنتاج و الحراك المعرفي و معزز للتنمية المضافة التي تؤكد دور الجامعة في دعم التوجه نحو مجتمع المعرفة و توفير مقوماته الفكرية و الثقافية و الأدبية لخدمة مسيرة التسامي في المجتمع المحلي و البيئة المحيطة و الوفاء بمتطلبات الحضور الفاعل للجامعة في المحافظ العلمية و الوطنية و الإقليمية و الدولية .

وتأتي باكورة إصدارات النشر العلمي في جامعة حائل لتعبر عن تطورات المشهد الأكاديمي في إعداد الكوادر الوطنية المتخصصة في مختلف المجالات العلمية و نتاجهم البحثي في الحصول على الدرجات العلمية وكذلك إصدار الكتب التخصصية الرصينة التي تؤمن مرجعية للبرامج الجامعية فضلاً عن مؤلفات التحقيق للتواصل مع الموروث الحضاري و الكتب المترجمة التي تؤكد مواكبة الجديد عاليًا في ميادين العلم و مجالات الفكر و الثقافة .

و إذ تقدم الجامعة الإصدار الأول من سلسلة إصدارات النشر العلمي فإنني أقدم وافر شكري لجهود اللجنة الدائمة للنشر العلمي و رئيسها سعادة الأستاذ الدكتور / عثمان بن صالح العامر وكيل الجامعة للدراسات العليا والبحث العلمي ، و مقرر اللجنة سعادة الدكتور / تركي بن علي المطلق عميد شؤون المكتبات و مدير مركز النشر العلمي و الترجمة ، و الأخوة باقي أعضاء اللجنة على جهودهم في هذا الخصوص أملاً تسامي جهودهم في ضبط مسيرة الإنتاج و النشر العلمي و تعزيز روادها وفق الضوابط و اللوائح المعمول بها .

و الله ولی التوفيق ،،،

مدير الجامعة

أ.د. خليل بن ابراهيم البراهيم



# محتويات الكتاب

vii

المحتويات

xi

مقدمة الكتاب

## الفصل الأول – الجودة والتحسين المستمر للعمليات : المفاهيم الأساسية، والمنهجيات الحديثة والأدوات العملية

|    |  |
|----|--|
| ٣  | ١ مقدمة  |
| ٤  | ٢ جولة عبر أروقة تاريخ تطور الجودة وإدارتها            |
| ١٠ | ٣ ما هي الجودة؟  |
| ١٤ | ٤ منهجة التحسين المستمر للعمليات                       |
| ١٩ | ٥ ثلاثة جوران لإدارة الجودة                            |
| ٢٣ | ٦ إدارة الجودة الشاملة                                 |
| ٢٨ | ٧ فلسفة الستة سيجما لإدارة الجودة                      |
| ٣١ | ٨ المواصفات القياسية الدولية لإدارة الجودة الأيزو 9000 |
| ٣٣ | ٩ الأدوات العملية لإدارة الجودة الشاملة                |
| ٣٨ | ١٠ خلاصة الفصل   |

## الفصل الثاني – الأدوات الأساسية السبع للجودة : السبع الروائع

٤٣

١ مقدمة

|    |                                 |
|----|---------------------------------|
| ٤٥ | ٢ الأدوات السبع الأساسية للجودة |
| ٥١ | ٣ خرائط التدفق                  |
| ٥٨ | ٤ قوائم الاختبار                |
| ٦٣ | ٥ مخطط باريتو                   |
| ٧٩ | ٦ المدرج التكراري               |
| ٨١ | ٧ مخطط السبب و النتيجة          |
| ٩٠ | ٨ مخطط التبعثر أو الإنتشار      |
| ٩٨ | ٩ خرائط المراقبة                |

### **الفصل الثالث – التوزيع التكراري واستعمالاته في تحسين الجودة والعمليات**

|     |  |
|-----|--|
| ١٠٣ | ١ مقدمة  |
| ١٠٤ | ٢ مفهوم الاختلافات في العمليات   |
| ١٠٨ | ٣ جمع وتسجيل بيانات الاختلافات في العمليات   |
| ١٠٩ | ٤ وصف بيانات الجودة  |
| ١١١ | ٥ التوزيعات التكرارية  |
| ١١٦ | ٦ تحليل التوزيع التكراري ومقاييس النزعة المركزية والتشتت<br>وإستعمالها في التحسين المستمر للعمليات         |
| ١٢٢ | ٧ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية والتشتت والجودة   |
| ١٢٩ | ٨ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية<br>ومقاييس التشتت باستعمال برنامج الميكروسوفت إكسيل |
| ١٤٩ | ٩ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية<br>ومقاييس التشتت بإستخدام برنامج المينيتاب         |
| ١٥٤ | ١٠ مفاهيم العينة والمجتمع والتوزيع الطبيعي وتطبيقاتها في مجال الجودة                                       |
| ١٦٠ | ١١ أمثلة تطبيقية عن إستعمالات خصائص التوزيع الطبيعي بإستخدام<br>برامج الميكروسوفت إكسيل والمينيتاب         |

## **الفصل الرابع – المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط الجودة للمتغيرات**

|     |  |
|-----|--|
| ١٦٩ | ١ مقدمة  |
| ١٧٠ | ٢ الاختلافات في العمليات ومسؤولية الإدارة  |
| ١٧٢ | ٣ المراقبة الإحصائية للعمليات واستعمالاتها العملية في المنظمات                               |
| ١٧٨ | ٤ تحليل خرائط المراقبة   |
| ١٨٢ | ٥ الخطوات العملية لاستخدام خرائط مراقبة العمليات   |
| ١٨٣ | ٦ أنواع خرائط مراقبة الجودة  |
| ١٨٤ | ٧ خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts for Variables)                                    |
| ١٨٥ | ٨ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى (Xbar-R charts)  |
| ١٩٣ | ٩ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج الميكروسوفت إكسل والمينيتاب                   |
| ٢٠٥ | ١٠ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري (Xbar-s charts)                                 |
| ٢١٢ | ١١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري بإستخدام برنامج الميكروسوفت إكسل والمينيتاب |
| ٢٢٣ | ١٢ أنواع أخرى من خرائط مراقبة المتغيرات (Run, Individual, ImR, EWMA)                         |
| ٢٤٤ | ١٣ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات           |

## **الفصل الخامس – المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط الجودة للخواص**

|     |   |
|-----|---|
| ٢٥١ | ١ مقدمة   |
| ٢٥٢ | ٢ أنواع خرائط المراقبة للخواص                         |
| ٢٥٢ | ٣ خريطة المراقبة لعدد العيوب (c Chart)                |
| ٢٦٤ | ٤ خريطة المراقبة لنسبة العيوب (p Chart)               |
| ٢٧٩ | ٥ خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) |

- ٦ خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) ٢٩١
- ٧ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط ٢٠٥  
المراقبة للخواص
- ٨ خارطة الطريق في إستعمال خرائط المراقبة في عمليات التحسين ٢٠٧

## الفصل السادس – تحليل مقدرة العمليات

- ١ مقدمة ٣١٧
- ٢ مفاهيم أساسية عن مقدرة العمليات ٣١٨
- ٣ الخطوات العملية لدراسة مقدرة العمليات ٣٢٥
- ٤ مؤشرات مقدرة العمليات ٣٢٩
- ٥ مثال عملي على تحليل مقدرة عملية خدمية ٣٣٥
- ٦ تحليل مقدرة عملية إنتاجية عن طريق خرائط المراقبة للمتغيرات باستخدام برنامج الميكروسوفت إكسل ٣٣٧
- ٧ دراسة مقدرة عملية إنتاجية باستعمال طريقة المدرج التكراري وبرنامج المينيتاب ٣٤٧
- ٨ الطريقة الشاملة لتحليل مقدرة عملية خدمية باستخدام برنامج المينيتاب ٣٥٥
- ٩ تحليل مقدرة العمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص وعن طريق برنامج المينيتاب ٣٥٩
- ١٠ خارطة الطريق لتطبيق تحليل مقدرة العمليات في المنظمات الإنتاجية والخدمية ٣٦٣

## الملاحق

- الملحق (A) – جداول مهمة في الضبط الإحصائي للجودة ٣٦٧

- المراجع العلمية ٣٧١

# مقدمة الكتاب

ينذكر لنا التاريخ أن اليابانيين حولوا "برنامج إعادة اليابان" عقب هزيمة الحرب العالمية الثانية إلى "معجزة الجودة اليابانية" (Japanese Quality Miracle) في سنوات السبعينيات الميلادية ويعود الفضل في ذلك إلى علمين أمريكيين من علماء الجودة هما إدوارد ديمنج (Deming)، وجوزيف جوران (Juran) إضافة إلى إسهامات علمائهم أمثال إيشيكawa (Ishikawa) وتاجوشى (Taguchi) وشينجو (Shingo). ولقد علم ديمنج اليابانيين أن الجودة السيئة التي كانت سمة المنتجات اليابانية هي نتيجة للإختلافات والتغيرات في العمليات وأن هذه الأخيرة هي عدوة الجودة وأن تحسين العمليات وتحقيق الجودة في مخرجاتها يتم عبر فهم الإختلافات وإيجاد الطرق للتقليل منها في العمليات. كما كان يؤكد دائماً أن الإدارة تحمل مسؤولية تامة حيال دراسة الإختلافات وعليها توفير البيئة والإمكانات التي تمكن الموظفين في مختلف مستوياتهم من فهم هذه الإختلافات وإتاحة الفرصة لهم للمشاركة في التقليل منها وبالتالي تحسين جودة المنتجات والخدمات. كما أكد العالم ديمنج على أهمية إستعمال الأساليب الإحصائية في تحقيق ذلك.

من أجمل ما قرأت عن منهجه ديمنج ونظرته لإدارة الجودة كتابه بعنوان "الخروج من الأزمة" الصادر في أمريكا سنة ١٩٨٦ للميلا، والذي جاء بعد البرنامج الذي أطلقه ديمنج صرخة في وجه الإدارة الأمريكية التي كانت تعاني من التنافسية الحادة التي فرضتها عليها الصناعات اليابانية والتقهقر لمنتجاتها، "إذا إستطاعت اليابان فلماذا لا نستطيع نحن؟" إنني أنصح كل قائد في منظمة عربية أن يقرأ الكتاب ويستفيد من أفكاره خاصة في عصر الأعاصير السياسية والإقتصادية والإجتماعية التي تعصف بالأمة العربية، منظمات وأفراد. لقد أطلقت الجمعية الأمريكية للجودة برنامجاً يطلق عليه "التفكير الإحصائي في كل مكان" وبنته على ثلاثة عناصر أساسية هي:

أولاً - كل عمل يحدث ضمن نظام قائم على عمليات مترابطة فيما بينها ( All work occurs in a system of interconnected processes ).

ثانياً - الإختلافات والتغيرات موجودة في كل العمليات ( Variation exists in all processes ).

ثالثاً - فهم الإختلافات والعمل على تقليلها هو مفتاح النجاح والتميز ( Understanding and reducing variation are keys to success ).

يعتبر هذا البرنامج امتداداً لفكرة العالم إدوارد ديننج الذي أرى أن منظماتنا العربية الحكومية والخاصة هي بأمس الحاجة إلى تبنيه خاصة في ضوء السعي وراء إنتاج منتجات وتقديم خدمات تتميز بالجودة العالية مما سيساهم في تحسين الأداء وتحقيق التميز في إرضاء العملاء.

يهدف هذا الكتاب إلى تسليط الضوء على هذه المفاهيم الحديثة من خلال التطبيق العملي في واقع المنظمات الإنتاجية والخدمة لهذا التفكير الإحصائي وتطبيقه في تحسين الجودة والعمليات وإستعمال الوسائل التقنية الحديثة كبرامج الحاسوب الآلي المتوفرة على أجهزتنا الشخصية مثل برامج الميكروسوفت وبرامج تخصصية في مجال الجودة. ولعل اختيارنا لبرنامج الميكروسوفت إكسيل ( Microsoft Excel ) في عملنا هذا يكون منطقياً كون هذا البرنامج متوفراً على كل حاسب مكتبي ومنه تكون فرصة التعلم عليه وافرة جداً بالإضافة إلى الإمكانيات الإحصائية المائلة المتوفرة فيه مع سهولة التعامل معه. أما البرنامج الثاني فهو برنامج المينيتاب ( Minitab ) المعتمد دولياً لدى المنظمات الإنتاجية والخدمة في مجال الجودة والذي يتميز بإمكاناته القيمة في مجال تقنيات التحليل الإحصائي وأدوات الجودة إضافة إلى سهولة التعلم عليه وسعته المناسب للمنظمات الاقتصادية وللجامعات ومعاهد التدريب العربية.

تزخر المكتبة العلمية العالمية بالعديد من الكتب حول إستعمال الأساليب الإحصائية وبرامج الحاسوب كإكسيل والمينيتاب في مجال تحسين الجودة، إلا أن المراجع باللغة العربية في هذا المجال تكون شبه معلومة، فسيكون الكتاب بإذن الله تعالى إضافة للمكتبة العربية لتكون عوناً للدارسين في مجال إدارة الجودة الشاملة وضبط ومراقبة الجودة وللعاملين في برامج التحسين المستمر للعمليات في المنظمات العربية. تمنى أن يكون الكتاب من المراجع العلمية على مكتب القائد العربي تعينه وتأخذ بيده في برامج التحسين المستمر للعمليات ورحلة الجودة والتميز.

# الفصل الأول

الجودة والتحسين المستمر للعمليات : المفاهيم الأساسية ،

والمنهجيات الحديثة والأدوات العملية

---

١ مقدمة.

٢ جولة عبر أروقة تاريخ تطور الجودة وإدارتها.

٣ ما هي الجودة؟

٤ منهجية التحسين المستمر للعمليات .

٥ ثلاثة جوران لإدارة الجودة.

٦ إدارة الجودة الشاملة.

٧ فلسفة الستة سيجما لإدارة الجودة.

٨ المواصفات القياسية الدولية لإدارة الجودة الآيزو ٩٠٠٠ .

٩ الأدوات العملية لإدارة الجودة .

١٠ خلاصة الفصل.



## ١ مقدمة

إن ارتباط الجنس البشري بالجودة يعود إلى فجر التاريخ ولا يزال مستمراً إلى الآن، ففي المجتمعات البدائية كانت الحياة مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بجودة المنتجات و"الخدمات" الطبيعية التي سخرها الله سبحانه وتعالى للإنسان في حيز معلوم من الظروف المناخية والبيئية كدرجة الحرارة والرطوبة والغذاء التي تؤثر على جودة الحياة. لذلك فمنذ ذلك التاريخ لا يزال الإنسان يعمل بكل جد لتوفير الظروف المناسبة لحياته وراحته، فبدأ بتقسيم العمل وبناء التجمعات السكنية كالقرى والمدن وتوفير المنتجات والخدمات ذات الجودة المناسبة للحياة وهذا عن طريق العمل في الزراعة، والصناعة والتجارة والتعليم والطب. إن المتأمل في التاريخ البشري يلاحظ أن الهدف لم يتغير وإنما تغيرت وسائل تحقيق هذا الهدف، فمثلاً إستعمل الأباء والأجداد الأوائل العربات التي تجرها الأحصنة للتنقل عبر المدن والقرى في حين نستعمل لنفس الغرض عربات حديثة تسمى السيارات ولا ندرى ماذا سيستعمل أبناؤنا في المستقبل لتنقلاتهم. إن حاجة الإنسان إلى الخدمات التعليمية والطبية مثلاً لم تتغير وإنما تغيرت وسائل تحقيق هذه الحاجة، فصرنا الآن نتنافس على الجامعات العالمية المعروفة بجودة مخرجاتها (MIT) ونبحث عن الخدمات الطبية ذات الجودة العالية والسعر التنافسي.

ومع مطلع القرن الحادى والعشرين المتسم بالعولمة والشمولية أصبحت جودة المنتجات والخدمات حتمية مصيرية تدخل في إطار إستراتيجيات المنظمات الإنتاجية والخدمية وحتى الدول. إنه ليس من خيار أمام المنظمات إلا تقسيم منتجات أو خدمات تلبى رغبات عملائها وتحقق متطلباتهم، حتى تضمن بقائهما في سوق تنافسية حدتها تزداد يوماً بعد يوم. لقد أصبحت الجودة عنصراً مهماً في حياة الإنسان المعاصر وهي أيضاً إحدى أهم مبادئ الإدارة في الوقت الحاضر بعد أن كانت الإدارة بالماضي، تعتقد بأن نجاح المنظمة يعني تصنيع منتجات وتقديم خدمات بشكل أسرع وأرخص، ثم

ال усилиي لتصريفها في الأسواق، وتقديم خدمات لتلك المنتجات بعد بيعها من أجل تصليح العيوب الظاهرة في تلك المنتجات وصيانتها. ففضلاً مبادئ الجودة تغير هذا المفهوم التقليدي واستبدل كما يقول عالم الجودة فاينغنبوم (Feigenbaum, 1991) بمفهوم آخر يسمح بتصنيع المنتجات بجودة عالية مما يؤدي إلى تصنيعها بشكل أسرع وأرخص ودون الوقوع في العيوب والأخطاء. ويقول كل من العالم الياباني إيشيكاوا (Ishikawa, 1972) والعالم الأمريكي ديمينغ (Deming, 1982) "أن إنتاجية المؤسسة ستترتفع إذا تحسنت الجودة لديها"، وأن "المنظمة تتحقق النجاح الطويل الأمد من خلال إرضاء العميل وهذا لا يمكن تحقيقه إلا بتقديم منتجات وخدمات ذات جودة عالية". وتتمثل هذه العبارة صميم فلسفة إدارة الجودة الشاملة القائمة على التحسين المستمر للعمليات.

## ٢ جولة عبر أروقة تاريخ تطور الجودة وإدارتها

كما تمت الإشارة إليه في مقدمة هذا الفصل فإن جذور الاهتمام بالجودة يعود إلى فجر التاريخ البشري ويعتبر العلماء بأن الحضارات القديمة مثل الحضارة الفرعونية في مصر سجلت قبل سبعة آلاف سنة الاهتمام بجودة أداء الأعمال الذي يمكن ملاحظته من خلال النقوش في المعابد والأهرامات التي ما زالت تبهمنا بأسرارها إلى حد الساعة. كما سجلت الحضارات الإنسانية التي تلت، خاصة حضارة ما بين النهرين للآشوريين، إهتماما بالجودة تجلت في آثار القصور والمعابد التي ما زالت قائمة إلى حد الساعة. كما كان للحضارة الإسلامية التي أنارت العالم لفترة زمنية تقارب ١٢ قرنا من الزمان والتي كانت النبراس الذي أنار طريق الحضارة الغربية المعاصرة، إسهامات قيمة في مجال الجودة تجلّى ذلك في المستوىحضاري والإجتماعي الرادي العائد على الأمم والشعوب التي كانت تعيش تحت راية الخلافة الإسلامية في مدن

مختلفة مثل بغداد، دمشق، قرطبة، غرناطة، فاس، وجایا وغیرها في حين كانت العواصم الأوربية مثل باريس ولندن تعيش في ظلمة العصور الوسطى. تجلی هذا الرقي في المستوى الاجتماعي والحضاري وفي توفير المدارس والجامعات، والمستشفيات، والازدهار الصناعي والزراعي في هذه المدن الإسلامية العربية والذي جعل الحياة البشرية فيها تتميز عما سواها من المدن في بقية العالم. ويقول عام الجودة جوران (Juran, 2000) "إن الجودة بمفهومها المعاصر مرتبطة ارتباطاً وثيقاً مع مجالات حيوية للحياة البشرية مثل الصحة، والتعليم، والتغذية، والنقل، والتجارة والصناعة إلى غير ذلك من جوانب حياتنا المعاصرة".

يرجع العلماء بداية الجودة كعلم تقني إلى سنوات ١٩٢٠ حين قامت مختبرات الهاتف بيل (Bell Telephone Laboratories) في الولايات المتحدة الأمريكية بإنشاء أقسام للجودة لمراقبة جودة منتجاتها عن طريق أساليب الفحص والتفتيش (Inspection and Testing). خلال هذه الفترة قام العالم والتر شيهارت (Walter Shewhart) بتطوير خرائط مراقبة الإنتاج (Control Charts) التي كانت الأساس لطرق المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control). كما قام العالمين دوج (Dodge) وروميج (Romig) بتطوير مفهوم عينات الفحص والقبول (Acceptance Sampling Plans) كوسيلة لفحص المنتجات عن طريقأخذ عينات من خط الإنتاج عوضاً عن طريقة التفتيش الكلي التي كانت متبعه في ذلك الحين. وقد دفعت ظروف الحرب العالمية الثانية وما سبقها من استعدادات في بداية سنوات ١٩٤٠ وزارة الدفاع الأمريكية (Department of Defense) وصناعتها العسكرية إلى اعتماد هذه الأساليب والطرق للتلفتيش عن جودة منتجاتها ومعداتها. بدأت تظهر منذ ذلك الحين المواصفات العسكرية (Military Standards) والإرشادات (Guidelines) حول كيفية استعمال خطط الفحص والمعايير وأساليب المراقبة الإحصائية للعمليات. في سنة ١٩٤٦ تكونت الجمعية الأمريكية للجودة

تقنيات الضبط الإحصائي للجودة في المنظمات الإنتاجية والخدمية وهذا عن طريق عقد دورات تدريبية ومؤتمرات تجمع الصناعيين والإداريين الأميركيين.

بينما كانت بداية حركة الجودة في اليابان في أعقاب الحرب العالمية الثانية حينما أوكلت مهمة مساعدة اليابان في إعادة إعماره ونزع الطابع العسكري للدولة للجنرال ماك أرثور (McArthur) الذي اصطحب معه إلى اليابان قربة ٢٠٠ عام أمريكي. وكان من بين العلماء الأميركيان الأستاذ في علم الإحصاء إدوارد ديمنج (Edward Deming) الذي قضى قبل ذلك قربة عشر سنوات يبحث الصناعيين الأميركيين على استعمال التقنيات الإحصائية لتحسين جودة منتجاتها وتحفيض تكاليف الإنتاج ولكن دون أن يستمع إليه أحد. لقد كان ديمنج متأثراً بفكرة العالم شيوهارت في منهج المراقبة الإحصائية للعمليات، وخلال عمله باليابان (١٩٥٠م) قام ديمنج بإلقاء سلسلة من المحاضرات حول استعمال الأساليب الإحصائية لمراقبة العمليات وتحسين الجودة على المهندسين الصناعيين والقادة الإداريين اليابانيين. لقد لاقت هذه الأفكار اهتماماً منقطع النظير من طرف اليابانيين وقام علماؤها مثل آيماي (Imai) وكوارو إيشيكاوا (Kaoru Ishikawa) والقائمون على الصناعة اليابانية بتطوير هذه الأفكار وإحداث ثورة الجودة اليابانية أو المعجزة اليابانية (Japanese Quality Revolution / Japanese Miracle) مع بداية الخمسينيات. أهم ميزة للثورة اليابانية للجودة هي الطرح القائم على الانتقال من طريقة الفحص والتغتيش عن الجودة إلى التركيز على التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement) في مختلف مستويات المنظمة الإنتاجية. أطلق اليابانيون لقب أب الجودة اليابانية على العالم ديمنج وأقاموا له جائزة التميز في الجودة (Deming Prize) في عام ١٩٥١ والتي تمنح للمنشأة أو المنظمة التي تقدم أحسن مستويات الجودة في منتجاتها أو خدماتها. في

سنة ١٩٥٤ سافر العالم جوزيف جوران (Joseph Juran) إلى اليابان بدعوة من اتحاد العلماء والمهندسين اليابانيين (Japanese Union of Scientists and Engineers JUSE) ، وهناك أكد جوران في محاضراته على أهمية دور الإدارة في تحقيق الجودة وأوضح أيضاً أهمية الأبعاد الإدارية للتخطيط ومراقبة العمليات. كان لكل من دينج وجوران تأثيراً خاصاً على اليابانيين والذي أدى بدوره إلى تطور سريع في حركة الجودة اليابانية التي أصبحت تقوم بتطوير مقاييس وتطبيقات أخرى للجودة و كنتيجة حتمية لذلك بدأت المنتجات الإلكترونية والسيارات اليابانية ذات الجودة المتعارف عليها تغزو الأسواق الأمريكية والأوروبية منذ بداية السبعينيات.

وفي أمريكا قام العالم أرماند فاينباوم (Armand Feigenbaum) في ١٩٥١م بطرح مفهوم الضبط الشامل للجودة (Total Quality Control) الذي شكلت النواة الأساسية لمفهوم إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) التي طرحتها العالم جوزيف جوران (Joseph Juran) في نفس الفترة والتي تقوم على أن إدارة الجودة وتحقيقها في المنظمات الإنتاجية والخدمة هي إحدى الوظائف الرئيسية للإدارة وأن مسؤولية الجودة هي مسؤولية كل فرد في المنظمة عكس ما كان متعارفاً عليه كونها مسؤولية قسم الفحص والتفتيش فقط.

كانت للعالم الياباني كوارو إيشيكاوا إسهامات قيمة في مجال أساليب تحسين العمليات حيث كان أول من اقترح مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram) لحل مشكلات العمليات وإجراء التحسينات عليها في سنة ١٩٦٨ كما قام في ١٩٧٢ بتطوير التقنيات السبع الأساسية للجودة (The Basic Seven) المعروفة باسم الرائع السبع (The Magnificent Seven) التي أصبحت في الوقت الراهن أهم الأدوات العملية المعتمدة في فلسفة إدارة الجودة الشاملة ومنهجية الستة سيجما (Six Sigma).

مع نهاية السبعينيات وبداية الثمانينيات وأمام تقدم المنتجات اليابانية في الأسواق الأمريكية ظهرت في أمريكا حركة تبادي بتحسين جودة المنتجات الأمريكية لمنافسة المنتجات اليابانية حيث قام الكثير من الإداريين والصناعيين الأمريكيين بزيارات متعددة إلى اليابان قصد الاستفادة والتعلم من المعجزة اليابانية في الجودة، وكان مقال العالم إدوارد دينج الذي تم عرضه في ١٩٨٠ م على شكل فيلم وثائقي تحت عنوان "إذا استطاعت اليابان فلماذا لا نستطيع نحن؟" أثراً جيداً في دفع حركة الجودة في أمريكا التي بزغت في منتصف ١٩٨٠ م والتي ساهمت في تعليم تطبيق مفاهيم إدارة الجودة الشاملة في المنظمات الانتاجية والخدمية، فقامت كبرى الشركات الصناعية الأمريكية مثل فورد (Ford) وأ.ب.م (IBM) وكريروكس (Xerox) بتطبيق مفاهيم إدارة الجودة الشاملة (TQM) لجوران لإدارة عملياتها وتحسين جودة منتجاتها مما سعى لها باستعادة حصصها السوقية أمام منافساتها اليابانية. وفي إطار هذه الحركة وفي عام ١٩٨٧ قام وزير التجارة الأمريكي مالكوم بالدرige (Malcom Baldridge) في عهد الرئيس رونالد ريغان باعتماد جازة بالدرige الوطنية للجودة التي تمنح للمنشآت الإنتاجية أو الخدمية الأمريكية المتميزة في تقديم منتجات أو خدمات ذات جودة عالية، حيث كان الرئيس الأمريكي شخصياً هو الذي يقدم الجائزه إلى الشركة أو المنشأة الفائزة بها. ومع نهاية الثمانينيات ومع تطوير منهجهية الستة سيجما (Six Sigma) من طرف شركة موتورولا، عاد الاهتمام من جديد بأساليب المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control) خاصة في صناعة السيارات كما قامت وزارة الدفاع الأمريكية وكبرى الشركات الصناعية والخدمية باعتمادها كأسلوب لمراقبة عملياتها وضبط جودة منتجاتها وتحقيق عملية التحسين المستمر عليها.

مع نهاية ١٩٨٠ وببداية سنوات ١٩٩٠ عرفت حركة الجودة تقدما ملحوظا في دول أوروبا، نتج عنها إصدار سلسلة المعايير القياسية الدولية الإيزو ٩٠٠٠ لتأكيد الجودة (Quality Assurance) في المنظمات من قبل المنظمة الدولية للتقييس (International Organization for Standardization) في عام ١٩٨٧. أصبحت هذه المعايير الدولي التي يتم من خلاله تحديد المتطلبات الأساسية لنظم إدارة الجودة في المنظمات الإنتاجية والخدمية. كما كان لظهور مؤسسات جوران وديمنج للجودة (Juran and Deming Quality Foundations) الدور البارز في نشر ثقافة الجودة في الأوساط الصناعية والخدمية على المستوى العالمي وكذلك في تقديم أفكار جديدة، مثل فلسفة الستة سيجما (six sigma)، والتي ساهمت في دفع تقدم حركة الجودة وتوسيع مجالات تطبيقها في مختلف جوانب الحياة المعاصرة كالخدمات الصحية، والتعليم والتدريب والخدمات الحكومية (Box et al., 1987, Marks, 2003, Maguad, 2006, Aichouni, 2012).

ومن هنا نلاحظ عزيزي القارئ أن مفهوم الجودة قد تطور بشكل تدريجي من فحص المنتجات للبحث عن الوحدات المعيبة حتى أصبح في الوقت الحاضر عبارة عن منهج وفلسفة إدارية شاملة تسعى لتحقيق الجودة في المنتجات والخدمات والإلتزام بها في مختلف مستويات المنظمة، وقد قسم علماء الجودة تطور حركة الجودة إلى أربعة مراحل

تاريخية هي :

**المراحل الأولى :** مرحلة الاهتمام بالفحص والتفتيش (Inspection & Testing).

**المراحل الثانية :** مرحلة استخدام الأساليب الإحصائية لمراقبة العمليات وضبط جودة المنتجات (Statistical Quality Control / Statistical Process Control)

**المراحل الثالثة :** مرحلة ضمان وتوكيد الجودة (Quality Assurance).

**المراحل الرابعة :** مرحلة إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management).

### ٣ ما هي الجودة؟

قبل أن ندرج على التعريف العلمي لمفهوم الجودة أود أن نراجع تصورنا كأشخاص عاديين لهذا المفهوم ونظرتنا إليه من خلال بعض جوانب الحياة المعاصرة (الجدول ١-١)).

| المجال                    | أمثلة عن مواصفات الجودة التي نريدها في هذا المجال  |
|---------------------------|--|
| الرحلات الجوية            | في الموعد، مريحية، خدمات ذات جودة عالية، تكلفة مقبولة.   |
| الخدمات الصحية            | دقة التشخيص، مدة الانتظار، سعر مخفض، الأمان، السرية.   |
| خدمات المطاعم             | النظافة، الأكل طازج، سرعة التوصيل.   |
| الاتصالات                 | الوضوح، الدقة، السرعة، السعر المخفض  |
| المنتجات الصناعية         | جودة التصنيع، الملائمة للاستعمال، الخلو من العيوب، الصحة، الأمان، التكلفة، خدمات ما بعد البيع. |
| التعليم والتدريب المناسب. | ملاءمة المخرجات مع سوق العمل، توفير المعرفة في الوقت المناسب.                                  |
| الخدمات البريدية          | سرعة التوزيع، الدقة في التوصيل.  |

#### الجدول ١-١ أمثلة عن الجودة في بعض جوانب حياتنا اليومية

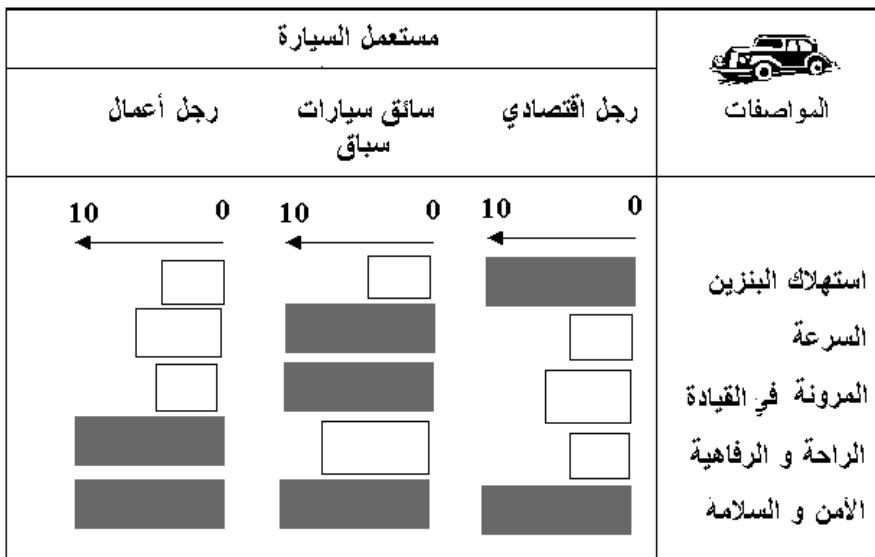
يمكن أن تلاحظ عزيزي القارئ أنه على الرغم من أن المواصفات التي نريدها في مختلف الحالات والمنتجات قد تتغير من مجال إلى آخر إلا أن هناك قاسما مشتركا بين كل هذه الحالات. إن نظرتنا للجودة يمكن تحديدها في أربعة معاملات أساسية هي:

- التكلفة (أو السعر)،
- زمن التسليم،
- الملائمة للإستخدام والخلو من العيوب،

## ● رضا العميل.

قد تتفاوت درجة أهمية هذا المعامل أو ذاك مع اختلاف المجالات الإنتاجية أو الخدمية ولكن يبقى المعامل الرئيسي دائماً ممثلاً في رضا العميل. فمثلاً قد تستقل رحلة شركة الطيران (س) من المنامة إلى الدار البيضاء بدون تأخير في موعد إقلاعها، وبتكلفة مناسبة، ويتم تقديم الخدمات المناسبة لك خلال الرحلة، فمن المؤكد أنك ستكون راضياً وبالتالي فإن حكمك على شركة الطيران سيكون مرتبطاً بجودة خدماتها مما سيترتب حتماً على أنك ستتسافر معها مرة ثانية.

كذلك يمكن أن نرى من خلال المثال الموضح على الشكل (١-١) كيف أن نظرة العميل (مستعمل المنتج أو متلقى الخدمة) لمفهوم الجودة في نفس المنتج قد تتغير. فعلى سبيل المثال فيما يخص نظرة العميل للسيارة وما هي المواصفات المحددة لجودتها التي يرغب توفيرها في هذا المنتج؟ فالرجل الاقتصادي مثلاً يعتبر أن خاصية استهلاك البنزين محدد أساسياً لجودة السيارة في حين أن السرعة والمرونة في القيادة والرفاهية قد لا تعتبر من الخصائص المهمة لديه. أما بالنسبة لسائق سباق السيارات فإن كل من السرعة والمرونة في القيادة خواص محددة لجودة السيارة بينما يرى رجل الأعمال أن الراحة والرفاهية هي المحددات الأساسية للجودة ونلاحظ هنا أن الجميع يتفق على أن خاصية الأمن والسلامة محددات ومواصفات أساسية وضرورية في السيارة.



الشكل ١-١ مواصفات السيارة من وجهة نظر عدة عملاء

على الرغم من الأهمية المت坦مية لموضوع الجودة إلا أن تعريف هذا المصطلح لا يزال يعرف بعض الاختلافات من كاتب لآخر حسب الزاوية التي يرى منها فمنهم من ينظر إلى مفهوم الجودة من زاوية العميل، ومنهم من ينظر إليها من ناحية المنتج أو مقدم الخدمة، ومنهم من ينظر إليها من ناحية التصنيع وهكذا. ولذا فلا بد من فهم العلاقة بين هذه التعريف وإلا قد يقع بعض اللبس في فهمها وتطبيق مبادئها. وكما ذكر (Neil and Paul, 1994) فقد قام جارفن (Garvin, 1988) بتحليل تعريف

الجودة وتصنيفها إلى خمس مجموعات أساسية هي (إسماعيل، ٢٠٠٦):

(أ) **التعريف غير المحدد** (Transcendent definition) : في هذا التعريف العام وغير المحدد تعرف الجودة بعبارات مثالية وجميلة كأن تقول "جودة هذا المنتج فائقة" أو "تعرف الجودة عندما تراها".

(ب) التعريف القائم على المنتج (Product based definition) : وفقاً لهذا التعريف فإن الجودة هي مجموعة من صفات وخصائص المنتج (أو الخدمة) التي يمكن قياسها وتحديدها ودراسة الاختلافات والتغيرات الموجودة فيها.

(ج) التعريف القائم على التصنيع (Manufacturing based definition) : تعني الجودة هنا التوافق والمطابقة مع الموصفات ومتطلبات العميل وهي كذلك درجة الملائمة بين خصائص وصفات المنتج ومواصفات تصميمه، وتكون الموصفات هنا ذات علاقة بالأنشطة الإنتاجية والهندسية حيث يتم وضعها في تصميم المنتج بناءً على توقعات ومتطلبات العميل وتقاس جودة المنتج من خلال مستوى الانحراف في خصائص المنتج عن هذه الموصفات.

(د) التعريف القائم على العميل أو المستخدم (User based definition) : تعني الجودة في هذا التعريف ملاءمة الاستخدام، أي قدرة المنتج أو الخدمة على تحقيق رغبات ومتطلبات العميل.

(و) التعريف القائم على القيمة (Value based definition) : من هذا المنظور فإن المنتج ذا الجودة العالية هو المنتج الذي يعطى العميل أقصى ما يمكن مقابل ما يدفعه من تكاليف، بمعنى آخر، هو المنتج الذي يفي باحتياجات ومتطلبات العميل بالسعر والتكلفة الأقل.

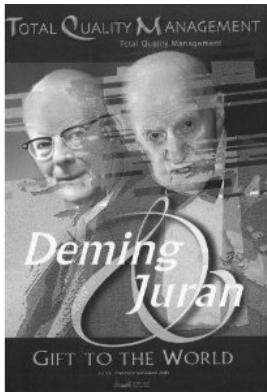
نلاحظ هنا أن التعريف المختلفة للجودة تركز على مختلف النواحي لهذا المفهوم ولا يمكن للمنظمة أن تبني إدارتها للجودة على تعاريف مختلفة الأوجه مما قد يؤدي إلى نتائج عكسية مثل إنتاج منتج بنسب عالية من العيوب وارتفاع التكاليف وزيادة استياء العملاء. لهذا فإنه من الحكمة التركيز على تعريف موحد وشامل لهذا المفهوم الهام وهذا ما أشار إليه عالم الجودة جوران (Juran, 2000) حيث يقول إن من بين مختلف التعريف المطروحة لمفهوم الجودة، فإن هناك تعريفين ذات أهمية خاصة لإدارة الجودة، وهما : (١) "تعني الجودة مجموعة الخواص والسمات في المنتج (Product

(Features) التي تفي بمتطلبات المستهلك وبالتالي تؤدي إلى رضاه. في هذا الاتجاه، تكون الجودة موجهة نحو العائدات بحيث أن رضا العميل عن جودة المنتج تؤدي إلى عائدات ربحية للمنظمة". (٢) "تعني الجودة التحرر من العيوب والأخطاء في المنتج أو الخدمة (freedom from deficiencies). ويعني هذا التخلص من العيوب والأخطاء التي تؤدي إلى إعادة العمل (Rework)، وأخطاء في العمليات، وإرتفاع في شكاوى العملاء، وأستيائهم وعدم رضاهم".

سنبني طرحنا في كتابنا هذا على التعريف (ب) و(ج) للجودة والقائمة على المنتج أو الخدمة وتقديمهما للعميل حسب متطلباته. هذا الطرح الذي تبناه عالم الجودة إدوارد ديمنج في فلسفته لإدارة الجودة الشاملة التي تقوم على التحسين المستمر للعمليات من خلال دراسة التغييرات والإختلافات في خصائص المنتج أو الخدمة والعمل على تقليلها في المنتجات والخدمات. نلاحظ هنا أن هذه الفلسفة والنظرية إلى الجودة هي المنهجية التي تقوم عليها المنهجيات المعاصرة لإدارة الجودة الشاملة والستة سيجما ومعايير الجودة العالمية الآيزو ٩٠٠١ ونماذج التميز المؤسسي.

#### ٤ منهجية التحسين المستمر للعمليات

يقول العالم العربي الأستاذ الدكتور محمد زايري في إحدى رواياته أن ديمنج وجوران هما هدية إلى العالم وهذا اعتراف لما قدمه العلمان للبشرية في مجال إدارة الجودة الشاملة والتحسين المستمر للعمليات. لقد أُسهم الأول بحلقة التحسين المستمر (Deming Cycle for Quality Improvement الشاملة ومنهجيات التحسين المستمر للعمليات وكذلك معايير الآيزو ٩٠٠١:٢٠٠٨ . في حين تمثلت أهم إسهامات العالم حوران في ثلاثيته لإدارة



الجودة وإستعمال مبدأ ٢٠:٨٠ أو مبدأ باريتو في حل المشاكل والتحسين المستمر للعمليات. بناء على أعمال قام بها العالم الإحصائي شيوهارت (Walter Shewhart) في بداية العشرينات فقد أعاد عالم الجودة إدوارد ديننج باقتراح حلقة متتابعة للتحسين المستمر للعمليات أطلق عليها إسم "عجلة أو حلقة ديننج للتحسين المستمر للعمليات" (PDCA Cycle or Deming Wheel) والموضحة على الشكل (٢-١).



**الشكل ٢-١** حلقة ديننج للتحسين المستمر (Deming PDCA Cycle)

تعتبر هذه الحلقة إحدى الدعامات الأساسية في إدارة الجودة الشاملة إذ من خلالها يمكن للمنظمات تحقيق تحسينات جوهرية على عملياتها مما يساهم في تحسين مستوى الجودة وتحقيق أعلى مستويات إرضاء العملاء. تقوم هذه الحلقة على أربعة خطوات أساسية هي:

- **خطط (Plan)** : المهد في هذه المرحلة هو تخطيط ما يجب أن يفعل. بمعنى تحديد الأهداف والعمليات الضرورية لتحقيق المنتج أو الخدمة حسب المواصفات ومتطلبات العميل.
- **نفذ (Do)** : يتم في هذه المرحلة تنفيذ ما تم التخطيط له.
- **قيم أو افحص (Check)** : في هذه المرحلة تقوم بتقييم ودراسة النتائج المتحصل عليها من العملية وهذا بمقارنتها مع الأهداف والمواصفات.
- **حسن (Act)** : بناء على نتائج التقييم تقوم بإجراء التحسينات والتعديلات على العملية أو المنتج ونعود إلى المرحلة الأولى لتعديل التخطيط ومن ثم تسير الحلقة مستمرة.

عمليا، يمر تطبيق حلقة دينج في تحسين العمليات بسبعة مراحل أساسية، هي:  
**المرحلة الأولى – تحديد الفرصة (Identify the Opportunity)** : في هذه المرحلة تقوم بتحديد وترتيب الأولويات لفرص التحسين. وكذلك تحديد المشاكل التي يجب أن تحل لتحسين العملية. تستعمل في هذه المرحلة مجموعة من تقنيات الجودة خاصة الأدوات السبع الأساسية للجودة التي قام العالم الياباني كوارو إيشيكاوا بطرحها في ١٩٧٢ والتي ستشكل المحور الأساس لهذا الكتاب.

**المرحلة الثانية – تحليل العمليات الحالية (Analyze Current Processes)**:  
المهد في هذه المرحلة هو تحديد الأداء الحالي للعملية وهذا بتحديد الأنشطة الرئيسية في العملية، تحديد حدود العملية، تحديد مخرجاتها، الزبائن ، المدخلات والممونين وتدفق العمليات. ولكي يتم قياس مدى تطابق خصائص مخرجات العملية مع توقعات ورغبات العميل وقياس درجة رضا العملاء، يتم جمع بيانات عن العملية وتحليلها.

**المراحلة الثالثة : تطوير أنساب الحلول (Develop Optimal Solutions) :** وهذا بالبحث عن أحسن الحلول التي يتفق الجميع على أنها تؤدي إلى تحسين العملية والرفع من مستوى جودة مخرجاتها.

**المراحلة الرابعة - تنفيذ التغييرات (Implement Changes) :** بعد أن تم الوصول إلى أحسن الحلول تأتي مرحلة تنفيذ هذه الحلول على واقع العملية ويقوم الفريق العامل على تحسين العملية بالعمل على وضع خطة لتنفيذ التحسينات على العملية والبدء بتنفيذها.

**المراحلة الخامسة - دراسة وتقييم النتائج (Study and Evaluate the Results)** (Study and Evaluate the Results) المدف من هذه المراحل هو تقييم التحسينات التي أجريت على العملية وهذا عن طريق مراقبة العملية وتغييرات خصائص المنتج فيها. يتم جمع البيانات عن العملية وتحليلها من أجل تقييم التطور الناتج عن التحسينات المدخلة على العملية.

**المراحلة السادسة - تنميظ وتأسيس الحلول المعيارية (Standardize the Solution)** (Standardize the Solution) : بعد أن نتأكد من أن التحسينات المدرجة في العملية أدت إلى النتائج المتوقعة وإلى تحسين في مستوى جودة المخرجات، نقوم بتدوين هذه الحلول وجعلها حلولاً معيارية. كما يجب أن تبقى العملية خلال هذه الفترة تحت المراقبة، كما تقوم بإجراء تحسينات بصفة دورية حتى يتم تحقيق عملية التحسين المستمر.

**المراحلة السابعة - التخطيط للمستقبل (Plan for the future)** (Plan for the future) : تهدف هذه المرحلة إلى التحقيق الدائم والمستمر لأعلى مستويات الأداء للعملية. فبعض النظر عن التحسينات المهمة التي تم الحصول عليها في المراحل السابقة ولكن يجب أن يكون التحسين في العملية مستمراً بحيث تبحث دائماً عما هو أفضل، وهذا لأن توقعات العميل التي تعتبر الغاية من وراء عملية التحسين، في تغير مستمر. ولهذا فيجب أن يكون التركيز قوياً على عملية التخطيط المستقبلي للجودة.

وتعتبر حلقة دينج للتحسين المستمر (PDCA or Deming Cycle) الإطار الإستراتيجي لإدارة الجودة الشاملة ونماذج التميز المؤسسي وتطبيقاتها في المنظمات الإنتاجية والخدامية. أما في فلسفة الستة سيجما (Six Sigma) المقترنة من طرف الشركة العالمية موتورولا فيطلق عليها حلقة DMAIC: Define-Measure- (Analyze-Improve-Check .).

تقوم عملية التحسين المستمر للعمليات حسب منهجهية دينج على العمل على التقليل من التغيرات والانحرافات وإزالة الأسباب المؤدية إلى حدوثها من العملية وهذا من خلال الدراسة والفهم بإستعمال الأدوات المناسبة. وهذا ما تعلمه اليابانيون أنفسهم من دروس عالم الجودة إدوارد دينج الذي كان يؤكد على أن أحد المشاكل الأساسية لدى الكثير من القيادات هو عدم فهم الانحرافات والإختلافات التي تقع داخل العملية حيث يعتبر هذه الاختلافات مرضًا قاتلاً يهدد المنظمات الاقتصادية ويتجه إليها فهمها ودراستها باستعمال أدوات الجودة المناسبة ومن ثم علاجها. يؤكّد العالم دينج أنه عندما تحسن المنظمة في عملياتها وفي جودة مخرجاتها من منتجات وخدمات، فإن العائد سيكون انخفاضاً في التكاليف وتحسيناً في الإنتاجية وهذا ما يتتيح للشركة تحسين حصتها السوقية، والبقاء في مجال الأعمال التجارية ، وبالتالي خلق المزيد من الوظائف. وهذا ما عبر عنه في حلقة دينج لسلسلة تفاعلات الجودة (الشكل ٣-١).



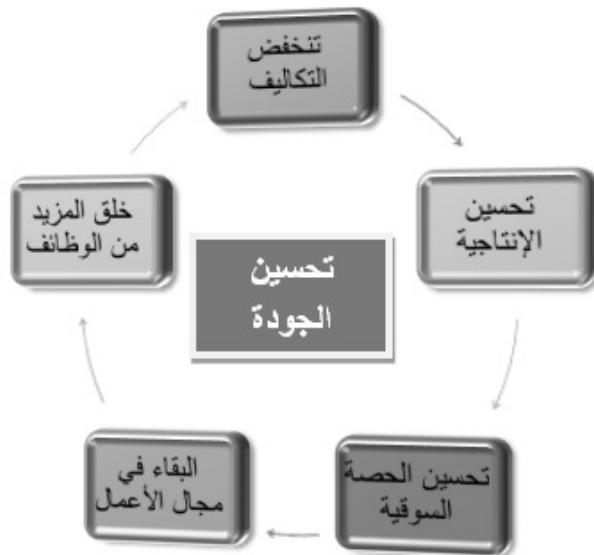
*"Variation is a disease that threatens all Organizations;*

*The central problem in management and leadership is failure to understand the information in variation".*

*"What is the variation trying to tell us about a process, about the people in the process?"*

Edwards Deming (*Out of the Crisis, 1982*)

---



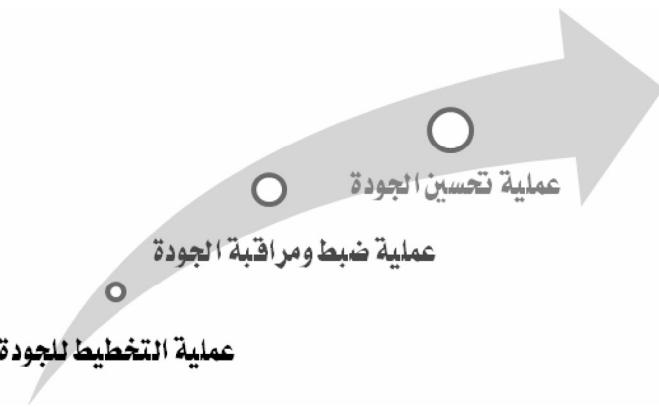
الشكل ٣-١ حلقة ديمنج لسلسلة تفاعلات الجودة

## ٥ ثلاثة جوران لإدارة الجودة : (Juran Trilogy)

لتحقيق الجودة في منتجاتها وخدماتها على المنظمات الإنتاجية والخدمية أن تكون لها خطة إستراتيجية (Strategic Plan) تحتوي على رؤية واضحة (Vision) ورسالة

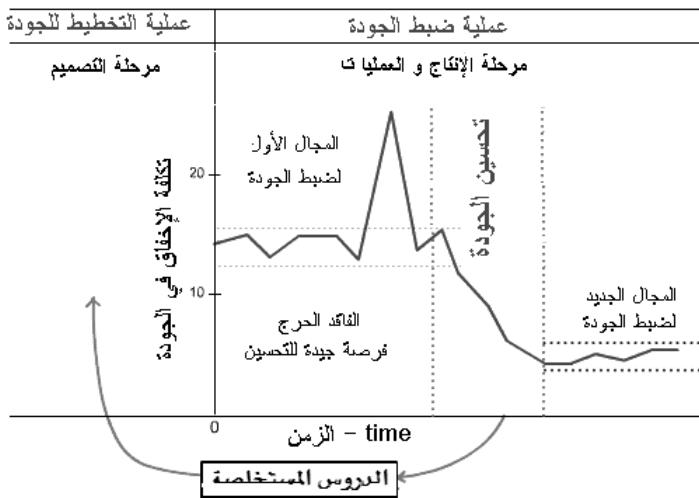
وأهداف محددة بدقة (Objectives) تنصب كلها حول تحقيق الجودة في المنتج أو الخدمة كما يتوقعها العميل. إن تحويل هذه الأهداف إلى نتائج ملموسة، أي جعل الجودة تتحقق في المنتج، يتم عن طريق اعتماد عمليات إدارية ذات طابع شمولي وعملي. هذه العمليات تنطوي تحت مسمى ثلاثة جوران (Juran Trilogy) هي:

- عملية التخطيط للجودة (Quality Planning Process)
- عملية ضبط الجودة (Quality Control)
- عملية تحسين الجودة (Quality Improvement)



**الشكل ٥-١** العمليات الأساسية في ثلاثة جوران لإدارة الجودة

يوضح الشكل (٦-١) مخطط ثلاثة جوران الذي يعتبر طريقة عالمية رائدة في إدارة الجودة التي تبنتها كبرى الشركات العالمية في مختلف المجالات الإنتاجية والخدمية.



**الشكل ٦-١ مخطط ثلاثة جوران – الطريقة الشاملة لإدارة الجودة في المنظمات**

(*Juran Trilogy Diagram*), *Juran's Quality Handbook*, 2000, p. 2.7

يوضح مخطط ثلاثة جوران تغيرات الخصائص التي تؤثر على جودة المنتج أو الخدمة خلال الزمن والتي من خلالها يمكن للمنظمة قياس أدائها في تحقيق متطلبات ورغبات عملائها ومستهلكي منتجاتها. قد تكون هذه المعاملات تكاليف الإخفاق في الجودة، أو نسبة العيوب في المنتج، أو عدد العيوب أو نسبة الأخطاء إلى غير ذلك. يمثل هذا المخطط التسلسل المنطقي للعمليات الثلاث في إدارة الجودة والمتمثلة في عملية التخطيط للجودة، وضبط الجودة ، وتحسين الجودة ، ويمكن تفصيلها كما يلي:

(أ) **عملية التخطيط للجودة (QP)** : تتزامن عملية التخطيط للجودة مع مرحلة التصميم، إذ تقوم إدارة المنظمة بتحديد من هم العملاء وما هي احتياجاتهم ومتطلباتهم في المنتج أو الخدمة ثم تقوم بعد ذلك بتصميم المنتج وكذلك تخطيط العمليات الكفيلة بتحقيق المنتج. يكون من المنطقي جداً أن نقوم بدراسة مقدرة العمليات الإنتاجية (Process capability analysis) على تحقيق مواصفات المنتج

التي توضع في تصاميم المنتج. تسلم بعد ذلك التصاميم إلى قسم العمليات للشروع في عمليات الإنتاج.

(ب) عملية ضبط الجودة (QC) : مع سير العمليات الإنتاجية (أو الخدمية) من الطبيعي أن نلاحظ أن العمليات قد تكون غير قادرة على تحقيق الجودة في المنتج بنسبة ١٠٠٪ من أول مرة وإنما تنتج نسب متزايدة من المنتج المعيب وهذا ما يسمى بالفاقد الحرج (Chronic waste) ويتم تحديد هذه الحالة عن طريق مراقبة العمليات (Process Control) باستعمال تقنيات ضبط الجودة التي تبدأ بتحديد خصائص المنتج التي نريد مراقبتها، وإجراء عمليات القياس على هذه الخصائص، وتحديد مقاييس الأداء ثم مقارنة هذه الأخيرة مع مواصفات المنتج والتخاذل الإجراءات التصحيحية المناسبة في حالة الانحرافات.

(ج) عملية تحسين الجودة (QI) : إن ظهور الفاقد الحرج في المرحلة الثانية (المرحلة الأولى لضبط الجودة) يؤدي بنا إلى التركيز أكثر عليه عن طريق مراقبة العملية وذلك بقصد تحديد الأسباب المؤدية إليه وبحث طرق وسائل التقليل منه. ويعتبر هذا بحد ذاته فرصة جيدة للمنظمة بأن تنطلق في عملية تحسين الجودة حيث يقوم الفريق القائم على العملية بالبحث عن الأنشطة والعمليات الفرعية التي يمكن إجراء التحسينات عليها وكذلك بحث أسباب الانحرافات والعيوب في المنتج أو الخدمة وإتباع الطرق العلمية لحلها والتخلص منها. تزامن هذه العملية مع عملية تغذية عكssية إذ يزود قسم التصميم بالدروس المستخلصة من عملية التحسين وهذا لتعديل التصاميم مما يساعد إيجاباً في الرفع من مستوى جودة المنتج أو الخدمة وبالتالي تخفيض تكاليف الإخفاق ونسبة المعيب والأخطاء.

## ٦ إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management - TQM)

يعتبر العالم أرماند فاينباوم (Armand V. Feigenbaum) أول من طرح مفهوم الجودة الشاملة عام ١٩٥١ في كتابه (Total Quality Control) حيث عرف الجودة الشاملة (Total Quality) بأنها "نظام شامل ومتكملاً بواسطته يمكن تجميع عمل جميع الوحدات المختلفة داخل المنظمة التي تعمل في مجالات تطوير الجودة وتحسينها لضمان إنتاج المنتج بدرجة مناسبة من الجودة ترضي رغبات المستهلك وبأقل التكاليف". ويعتبر اليابانيون أول من بادر بتطبيق مبادئ إدارة الجودة الشاملة التي قام كل من دينج وجوران بعرضها وتقديمها لهم خلال سنوات الخمسينيات. بدأ الاهتمام بمبادئ إدارة الجودة الشاملة في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا خلال سنوات الثمانينيات (١٩٨٠) كنتيجة لتقدير الصناعات اليابانية وغزو منتجاتها للأأسواق الأمريكية والأوروبية وقد توج هذا الاهتمام بإصدار المعايير القياسية الأيزو ٩٠٠٠ الخاصة بإدارة الجودة في سنة ١٩٨٧ وجائزة مالكوم بالدرige الأمريكي للتميز المؤسسي في نفس السنة.

لقد تعددت تعاريف إدارة الجودة الشاملة من كاتب إلى آخر، فهناك من يعرفها بأنها إستراتيجية تنظيمية قائمة على مجموعة من الأساليب الإدارية والتقنية تؤدي إلى تسليم منتجات أو خدمات ذات جودة عالية إلى العميل (Juran, 2000) وأن أساس هذا النهج الإداري الشامل الذي يهدف إلى تحقيق رضا العميل (الداخلي والخارجي) يشمل ثلاثة عناصر أساسية هي:

- التركيز على العميل (Customer focus) و
- التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement)

مع

● مشاركة جميع العاملين والاستخدام الأمثل للموارد من خلال العمل بمفهوم قيمة كل مشارك (The Value of every associate) في المنظمة.

وقد عرفها (Besterfield, 1998) على أنها "عملية التحسين المستمر في كل نشاط من أنشطة المنظمة وذلك من خلال الإدارة التي تهتم وتركز على التحسين المستمر واستعمال الأفراد المهرة واستخدام فرق العمل والأساليب العملية المحسنة والناجحة". وتعرف أيضاً "بأنها شكل تعاوني لأداء العمل يعتمد على القدرات المشتركة لكل من الإدارة العليا والعاملين بهدف تحسين وزيادة الإنتاجية بصفة مستمرة من خلال فرق العمل" (Garvin, 1988).

إن إدارة الجودة الشاملة هي تضافر كل الجهود داخل المنشأة الإنتاجية أو الخدمية بهدف تحسين الأداء تحسيناً مستمراً يؤدي إلى إرضاء العميل وبالتالي فهي الوظيفة الشاملة للإدارة التي يمكن من خلالها تحديد وتنفيذ سياسة الجودة من خلال مجموع النشاطات المتناسبة بشكل تعاوني لإدارة ومراقبة أداء المنظمة بهدف تحقيق الجودة، وهي أيضاً إستراتيجية تنظيمية تستعمل مجموعة من الأساليب الإدارية والأدوات التقنية بهدف تقديم منتجات وخدمات ذات جودة عالية إلى العملاء (الدرادكة وأخرون، ٢٠٠١).

وبحسب العالم جوزيف جوران (Juran, 2000) فإن مفهوم الإدارة الشاملة للجودة يقوم على ثلاثة مفاهيم أساسية هي:

● التركيز على العميل (Customer focus) : وهو المفهوم الأساسي في نظام إدارة الجودة، إذ أن العميل هو سبب وجود أي منظمة أو منشأة التي تسعى من خلال عملياتها إلى تقديم منتجاتها أو خدماتها له حسب رغباته وتوقعاته.

- عملية التحسين المستمر (Continuous improvement) : هي إحدى العمليات الأساسية في ثلاثة جوران لإدارة الجودة.
- قيمة كل مشارك (Value of every Associate) : تكمن قوة المنظمات في الأشخاص الذين يعملون لديها ويعتبر العامل هو مصدر الأفكار التطورية والمقترنات التي تساهم في حل مشكلات الجودة وتحسينها إذا تم تزويده بالأدوات والمهارات المناسبة. لقد قام اليابانيون منذ ١٩٦٠ بتطوير فرق أو حلقات الجودة (Quality Circles) وتدريب أعضائها على تقنيات الجودة والتي تساهم من خلالها في اقتراح التحسينات المناسبة في العمليات قصد تحسين الجودة. ففي عام ١٩٩١ ومن خلال فرق الجودة تحصلت شركة تويوتا على ٤٠٠٠٠٠٠٠٠٠٤ فكرة تطويرية من ٨٠٠٠٠٠ عامل لديها أي معدل ٥٠ فكرة تطويرية لكل عامل واحد في السنة ( Juran, 2000, p. 14-7).

لإدارة الجودة الشاملة ثلاثة مداخل أساسية تعود إلى العلماء الذين نظروا لهذه المداخل والاستراتيجيات وتمثل في مدخل ديمنج ( Edwards Deming )، ومدخل جوران ( Joseph Juran )، ومدخل كروسي ( Philip Crosby ). نلاحظ هنا أن الكثير من المنظمات العالمية حققت نجاحات باهزة في أعمالها بتطبيق منهجية الجودة الشاملة وفق هذا المدخل أو ذاك وعلى أهمية المدخل الثلاث وفعاليتها إلا أن تركيزنا في هذا الكتاب سيكون على مدخل إدوارد ديمنج لإيمان المؤلف بأن هذا المدخل هو الأقوى والأقرب إلى الواقع العملي والتطبيقي في واقع المنظمات العربية وهذا بناء على نجاح المنهجية في بيئات مختلفة مثل البيئة اليابانية والأمريكية والأوروبية وحديثنا في الهند والبرازيل ولما لا في البيئة العربية.

يقوم مدخل ديمنج على التركيز على استعمال الأساليب الإحصائية في عمليات التحسين المستمر للعمليات وتحديد أسباب الانحرافات والإختلافات. يرى دينج أن ٩٤٪ من مشاكل الجودة تعود إلى مسؤولية الإدارة لهذا بني فلسفته لإدارة الجودة على النقاط الأربع عشر (Deming's 14 Points) التي تعتبر خطة لإدارة الجودة في المنظمات الإنتاجية والخدامية في شتى القطاعات العمومية والخاصة. تمثل هذه النقاط في:

١. وضع هدف ثابت لتحسين المنتج والخدمة (Create constancy of purpose)  
(for improvement of product and service)
٢. إتباع فلسفة جديدة (Adopt a new philosophy)
٣. التوقف عن الاعتماد على التفتيش لتحقيق الجودة (Cease dependence on inspection to achieve quality)
٤. إنهاء الاعتماد عن اختيار الموردين على أساس السعر فقط (End the practice of awarding business on the basis of price tag alone)
٥. حسن باستمرار عمليات تقديم المنتج والخدمة (Improve constantly and forever the system of production and service)
٦. تأصيل عملية التدريب (Institute the training)
٧. غرس روح القيادة (Institute leadership)
٨. إبعاد الخوف عن العاملين وخلق المناخ المحفز (Drive out fear)
٩. إزالة الحواجز بين الأقسام والإدارات في المنظمة (Break down barriers between departments)
١٠. التخلصي عن الشعارات (Eliminate slogans)

١١. القضاء على معايير العمل التي ترتكز على الحصص الكمية ( Eliminate work standards based on quotas )
١٢. القضاء على الحواجز التي تمنع الاعتزاز بقيمة العمل ( remove barriers that rob pride to workmanship )
١٣. تأسيس برامج قوية للتعليم والتدريب والتطوير الذاتي للعمال ( Institute vigorous program for self improvement )
٤. خلق الهياكل الإدارية التي تمكن الجميع من تحقيق التحول ( Transformation is every body's job ).

للملاحظة فإن جوزيف جوران يركز في إدارة الجودة الشاملة على الأبعاد الإدارية لعمليات التخطيط والتنظيم والرقابة وأهمية التأكيد على مسئولية الإدارة في تحقيق الجودة وضرورة وضع الأهداف عبر ثلاثته لإدارة الجودة (التخطيط للجودة، ضبط الجودة، تحسين الجودة). يقوم هذا المدخل على الخطوات العشر لتحسين الجودة لجوران (Juran's 10 Steps to improve quality) . في حين يقوم مدخل كروسي على الالتزام الكلي لإدارة العليا بمبادئ الجودة والعمل على تحقيق مبدأ "إفعله صحيحاً منذ المرة الأولى" (Do it right the first time) "وتحقيق هدف "المعيب الصفرى (Zero defects)" . يركز كروسي في فلسفته لإدارة الجودة على الدوافع وعمليات التخطيط أكثر من أساليب رقابة العمليات وحل المشاكل وهذا من خلال النقاط الأربع عشرة لكروسي ( Crosby's 14 Points for Quality ) .

(Management).

## ٧ فلسفة الستة سيجما لإدارة الجودة (Six Sigma)

يعد مفهوم "الستة سيجما" أو "الجيود ستة" أحد أشهر الإستراتيجيات الإدارية المعاصرة في فلسفة التحسين المستمر للعمليات حيث يعتبرها البعض صورة مطورة لإدارة الجودة الشاملة (TQM) (Green, 2006). تقوم هذه الإستراتيجية على المراقبة الإحصائية لجميع العمليات الإدارية والمالية والفنية في المنظمة، وتتميز عن باقي الأدوات العلمية الأخرى للإدارة بالتحليل الإحصائي الدقيق، وإتباع الطريقة النظامية لحل المشاكل، والتحديد الدقيق للأسباب الجذرية التي تؤدي إلى التباين والاختلافات في خصائص الجودة، وإعادة تعريف العمليات من أجل الحصول على نتائج مادية مرضية على المدى البعيد.

يرجع هذا المفهوم إلى عالم الجودة كروسي (Crosby) الذي طرحته في كتابه الشهير (Quality is free) سنة ١٩٧٩ وقد قامت بتبنيه شركة موتورولا (Motorolla) لتحسين جودة منتجاتها الإلكترونية واستعادة حصصها السوقية أمام منافساتها اليابانية. وقد حقق هذا المفهوم خلال الثمانينيات والتسعينيات انتشاراً واسعاً وبدأت كبرى الشركات العالمية مثل تكساس انسترومنت (Texas Instruments)، وألайд سينجنايل (Allied Signal) وجنرال إلكتريك (General Electric) وبنك أمريكا (Bank of America) بتبنيه وتطبيقه على إجراءاتها الإدارية والإنتاجية والخدمية المختلفة.

هناك أكثر من تعريف لهذه الفلسفة، فجميعها قائمة على وجهات نظر وزوايا مختلفة لقضية التباين والاختلافات في خصائص جودة المنتجات أو الخدمات. لهذا فقد وردت عدة تعاريف لهذه الفلسفة نذكر منها ما وضحها خالد بن سعيد (٢٠٠٤): "حسب شركة موتورولا، فإن الستة سيجما هي برنامج لتحسين الجودة من خلال الوصول لهدف تقليل وتخفيف عدد العيوب ليصل إلى نسبة ٣.٤ وحدة في مليون فرصة". في هذا التعريف فإن الستة سيجما هي مقياس إحصائي يشير إلى نسبة ٣.٤

وحدة معيبة في كل مليون وحدة منتجة (3.4 DPMO) وهذا يعني تحقيق دقة أداء تعادل ٩٩.٩٩٦٦٪ . نلاحظ هنا عزيزي الدارس أن السيجما (٠) تمثل المعامل الإحصائي الذي يقيس مدى التشتت والتباين الحاصل في العملية وهذا ما سنتطرق إليه بإذن الله في الفصل الثالث من هذا الكتاب عندما نقوم بعرض الأساليب الإحصائية في ضبط الجودة.

حسب الباحثين (Cross, Arthur, 2004) فإن الستة سيجما هي "إستراتيجية تنظيمية لتحسين العملية يتم استخدامها من أجل تحسين ربحية المنشأة، والخلص من الإنتاج المعيب والفاقد، وتقليل تكاليف الإخفاق في الجودة ، وتحسين فاعلية العمليات بما يلي احتياجات وتوقعات العملاء ويعودي إلى تجاوز هذه الاحتياجات".

تعتبر إستراتيجية الستة سيجما فلسفة إدارية مطورة لإدارة الجودة الشاملة (TQM) تهدف إلى الارتقاء بمستويات المنشآت الإنتاجية والخدمية في جميع النواحي المالية والإدارية والفنية وهذا عن طريق تحفيض عنصرين أساسين يؤثران تأثيراً سلبياً على جودة العمليات وهما العيوب (defects) والتأخر في تسليم المنتجات أو الخدمات (Arthur, 2004) (delays)

حسب الباحثين (Pande et al. 2000) فإن الستة سيجما تقوم على المبادئ الأساسية التالية:

١. التركيز على العملاء (Customer Focus)
٢. إدارة العملية واتخاذ القرارات بناء على الحقائق والبيانات (Data and Facts) (driven management)
٣. التركيز على العمليات والإدارة والتحسين المستمر (Process focus, management and Improvement)

٤. الإدارة الفعالة المبنية على التخطيط الاستراتيجي المسبق (Proactive management).

٥. التعاون غير المحدود بين جميع العاملين في المنشأة (Boundary-less Collaboration).

٦. التخطيط والعمل لبلوغ المثالية (Drive for perfection).

تقوم حلقة التحسين المستمر في إستراتيجية السيجما ستة (DMAIC) على نموذج (DMAIC) الذي يحتوي على خمسة مراحل أساسية كما هو موضح على الشكل (٧-١) وهي:

- مرحلة تعريف وتحديد المشكل (Define)
- مرحلة القياس (Measure)
- مرحلة التحليل (Analyze)
- مرحلة التحسين (Improve)
- مرحلة المراقبة (Control)



**الشكل ٧-١** نموذج (DMAIC) للتحسين المستمر في فلسفة الستة سيجما

هناك العديد من الكتبات عن فلسفة الستة سيجما وتطبيقاتها في المجالات الإنتاجية والخدمية (Green (2006), Wheat et al. (2003), Arthur (2004) و (Levine(2006), Henderson (2011) ولعل من أجمل ما قرأت في المكتبة العربية عن هذه الفلسفة الكتاب المرجع للأستاذ الدكتور خالد بن سعيد (٢٠٠٤) والكتاب المترجم للأستاذ الدكتور محمد يوسف (٢٠٠٧).

## ٨ مواصفات القياسية الدولية لإدارة الجودة الآيزو ٩٠٠٠

ت تكون المواصفات القياسية الدولية الآيزو ٩٠٠٠ : ٢٠٠٨ من ثلاث مواصفات أساسية خاصة بإدارة و توكيد الجودة، هي :

- مواصفة الآيزو ٩٠٠٠:٢٠٠٨ : الخاصة بالأسس والمفردات ( Terms ) وهي تصف المفاهيم والمصطلحات الأساسية المتعلقة بنظام إدارة الجودة ومعايير ضمان الجودة.

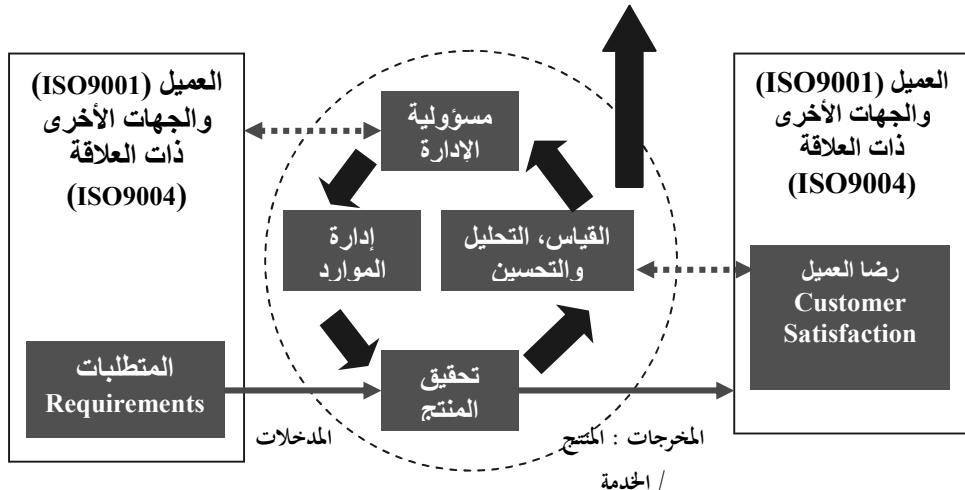
- مواصفة الآيزو ٩٠٠١ : ٢٠٠٨ : وهي تختص المتطلبات (Requirements) وتصف متطلبات نظام إدارة الجودة وتركز على العمليات لضمان تقدم المنتج أو الخدمة بما يفي بحاجات العميل ويحقق رضاه.
- مواصفة الآيزو ٩٠٠٤ : ٢٠٠٨ : وتحرص نظم إدارة الجودة (Quality Management Systems) وتقدم الإرشادات لتحسين الأداء (Guidelines for performance improvements).

## ٩٠٠١ بنود ومتطلبات الآيزو

تقوم سلسلة الآيزو ٩٠٠٠ على مدخل العمليات في المنظمات ومفاهيم إدارة الجودة الشاملة بهدف تحقيق متطلبات العملاء للمنظمة من خلال تطبيق فلسفة التحسين المستمر للعمليات القائمة على حلقة ديمинг (Deming Cycle). وت تكون الآيزو ٩٠٠١ : ٢٠٠٨ من ثمانية بنود، حيث خصصت البنود الثلاثة الأولى للتعریف بالمواصفة في حين تبین البنود الخمسة المتبقية كيفية تطبيق هذه المواصفة حيث تعتبر عناصر ومتطلبات أساسية لنظام الجودة، وهي كما هو موضح على الشكل (١-٨) :

١. المدخل والمدف (Scope)
٢. المراجعات النظامية (Normative References)
٣. المصطلحات والتعاريف (Terms and Definitions)
٤. نظام إدارة الجودة (Quality management system)
٥. مسؤولية الإدارة (Management Responsibility)
٦. إدارة الموارد (Resource Management)
٧. تحقيق المنتج (Product Realization)
٨. القياس والتحليل والتحسين (Measurement, Analysis, Improvement)

## تحسين المستمر لنظام إدارة الجودة Continual Improvement of the Quality Management System



الشكل ٨-١ العناصر الأساسية وبنود الآيزو ٩٠٠١: ٢٠٠٨

نلاحظ هنا أن معايير الجودة العالمية الآيزو ٩٠٠١ تركز بشكل واضح على العميل (Customer Focus) والاعتماد على مدخل العمليات (Processes Approach) وعملية التحسين المستمر (Continuous Process Improvement) وبقية المفاهيم الأساسية لإدارة الجودة مثل القيادة (Leadership)، وتمكين الأفراد (Fact Driven Management) والإدارة بالحقائق (Empowerment).

## ٩ الأدوات العملية لإدارة الجودة

من عرضنا في الفقرات السابقة لمفاهيم الجودة الشاملة ومنهجياتها كإدارة الجودة الشاملة (فقرة ٧) ومنهجية الستة سیجما (فقرة ٨) ومعايير الجودة العالمية الآيزو ٩٠٠١ (فقرة ٩) تبين لنا الدور الحوري الذي يلعبه التحسين المستمر للعمليات في هذه الفلسفات والمنهجيات وهذا ما علمه إدوارد دينج لليابانيين في بداية

الخمسينيات ثم للأمريكان في بداية الثمانينيات مما تمحضت منه تلك النهضة الرائعة في مجال الجودة والتميز التي نلمس آثارها في حياتنا اليومية من خلال الخدمات والمنتجات ذات الجودة العالية التي نتمتع بها في عصرنا الحالي. ولتحقيق عملية التحسين المستمر للعمليات، على العاملين في المنظمات سواء كانوا من قيادات عليا أو من موظفين العمل بإستمرار للبحث عن فرص التحسين في العمليات وهذا بإتباع المنهجية العلمية التي أسس لها إدوارد دينج في حلقة التحسين المستمر (الشكل ١ - ٢) مع استخدام عملي لأدوات تسمح بتحقيق المدف.

وتوفر منهجيات الجودة الشاملة كما هائلًا من الأدوات والتقييمات صنفها منظروا الجودة وعلمائها إلى ثلاثة جموعات رئيسية، كما يبين الشكل (٩-١)، هي:

- **الأدوات السبع الأساسية للجودة** (The Seven Basic Quality Tools) المعروفة بالسبعين الروائع والمتمثلة في الأدوات التالية : خرائط التدفق، وقوائم الإختبار، وتحليل باريتو، والمدرج التكراري، وخطط السبب والنتيجة، وخطط التبعثر وخرائط المراقبة. للإشارة فإن هذه الأدوات فعالة جداً في عمليات التحسين المستمر وحل المشاكل في حالة توفر بيانات عديدة عن العملية المنتج أو الخدمة.

- **الأدوات السبع للإدارة والتخطيط** (The Seven Management and Planning Tools) والتي تفيد في التحسين المستمر للعمليات وحل المشاكل في حالة عدم توفر بيانات عديدة عن العملية وإنما تكون على شكل معلومات شفاهية كالأفكار التطويرية والمقترنات التحسينية التي يتقدم بها الموظف أو العامل للقيادة الإدارية، إما في إطار حلقات الجودة أو فرق التحسين أو جلسات العصف الذهني. تشمل هذه المجموعة الأدوات التالية:  
خطط نشاط الشبكة (Activity Network Diagram)، وخطط التقارب

Relations Diagram)، وخطط العلاقات (Affinity Diagram)، أو التشابه (Affinity)، وخطط الأولويات (Prioritization Matrix)، ومصفوفة ترتيب الأولويات (Diagram Matrix)، وخطط الشجرة (Tree Diagram)، وخطط المصفوفة (Process Decision Program)، وخريطة برنامج قرار العملية (Diagram Chart).

• أدوات وتقنيات الجودة الأخرى (Other Quality Tools) وتمثل في مجموعة كبيرة من الأدوات نذكر منها تلك التي تفييد فرق التحسين والقيادات الإدارية ومن أهمها: العصف الذهني (Brainstorming)، وتقنية الأسئلة الخمسة لماذا (Five Whys)، وتحليل مجال القوى (Force Field Analysis)، وتقنية المجموعة الاسمية (Nominal Group Technique)، وتحليل مقدرة العمليات (Process Capability Analysis) إلى غير ذلك من التقنيات الأخرى.

كما يمكن تصنيف أدوات الجودة وتقنياتها حسب طبيعة إستعمالها في عمليات التحسين المستمر بحيث نحصل على المجموعات الرئيسية التالية:

١. أدوات قياس وتحليل مستويات التحسين في العمليات مثل قوائم الإختبار (Pareto Sheets)، والمدرج التكراري (Histogram)، وخطط باريتو (Check Sheets)، وخرائط المراقبة (Control Charts).

٢. أدوات فهم وتحليل العمليات مثل خطط تدفق العمليات (Process Flow charting)، وتحليل الأسباب الجذرية (Root Cause Analysis)، وتحليل تحليل أثر نمط الفشل (Failure Mode Effect Analysis).

٣. أدوات توليد الأفكار وترتيبها مثل العصف الذهني (Brainstorming)، وخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram)، وخطط تحليل مجال القوى (Affinity Diagram)، وخطط التقارب (Force Field Analysis).

ومصفوفة ترتيب الأولويات (Prioritization Matrix)، وخطط الشجرة (Tree Diagram)، وخطط المصفوفة (Matrix Diagram).



**الشكل ٩-١ أدوات وتقنيات الجودة والتميز**

تشير الدراسات الحديثة في مجال التميز المؤسسي (Zairi, 2011) بأن كل من الأدوات الأساسية وأدوات الإدارة والتخطيط كفيلة بإحداث أحسن مستويات التحسين في العمليات وتحقيق التميز المؤسسي في الأداء وأن هذه الأدوات فعالة جداً في متناول فرق التحسين والقيادات العليا والمتوسطة في المنظمات التي تعمل وفق منهجية إدارة الجودة الشاملة لتحقيق التميز في أدائها وخدمة عملائها. إن أهمية هذه الأدوات في مجال مراقبة العمليات وتحسين جودة خرجاتها ليس فيها أدنى شك، فقد أسهب

علماء الجودة في توضيح ذلك من خلال أمهات الكتب والمراجع العلمية التي تطرقـت إلى إدارة الجودة الشاملة وأساليبها حيث أن الدارس والباحث في هذه المراجع ليجد ما يروي عطشه ويوضح أسس هذه التقنيات وتطبيقاتها في مختلف المجالات الإنتاجية والتـصـنـيعـية (Manufacturing) والخدمـية (Services) بما في ذلك الخدمات البنـكـية، والخدمـات الصحـية، ومجـالـات التعليم العـام والـعـالـي وكـذـلـكـ الخـدـمـاتـ الحـكـومـيـة.

يبـينـ عـالمـ الجـودـةـ العـرـبـيـ الأـسـتـاذـ الـدـكـتـورـ مـحـمـدـ زـاـيـرـيـ فيـ إـحـدىـ روـائـعـهـ الـعـلـمـيـةـ فيـ مجـالـ الجـودـةـ وـالـتـمـيـزـ أـهـمـيـةـ أدـوـاتـ الجـودـةـ بـصـنـفـيهـ الرـئـيـسـيـنـ (الأـدـوـاتـ السـيـعـ الأـسـاسـيـةـ)ـ والأـدـوـاتـ السـيـعـ لـلـإـدـارـةـ وـالـتـخـطـيـطـ وـالـتيـ يـرـمزـ إـلـيـهـ بـالـأـدـوـاتـ الـجـديـدةـ)ـ أـهـمـيـةـ هـذـهـ الأـدـوـاتـ فيـ عـمـلـيـاتـ التـحـسـينـ الـمـسـتـمـرـ وـتـغـيـيرـ ثـقـافـةـ الـمـنـظـمـةـ وـتـرـسيـخـ مـبـدـأـ الـتـعـلـمـ الـمـسـتـمـرـ منـ أـجـلـ تـحـقـيقـ التـمـيـزـ فيـ الـأـدـاءـ الـمـؤـسـسـيـ.

" لتحقيق التميز، يتوجب على المنظمات توجيه اهتماماتها نحو التأقلم مع قوى البيئة الخارجية، وتعـرفـ عمـلـيـةـ التـأـقـلـمـ بـأنـهـ الـجـهـدـ الـذـيـ تـبـذـلـهـ الـمـنـظـمـةـ فيـ سـبـيلـ الـحدـ منـ الإـنـحرـافـاتـ وـالـإـخـلـاقـاتـ فيـ عـمـلـيـاتـ الـأـنـتـاجـيـةـ وـالـتـسـويـقـيـةـ،ـ وبـالـتـالـيـ فـعـلـىـ الـمـنـظـمـاتـ أـنـ تـتـعـلـمـ وـبـاستـمرـارـ عنـ الـمـتـغـيرـاتـ الـدـاخـلـيـةـ وـالـخـارـجـيـةـ ذاتـ الـارـتـباطـ الـاسـتـراتـيـجيـ بـمـقـومـاتـ النـجـاحـ وـالـتـمـيـزـ.ـ إـنـ أيـ شـرـكـةـ تـتـبـنىـ إـدـارـةـ الجـودـةـ الشـامـلـةـ يـمـكـنـ بـإـمـكـانـهاـ أـنـ تـتـحـولـ إـلـىـ منـظـمـةـ تـلـمـ مـسـتـمـرـ إـذـاـ استـعـمـلـتـ بـطـرـيـقـةـ شـامـلـةـ أدـوـاتـ الجـودـةـ السـيـعـ الأـسـاسـيـةـ 'الـقـديـمةـ'ـ وـالـأـدـوـاتـ الـجـديـدةـ لـلـجـودـةـ (ـلـلـإـدـارـةـ وـالـتـخـطـيـطـ)ـ فيـ سـبـيلـ دـفـعـ عـجلـةـ التـغـيـيرـ وـتـرـسيـخـ ثـقـافـةـ الـتـعـلـمـ".



عالم الجودة البروفيسور محمد زايري (٢٠٠٦)

لقد أثبتت الدراسات العلمية الحديثة بأن أدوات الجودة والتميز بأصنافها الثلاثة المبينة والتي تندرج ضمنها الأدوات الأساسية السبع للجودة، والأدوات السبع لإدارة والتخطيط، كفيلة بإحداث أحسن مستويات التحسين في العمليات وتحقيق التميز المؤسسي وأن هذه الأدوات فعالة جداً في متناول فرق التحسين والقيادات العليا والمتوسطة في المنظمات التي تعمل وفق منهجية إدارة الجودة الشاملة لتحقيق التميز المؤسسي. كما تشير هذه الدراسات أيضاً أن المنظمات اليابانية قد نجحت في تطبيق أدوات الجودة بشكل طبيعي وجعلت العمال على مختلف مستوياتهم (موظفو عاديون أو قياديون) يمارسونها يومياً في مجال أعمالهم لتحقيق التحسين المستمر وحل المشكلات وإحداث أعلى مستويات الجودة وأن هذا لم يكن راجعاً لطبيعة وثقافة المجتمع الياباني وإنما يعود لأن المنظمات اليابانية كانت تميز بالمقومات التالية:

١. وجود سياسة واضحة للجودة مستمدّة من أحد المبادئ الأساسية لإدارة الجودة الشاملة والمتّمثل في إلتزام الإدارة العليا (Leadership Commitment).
٢. إمكانيات بشرية ومادية مناسبة (Adequate Resources).
٣. ثقافة جودة قوية (Sound Quality Culture).
٤. برامج تدريّبية مستمرة للعمال والقيادات تهدف إلى تزويدهم بمهارات العمل الجماعي (teamwork) وكيفية استخدام أدوات الجودة المناسبة في حل المشاكل التي تواجههم وتحسين العمليات (Process Improvement) التي يقومون عليها.

## ١٠ خلاصة الفصل

لقد جلنا من خلال مختلف فقرات الفصل الأول على المفاهيم الأساسية التي تقوم عليها منهجيات الجودة الشاملة والأدوات العملية وأرى أن أشارك القارئ الكريم هذه

الخلاصة القيمة التي خلصت لها الجمعية الأمريكية للجودة ( ASQ, 2010, 2011 Henderson) من خلال إطلاق برنامج "التفكير الإحصائي لكل مكان (Statistical Thinking Everywhere)" والقائم على ثلاث عناصر أساسية هي:  
أولاً - كل عمل يحدث ضمن نظام قائم على العمليات المترابطة ( All work occurs in a system of interconnected processes

ثانياً - الاختلافات والتغيرات موجودة في كل العمليات ( Variation exists in all processes

ثالثاً - فهم الاختلافات والعمل على تقليلها هو مفتاح النجاح والتميز (Understanding and reducing variation are keys to success)

يعتبر هذا المشروع امتداداً لفكرة العالم إدوارد ديننج الذي أرى أن منظماتنا العربية الحكومية والخاصة هي بآمس الحاجة إلى تبنيه خاصة في ضوء السعي وراء إنتاج منتجات وتقديم خدمات تتميز بالجودة العالية مما سيساهم في تحسين الأداء وتحقيق التميز في إرضاء العملاء. إن كتابنا هذا سيسلط الضوء على هذه المفاهيم الحديثة من خلال التطبيق العملي على واقع المنظمات الإنتاجية والخدمية لهذا التفكير الإحصائي وتطبيقه في تحسين جودة المنتجات والخدمات وباستعمال الوسائل التقنية الحديثة كبرامج الحاسوب الآلي المتوفرة على أجهزتنا الشخصية مثل برمج الميكروسوفت وبرامج تخصصية في مجال الجودة.



## الفصل الثاني

### الأدوات الأساسية السبع للجودة : الروائع السبع

- 
- ١ مقدمة .
  - ٢ الأدوات السبع الأساسية للجودة.
  - ٣ خرائط التدفق (Flow Charts) .
  - ٤ قوائم الاختبار (Check Sheets) .
  - ٥ مخطط باريتو (Pareto Diagram) .
  - ٦ المدرج التكراري (Histograms) .
  - ٧ مخطط السبب والنتيجة .(Cause and Effect Diagram)
  - ٨ مخطط التبعثر أو الإنتشار .(Scatter Diagram)
  - ٩ خرائط المراقبة .(Control Charts)



إن المتطلع إلى أمهات المراجع في مجال الجودة يعرف أن فلسفة إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) تشمل على مجموعة كبيرة من الأدوات والتقنيات العملية التي تستعمل في عمليات التحسين المستمر (Continuous Process)، وقد تم تصنيفها إلى ثلاث مجموعات رئيسية كما هو موضح على الشكل (١-٢) والمتمثلة في:

- الأدوات السبع الأساسية للجودة (The Seven Basic Quality Tools)
- الأدوات السبع الجديدة للإدارة والتخطيط (The Seven Management Tools)
- تقنيات وأدوات الجودة الأخرى (Other Quality Tools and Techniques)

وقد تم عرض استعمالات هذه التقنيات في مختلف مراحل حلقة التحسين المستمر لديمینج (Deming Cycle) - PDCA وفلسفة الستة سيجما (σ)، بحيث يمكن للفريق القائم على مراقبة العملية وضبط جودة مخرجاتها اختيار التقنية المناسبة مع المرحلة التي تمر بها العملية أو المنتج أو الخدمة. وعلى الرغم من أهمية كل هذه التقنيات وفعاليتها في مجال مراقبة العمليات وتحسين جودة مخرجاتها سواء كانت منتجات صناعية أو خدمات إلا أنها سوف نكتفي في هذا الكتاب عموماً بعرض الأدوات السبع الأساسية للجودة نظراً لطبيعتها الإحصائية والبيانية القائمة على تحليل البيانات العددية، مع التطرق بإذن الله إلى هذه الأدوات بنوع من التفصيل من خلال أمثلة وتطبيقات عملية من الواقع الصناعي والخدمي وباستعمال البرامج الحاسوبية ذات الاستعمال العادي مثل الميكروسوفت إكسيل وذات الإستعمال المتخصص

كيرنامح المينيتاب. للإشارة فإن المهم بالأدوات الأخرى مثل الأدوات السبع للإدارة والتخطيط بإمكانه الرجوع إلى كتابنا بعنوان "الدليل العملي للتحسين المستمر للعمليات بإستخدام الأدوات السبع للإدارة والتخطيط" (عيسوني، ٢٠١٢) والذي تم نشره ضمن سلسلة إصدارات المجلس السعودي للجودة.



**الشكل ١-٢ أدوات الجودة والتحسين المستمر للعمليات (عيسوني ٢٠١٢)**

Quality Tools for Process Improvement (Aichouni, 2012)

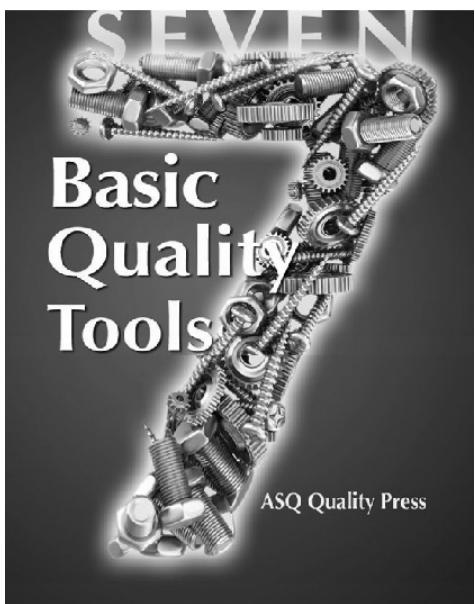
## ٢ الأدوات السبع الأساسية للجودة (The Seven Basic Quality Tools)

قام العالم الياباني كوارو إيشيكاوا في كتابه "دليل ضبط الجودة" (Ishikawa's guide) (1972) بجمع وتقسم الأدوات السبع الأساسية السبع للجودة. ويعتبر هذا الكتاب المرجع الأساسي المعتمد للتدريب في مجال أدوات تحسين الجودة Problem solving (Quality improvement tools) والذى لا زالت تعتمده المنظمات الإقتصادية الرائدة وكذلك الجمعيات المهنية العالمية في مجال الجودة مثل الجمعية الأمريكية للجودة.

بحسب هذا العالم فإن ٩٥٪ من مشكلات الجودة في المنظمات الإنتاجية والخدمية يمكن حلها عن طريق التقنيات الأساسية السبع للجودة التي وردت في الدليل. لقد بين بوكس وأخرون (Box et al, 1987, 1988) من مركز تحسين الجودة والإنتاجية بجامعة ويسكونسن ماديسون (Wisconsin Madison University) كيف أن اليابانيين تمكنا من الرفع من مستوى جودة منتجاتهم وتحسين إنتاجية منظماتهم عن طريق استعمال مبادئ الجودة مدعاة بالتقنيات الأساسية السبع للجودة التي يسميهما الكثير من العلماء "السبعين العظيمات أو الروائع السبع" (The Magnificent Seven). وقد ضرب بوكس (1987) مثالاً يبين فعالية هذه التقنيات في حل مشاكل الجودة وإيجاد التحسينات على العمليات الإنتاجية والخدمية حيث وضح أن مصنع تصنيع أجهزة التلفزيون بولاية ويسكونسن ماديسون أين كانت نسبة الإنتاج المعيب فيه تعادل ١٤٦ بالمائة وبعد تولي اليابانيون إدارته تم تحسين العمليات الإنتاجية فيه وخفض الإنتاج المعيب إلى ٢ بالمائة فقط. كما استخلص الباحث نفسه أنه من منظور إدارة الجودة الشاملة المتبنية من طرف اليابانيين فإن الجودة عمل جماعي تعاوني (Collaborative Team work) يقوم على المنهجية العلمية (Scientific Approach) القائمة على تحليل البيانات (Data Analysis) باستعمال

التقنيات الأساسية السبع للجودة (The Seven Basic Quality Tools)، وهذا ما أكده العالم جوران في كتابه المرجع (جوران ٢٠٠٠). لقد عرفت هذه التقنيات استعمالات عديدة من طرف الفنيين والمهندسين الصناعيين والموظفين الإداريين في كبرى الشركات الصناعية والخدمية العالمية وهذا لسهولتها وبساطة العمل عليها ، فهي بصفة عامة لا تتطلب معرفة قوانين أو معادلات رياضية معقدة وإنما هي قائمة على طرق إحصائية بسيطة يمكن للعامل أو الموظف العادي التعامل معها بسهولة ويسر وهذا ما سنراه مع بعض خلال مختلف فصول هذا الكتاب.

نلاحظ هنا أن هذه الأدوات تستعمل في حالة وجود بيانات عددية في العملية مثل وقت أداء خدمة معينة كتقديم الخدمة البنكية أو الطبية في المستشفى، أو عدد



العيوب والأخطاء الموجودة في المنتج إلى غير ذلك. من المهم أن نلاحظ أن هذه الأدوات فعالة جداً في تزويد القائد الإداري للمنظمة بالإجابة عن سؤالين مهمين هما: هل العملية الإنتاجية أو الخدمية التي يقوم عليها القائد في منظمته قادرة على تحقيق مواصفات ومتطلبات العميل؟ وهل هذه العملية مستقرة في الزمن ويمكن أن تحافظ على أدائها الجيد ؟

قد يوافقني عزيز القارئ أن الإجابة على هذين السؤالين مهمة جداً حيث من خلالها يمكن للقائد أو المدير اتخاذ القرار في قبول الصفقة التي يطلبها العميل بمتطلباته أو رفض هذه الصفقة. كما يمكن من خلال هذه الإجابة أن يتخذ القرار بتفعيل دور

فريق التحسين وإعطائه الصالحيات في الشروع في البحث عن جذور المشكلات التي تؤدي إلى تدني مستوى جودة المنتجات أو الخدمات وحلها مما سيؤدي حتماً إلى تحسين مستوى الجودة وتحقيق رضا العميل. ولعلي أجزم هنا ما أكده علماء الجودة اليابانيون أمثال كاورو إيشيكاوا في العديد من مؤلفاتهم (Ishikawa, 1972, 1982) أن أكثر من ٩٥ بالمائة من مشكلات أي عملية يمكن حلها عن طريق هذه الأدوات البسيطة. كما يشير الخبرير الإستشاري لدى الصناعات العسكرية الهندية الاستاذ نانكانا في كتابه بعنوان "الروائع السبع" المنشور في ٢٠٠٥ إلى فعالية هذه الأدوات، وأنها إحدى أسرار التقدم والتطور السريع الذي عرفته الصناعة الهندية في العشرينة الأخيرة (Nankana, 2005). إن نشر الجمعية الأمريكية للجودة (American Society for Quality, ASQ, 2011) لكتاب بعنوان أدوات الجودة الأساسية للجودة في سنة ٢٠١١ ما هو إلا دليل آخر على أهمية هذه الأدوات البسيطة والفعالة والتي أدعوه جميع القيادات الإدارية في منظماتنا العربية إلى تبني إستراتيجية شاملة لدمقرطة هذه الأدوات في منظماتهم وتعظيم إستعمالها بشكل يومي وروتيني لدى فئات المهندسين والفنين وجميع الموظفين بكل مستوياتهم.

وحتى أكرس فكرة فعالية هذه الأدوات مع بساطتها لدى القارئ الكريم والمهم بالجودة فإني أنوه في هذا المقام بأنني قمت شخصياً بتطبيق هذه الأدوات في تحسين عمليات إدارية وإنتجاجية في قطاعات حكومية كالقطاعات الأمنية (Aichouni, 2012, 2013) وقطاع التعليم العالي (AlRugy and Al-Mutairi, 2009) وقطاع الصناعة (Ghonamy, 2010) وكذلك قطاع صناعة الإسمنت في بعض مناطق المملكة (Aichouni, 2012, 2013)، وقد تمكنت فرق التحسين التي تم تدريسيها في هذه القطاعات من تحقيق مستويات تحسين أتاحت نسبة ١٠٠ بالمائة من رضا العملاء الداخليين والخارجيين لدى هذه المنظمات.

## دور أدوات الجودة السبع الأساسية في حلقة التحسين المستمر

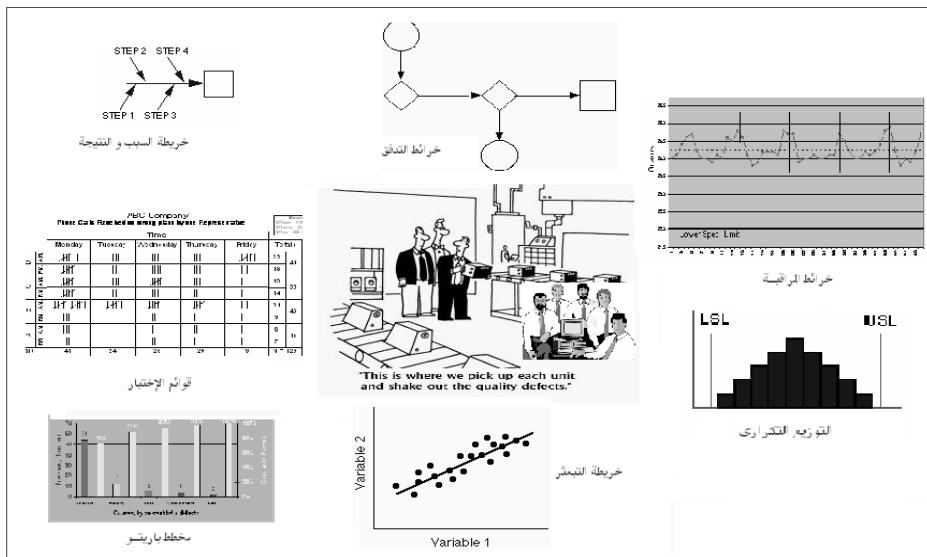
لقد تم التوضيح في الفصل الأول أن حلقة تحسين الجودة لدلينج ( Deming Cycle ) هي إحدى الدعامات الأساسية في إدارة PDCA الجودة الشاملة ونماذج التميز المؤسسي وكذلك نموذج الأيزو ٩٠٠١ ، ٢٠٠٨ : ، ومن خلالها يمكن للمنظمات الإنتاجية والخدمية تحقيق تحسينات جوهرية على عملياتها مما يساهم في تحسين مستوى الجودة وتحقيق أعلى مستويات إرضاء العملاء. ولأدوات الجودة الأساسية دوراً بارزاً في جميع مراحل حلقة التحسين المستمر للعمليات وهي موضحة على الجدول (١-٢) والشكل (٢-٢) :

- خرائط التدفق (Flow Charts) : وصف العملية وتتابع خطواتها
- قوائم الاختبار (Check Sheets) : جمع البيانات من العملية
- خريطة باريتو (Pareto Diagram) : ترتيب البيانات حسب الأهمية وتحديد الأوليات في عملية التحسين.
- التوزيع (المدرج) التكراري (Histogram) : تحديد نوع التوزيع في العملية وتغييراتها.
- خريطة السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram) : تنظيم وترتيب الأسباب المؤثرة على العملية والبحث عن جذور المشكلات.
- خريطة التبعثر (أو الانتشار) (Scatter Diagram) : البحث عن العلاقة بين الأسباب والنتائج.
- خرائط المراقبة (Control Charts) : مراقبة العمليات وتحديد أسباب وقوع التغيرات والإنحرافات في العملية أو المنتج.

| منهجية التحسين المستمر (PDCA) |               |               |               |               |               |  | الأدوات (Tools)                  |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|----------------------------------|
| تخطيط المسقبل                 | تنمية المطلوب | تقييم النتائج | تنفيذ المطلوب | تطوير المطلوب | تحليل العملية | تحديد الأولويات                                  |                                  |
|                               | ✓             |               |               | ✓             | ✓             | ✓  | خرائط التدفق<br>Flow Charts      |
|                               |               | ✓             | ✓             | ✓             |               | ✓  | قوائم الاختبار<br>Check Sheets   |
| ✓                             |               | ✓             | ✓             |               |               | ✓  | خرائط باريتو<br>Pareto Diagram   |
| ✓                             |               |               |               |               |               | ✓  | التوزيع التكراري<br>Histograms   |
| ✓                             |               |               | ✓             | ✓             | ✓             | خرائط السبب والنتيجة<br>Cause and Effect Diagram |                                  |
| ✓                             |               | ✓             |               | ✓             | ✓             |  | خرائط التبعثر<br>Scatter Diagram |
| ✓                             |               | ✓             |               | ✓             |               |  | خرائط المراقبة<br>Control Charts |

## الجدول ١-٢ التقنيات السبع الأساسية للجودة واستعمالاتها في إطار

فلسفة التحسين المستمر (PDCA Cycle)



**الشكل ٢-٢** التقنيات السبع الأساسية للجودة واستعمالها في المنظمات

في الفقرات المولالية سوف نقوم بعرض كل أداة على حدة بأسلوب علمي مبسط يسمح لك عزيزي القارئ بتطبيق الأداة المناسبة في مجال عملك خطوة بخطوة (step by step)، بحيث يشمل العرض ما يلي:

- المفهوم العام للأداة
- الاستعمالات العملية للأداة
- الخطوات العملية لتطبيق وعمل الأداة
- أمثلة عملية من القطاعات الصناعية أو الخدمية
- حل أمثلة عملية عن طريق برنامج الميكروسوفت إكسيل .(Minitab) وبرنامج المينيتاب (Microsoft Excel)

## ٣ خرائط التدفق (Flow Charts)

### ١-٣ المفهوم العام لخرائط التدفق

خريطة التدفق أو خريطة المسار (Flow Chart / Flow Diagram) هي عبارة عن مخطط يصف طبيعة مسار العملية والخطوات التي يمر بها المنتج فيها، فمن خلال هذه الخريطة يمكن وصف العمليات الحالية وتتابعها وهذا ما يسمح بتوضيح العمليات الرئيسية المطلوبة لإنتاج منتج ما أو تقديم خدمة معينة. كما يمكن من خلالها اقتراح التعديلات والراجعات الضرورية في العمليات الإنتاجية والأنشطة الخدمية. إذا فخرائط التدفق عبارة عن مخطط لتمثيل خطوات العملية وتحديد نقاط اتخاذ القرارات والإجراءات التصحيحية المناسبة عليها.

### ٢-٣ مكونات خرائط التدفق

يتم عمل خريطة التدفق باستعمال أشكال نمطية معينة تصف طبيعة الخطوة أو الإجراء أو النشاط في العملية، وهذه الأشكال ملخصة في الشكل (٣.٢).  
توجد هناك مجموعة من الضوابط العملية تساعد فريق تحسين الجودة في الاستعمال الحسن والصحيح لهذه التقنية ومن أهمها:

- أن يقوم فريق عمل مكون من العاملين القائمين على العملية لديهم الخبرة والكفاءة المناسبة برسم هذه الخريطة.
- تحديد الأهداف المرجوة من استعمال هذه الخريطة في المنظمة.
- تحديد من سيستفيد من هذه الخريطة.
- تحديد مستوى الدقة والتفاصيل التي نريدتها في الخريطة.
- تحديد حدود الخريطة، بحيث لا تحتوي هذه الحدود إلا على المجال الذي نود إجراء التحسينات عليه دون الخوض في الحالات الأخرى من العملية.

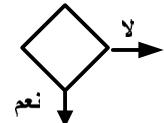
الشكل النمطي

البداية أو النهاية

يمثل بداية ونهاية العملية.



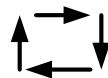
يمثل خطوة أو إجراء معين (step) في العملية.  
يمثل إتخاذ قرار (Decision) ويكون عبارة عن سؤال،  
جوابه يحدد مسار العملية.



رابط في العملية (Connector). يوضع داخل الشكل رقم أو حرف يوضح مكان الرابط الثاني في المخطط.



خطوط المسار أو خطوط التدفق (Flow lines)  
وتستعمل لتوضيح تقدم الخطوات في العملية.



يمثل الوثائق (Documents) ويستعمل للإشارة إلى المعلومات الموثقة الضرورية للخطوة.



قاعدة بيانات (Database).



### الشكل ٣-٢ الأشكال النمطية المستعملة في خرائط التدفق

(جوران ٢٠٠٠ ص. AV.3)

نلاحظ عزيزي القارئ أنه يستحسن البدء برسم الخريطة بأخذ الصورة العامة للعملية، أي بتحديد الأنشطة الرئيسية في العملية فقط ومن ثم الخوض في التفاصيل والنشاطات الدقيقة في العملية وهنا ينصح بعمل زيارة ميدانية للفريق القائم على

الجودة إلى العملية التصنيعية أو الخدمية. بصفة عامة هناك ثلاثة مستويات لتفاصيل ما يؤدي إلى ثلاثة أنواع من الخرائط، وهي :

- أ- خريطة التدفق الخطية (Linear flow chart)
- ب- خريطة التدفق للانتشار التفصيلي (Deployment flow chart)
- ت- خريطة التدفق للفرص (Opportunity flow chart)

### ٣-٣ أنواع خرائط التدفق

**المستوى الأول :** خريطة التدفق الخطية (Linear flow chart) : في هذه الخريطة ترسم الخطوات الأساسية للعملية بحيث يمكن لنا تحديد الخطوات الزائدة والتكرار الغير مفيد في الخطوات والأنشطة.

**المستوى الثاني :** خريطة التدفق للانتشار التفصيلي (Deployment flow chart) : تبين هذه الخريطة تسلسل الخطوات في العملية وكذلك الأشخاص والجموعات المشاركة في كل خطوة في العملية. يمكن من خلال هذه الخريطة توضيح العلاقة بين الزبون والمورد.

**المستوى الثالث :** خريطة التدفق للفرص (Opportunity flow chart) : تعتبر هذه الخريطة أكثر شمولية وتفصيلاً، بحيث أنها عبارة عن خريطة تدفق خطية مضافة إليها تفاصيل مهمة عن العملية مثل القيمة المضافة (Added Value) والتكاليف (Cost Added) في كل خطوة من خطوات العملية .

من واقع التجربة العملية يكون نوع خرائط التدفق الخطية كافياً جداً للكثير من عمليات تحسين الجودة في العديد من العمليات الإنتاجية والخدمية. لذلك ففي الفقرة المعاولة سنعرض الطريقة العملية لعمل هذه الخريطة ونوجه عناية الدارس الكريم إلى المراجع العلمية المتخصصة لدراسة بقية الأنواع حسب حاجته.

### **٤-٣ الخطوات العملية لعمل خريطة التدفق الخطية**

يمكن تلخيص عملية رسم خريطة التدفق الخطية في سبعة خطوات أساسية، وهي:

**الخطوة ١ -** حدد العملية التي تود عمل خريطة تدفتها والمدف منتها.

**الخطوة ٢ -** اجمع فريق العمل المتكون من العمال والفنين والإداريين القائمين على العملية.

**الخطوة ٣ -** عرف حدود العملية، أي بدايتها ونهايتها.

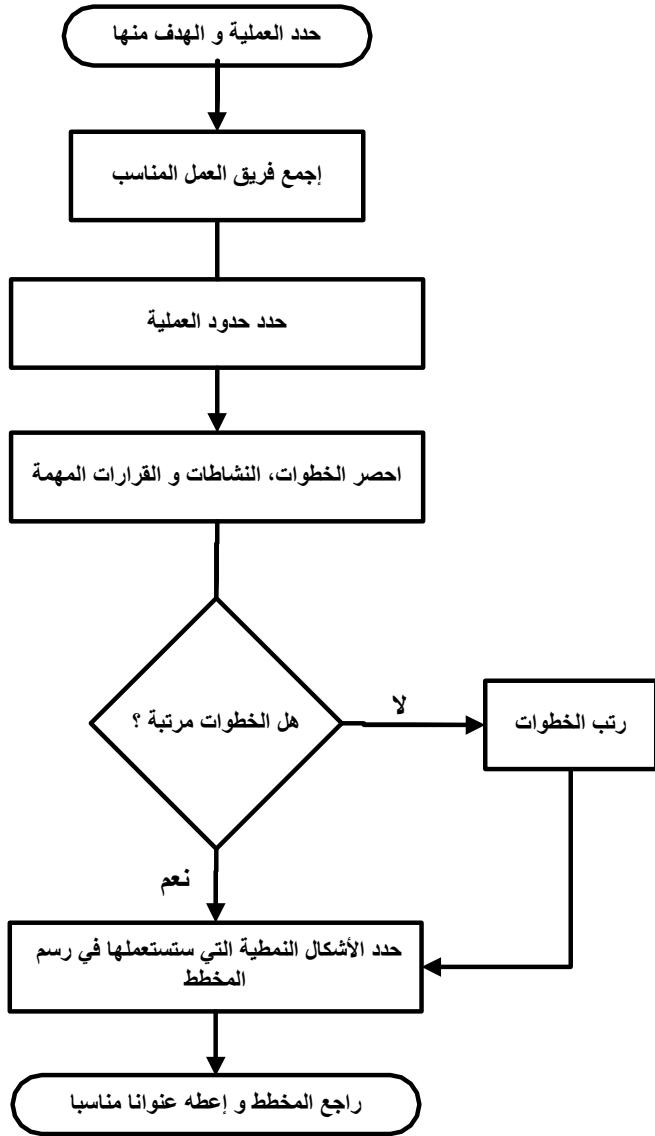
**الخطوة ٤ -** قم بحصر الخطوات، النشاطات والقرارات المهمة في العملية. إذا كان الفريق غير متأكد من خطوة ما، تكتب جانباً وتدرس فيما بعد.

**الخطوة ٥ -** وضع هذه الخطوات ورتيبها زمنياً (Chronological sequence). في بعض الأحيان قد يكون من المفيد أن نسير في الاتجاه المعاكس لمسار العملية، أي من نقطة النهاية إلى نقطة البداية.

**الخطوة ٦ -** حدد الأشكال المنطقية التي ستستعملها لرسم الخريطة، ويجب أن تكون هذه الأشكال واضحة ومعروفة للجميع مثل الأشكال المقترحة في الشكل (٢-٣).

**الخطوة ٧ -** قم بمراجعة الخريطة وأعطيها عنواناً توضيحاً مناسباً.

لاحظ عزيزي القارئ أن هذه الخطوات تمثل عملية رسم خريطة التدفق لعملية ما، وهنا أسئل : أليس أحرى بنا أن نجمع هذه الخطوات المكتوبة على شكل خريطة تدفق؟ والجواب موجود في الشكل (٢-٤) الذي يمثل هذه الخريطة.



**الشكل ٢ - ٤** مثال لخريطة تدفق خطية

## ٥-٣ مثال على استعمال خرائط التدفق

لقد تم التوضيح سابقاً بأن حلقة دينج للتحسين المستمر (Deming Cycle) هي الإطار الإستراتيجي لإدارة الجودة الشاملة ونمذج التميز المؤسسي وتطبيقاتها في المنظمات الإنتاجية والخدمية وتقوم عليها معايير الجودة العالمية الأيزو ٩٠٠١:٢٠٠٨ كمنهجية للتحسين المستمر للعمليات في المنظمات. وهي تمثل أيضاً النموذج العملي لعملية التحسين المستمر للعمليات في المنظمات الإنتاجية والخدمية بقصد تحسين عملياتها والوفاء بمتطلبات عملائها . عرفنا فيما سبق أيضاً أن تطبيق هذه الحلقة عملياً في تحسين العمليات يمر بسبعة مراحل أساسية، هي:

المرحلة الأولى - تحديد الفرصة للتحسين

المرحلة الثانية - تحليل العمليات الحالية

المرحلة الثالثة : تطوير أنساب الحلول

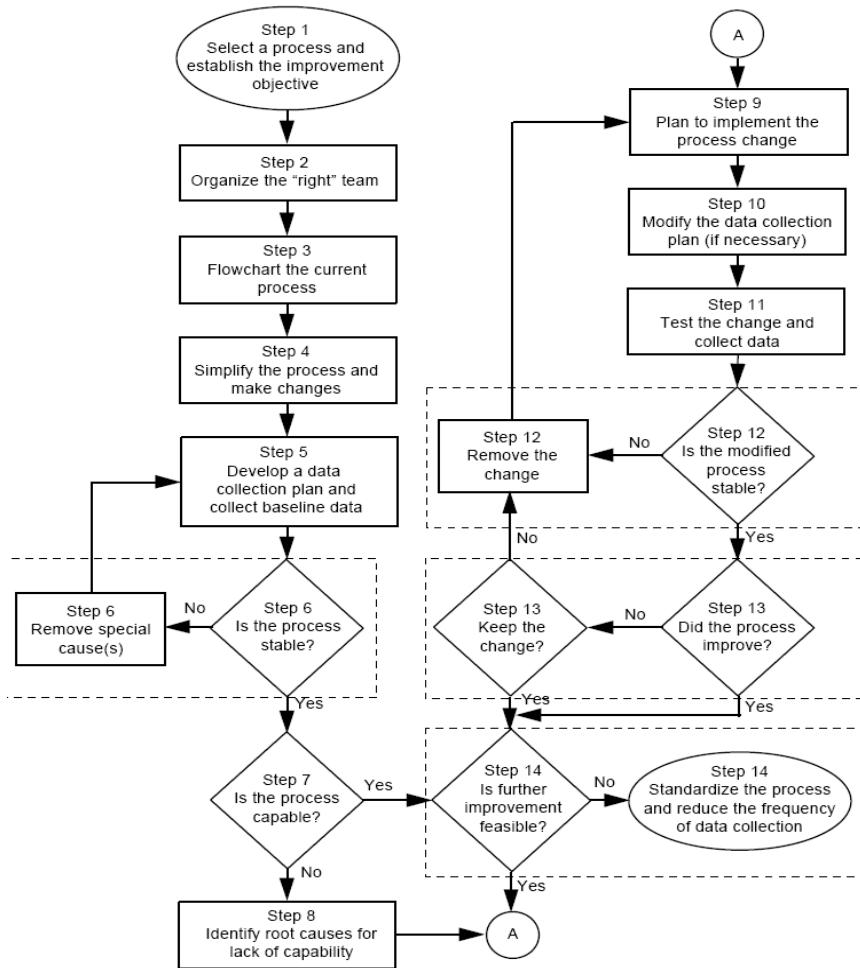
المرحلة الرابعة - تنفيذ التغيرات

المرحلة الخامسة - دراسة وتقييم النتائج

المرحلة السادسة - تنميّط وتأسيس الحلول المعيارية

المرحلة السابعة - التخطيط للمستقبل .

يوضح الشكل (٥-٢) خريطة التدفق لعملية التحسين المستمر للعمليات ويشمل تفصيلاً لهذه المراحل الأساسية السبع.



**الشكل ٥-٢ خريطة التدفق لعملية التحسين المستمر في العمليات**

(GOAL/QPC, 2001)

للملاحظة فإنه يستحسن إستعمال برنامج الميكروسوفت فيزيو (Microsoft Visio) لرسم خرائط التدفق حيث أنه يوفر إمكانيات قيمة لذلك.

## ٤ قوائم الاختبار (Check Sheets)

### ٤-١ المفهوم العام لتقنية قوائم الاختبار

نعتبر عملية جمع البيانات من العمليات الإنتاجية أو الخدمية عملية مهمة جداً قصد تحقيق أحد الأهداف التالية:

- مراقبة العملية (Process Control).
  - بحث العلاقات السببية ودراسة العلاقة بين الأسباب والنتائج المتربعة عنها في العملية.
  - حل مشاكل العمليات .(Problem solving).
  - إجراء عمليات التحسين المستمر لتلك العمليات (Continuous Process Improvement) التي تنتج منتجات دون المستوى المطلوب من العميل.
- وتعتبر قوائم الاختبار إحدى الأدوات التي تسمح بجمع وتسجيل البيانات عن العملية بطريقة سهلة وبسيطة، ومن خلال تنظيم هذه البيانات يمكن للفريق القائم على العملية تحليل هذه البيانات بسهولة ويسهل ما يساعد في حل مشاكل العملية وإجراء التحسينات المناسبة عليها. يوضح الشكل (٦-٢) مثلاً لقائمة اختبار قمنا بتسجيل أعداد العيوب في منتج ما خلال فترة ٥ أيام.

| المعيار      | أيام الأسبوع |            |            |            |            | المجموع |
|--------------|--------------|------------|------------|------------|------------|---------|
|              | 2/5<br>(M)   | 2/6<br>(T) | 2/7<br>(W) | 2/8<br>(T) | 2/9<br>(F) |         |
| Mold cracked | /            | /          | /          | /          | /          | 21      |
| Fibers       | /            | /          | /          | /          | /          | 8       |
| Grit         | /            | /          | /          | /          | /          | 14      |
| Pinholes     | /            | /          | /          | /          | /          | 9       |
| Cracks       | /            | /          | /          | /          | /          | 2       |
| Other        | /            | /          | /          | /          | /          | 7       |
| Total        | 13           | 14         | 15         | 11         | 8          | 61      |

الشكل ٦-٢ مثال على قائمة اختبار

## ٤- استعمالات قوائم الاختبار وأنواعها

تستعمل قوائم الاختبار في عملية التحسين المستمر للعمليات الإنتاجية والخدمية على حد سواء كأداة لحل مشكلات العملية، ويمكن من خلال هذه التقنية تحقيق الأهداف التالية:

- تحديد الفرق بين ما هو واقع في العملية وما نظن أنه سيقع.
- تجميع بيانات توضح مدى تكرار مشكل (أو عيب) ما في العملية (أو المنتج).
- تجميع بيانات تبين نوعية المشكلات وتكرارها في العملية.

ولتحقيق هذه الأهداف يمكن لنا استعمال أحد الأنواع الخمسة لقوائم الاختبار التالية:

**أ - قوائم اختبار توزيع العملية الإنتاجية (Production Process Distribution checks)** : وتستعمل لجمع البيانات عن العملية الإنتاجية وإجراء دراسة سريعة عن توزيعها.

**ب - قوائم اختبار الوحدات المعيبة (Defective Item checks)** : وتستعمل هذه القوائم لتحديد أنواع العيوب في المنتج أو الخدمة.

**ج - قوائم اختبار أماكن العيوب (Defect location checks)** : وتسمح بتحديد أماكن العيوب في المنتج أو الخدمة.

**د - قوائم اختبار أسباب المعيوب (Defective cause checks)** : وتستعمل لتحديد أنواع العيوب في المنتج أو الخدمة وأسبابها.

**ه - قوائم اختبار تأكيد الفحص (Check-up confirmation checks)** : وتستعمل في آخر مراحل العملية الإنتاجية (أو الخدمية) بحيث يتم فحص المنتج النهائي.

من واقع التجربة العملية، فإنه قد تبين أن النوع الأول والثاني من قوائم الاختبار تكون كافية في معظم عمليات تحسين الجودة في المجالات الصناعية والخدمية ( Juran, 2000)، لذلك فسيكون عرضنا في الفقرات الموالية مقصوراً على هاتين التقنيتين.

#### ٤- ٣- قوائم اختبار توزيع العملية الإنتاجية

تعتبر المتغيرات من أهم خصائص جودة المنتجات الصناعية، فأبعاد القطع وأوزانها مثلاً لها دور رئيسي في تحديد مستوى جودتها. وباستعمال قوائم الاختبار يمكن تجميع هذا النوع من بيانات جودة المنتج ومن خلال تنظيم هذه البيانات يتسعى لنا استخراج التوزيع لخصائص هذا المنتج وبالتالي يمكن لنا تحديد المشكلات الموجودة في العملية الإنتاجية. ومن أجل عمل قائمة اختبار، يجب إتباع الخطوات العملية التالية:

**الخطوة ١** - نقوم بتحديد الهدف من العملية أو المشكلات أو أنواع الأخطاء التي تقع في العملية. عادة ما نقوم بطرح الأسئلة التالية: "ما هي المشكلة التي تواجهنا؟"، "لماذا نجمع البيانات؟" "من سيستعمل هذه البيانات؟" و "من سيجمع البيانات؟".

**الخطوة ٢** - نقوم بعمل نموذج لتجميع البيانات وعادة ما يكون على شكل جدول، ونحدد خاصية الجودة التي سنقوم بقياسها ويجب أن تكتب بوضوح على النموذج إضافة إلى حدود الموصفات، تاريخ ومكان إجراء عملية جمع البيانات.

**الخطوة ٣** - نقوم بجمع البيانات ونرصد مباشرة تكرار كل فئة على الجدول حين حدوثها باستعمال علامة (X).

**الخطوة ٤** - نقوم بحساب التكرار لكل قيمة ثم نقوم بدراسة توزيع المنتج حسب وقوعه بالنسبة لحدود الموصفات.

يوضح الشكل (٧-٢) مثلاً عملياً عن قائمة اختبار لتوزيع عملية إنتاجية قمنا بقياس العزم (Torque) فيها ولدينا الموصفات هي  $(2.2 \pm 0.5)$  N.mm. من خلال

هذه القائمة يمكن دراسة أداء العملية الإنتاجية ومقدرتها بحيث يكون من السهل جدا تحديد نسبة المنتج الخارج عن حدود المعايير. كما يمكن استعمال هذه القائمة لرسم التوزيع التكراري للعملية الإنتاجية والتي من خلاله نستطيع أن نحصل على معلومات قيمة عن العملية مثل مركزها (Center) ومقدار التشتت والتباين (variations) الحاصل فيها. تعتبر تقنية التوزيع التكراري إحدى الأدوات السبع الأساسية للجودة وسنعرضها في هذا الفصل عرضا مبسطا في حين أنها سنعطيها الكثير من التفصيل في الفصل الثالث بإذن الله.

| PRODUCTION CHECK SHEET |                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Product Name _____     | Date _____       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Specification _____    | Section Name.    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| No. of Inspections.    | Data Collector.  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Total Number _____     | Group Name _____ |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Dimensions             | 1.5              | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.8 | 2.9 | 3.0 | 3.1 | 3.2 |
|                        |                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 40                     |                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 35                     |                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 30                     |                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 25                     |                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 20                     |                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 15                     |                  |     |     |     |     |     | X   |     | X   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 10                     |                  |     |     |     |     |     |     | X   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5                      |                  |     |     |     |     |     |     |     | X   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 0                      | X                |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| TOTAL FREQUENCY        | 1                | 2   | 7   | 13  | 10  | 16  | 19  | 17  | 12  | 16  | 20  | 17  | 13  | 8   | 5   | 6   | 2   | 1   |

الشكل ٧-٢ قائمة اختبار لتوزيع عملية إنتاجية

#### ٤-٤ قوائم الاختبار للوحدات المعيبة (Defective Item checks)

من أجل تخفيف وتقليل عدد الوحدات المعيبة في العملية الإنتاجية (أو خدمية) يجب علينا أن نعرف أنواع العيوب التي تقع في المنتج ونسبها مقارنة مع الكمية الإجمالية المنتجة. كما هو معلوم لدى القائمين على العمليات الإنتاجية، فإن كل عيب في المنتج يعود إلى فئة معينة من الأسباب، لذلك فإنه سيكون غير بحدياً أن نخصي عدد الوحدات المعيبة فقط وإنما يجب تحديد عدد الوحدات المعيبة التي تعود إلى أسباب معينة وبالتالي يسهل تحديد أهم هذه الأسباب التي تؤدي إلى إنتاج النسب الكبيرة من المعيب والتركيز على حلها وإزالتها من العملية في إطار عملية التحسين المستمر للعملية.

سنقوم بتوضيح طريقة استعمال تقنية قوائم اختبار الوحدات المعيبة من خلال المثال التالي الخاص بشركة تصنيع أجهزة التلفاز، أين سجل مفتش الجودة عدد الوحدات التي ظهر فيها عيب يعود إلى أحد مكونات الجهاز كما هو موضح على الشكل (٨-٢). في هذه التقنية يستحسن أن نستعمل الشكل (I) لتسجيل حدوث عيب

ما في الوحدة وتكون ٥ وحدات معيبة مسجلة بالشكل (I).

من خلال هذه القائمة الموضحة على الشكل (٨-٢) يتبين أن العملية الإنتاجية بالشركة لديها مشكلة مع المكثفات وأجهزة التحكم ومن المؤكد أن هذا سيؤثر سلباً على رضا زبائن الشركة والعملاء لديها، لهذا فعلى الفريق العامل على جودة العملية أن يعمل على إزالة هاتين المشكلتين منها حتى تتحسن جودة المنتج لدى الشركة.

---

### قائمة اختبار للوحدات المعيبة في جهاز التلفاز للشركة (س)

---

التاريخ : ..... المكان : ..... المنتج : .....

المفتش : ..... الشركة : ..... عدد الوحدات المفحوصة : ....

|    |                     |  |
|----|---------------------|--|
| 4  |                     | الدوائر الحكمية<br>(Integrated circuits) |
| 27 | 7777 7777 7777 7777 | المكثفات (Capacitors)                    |
| 2  |                     | المقاومات (Resistors)                    |
| 4  |                     | الحوولات (Transformers)                  |
| 20 | 7777 7777 7777 7777 | التحكم (Commands)                        |
| 1  | I                   | الشاشة (CRT)                             |

الشكل ٨-٢ مثال عن قائمة اختبار الوحدات المعيبة

### ٥ خطط باريتو (Pareto Diagram)

#### ١-٥ المفهوم العام لخطط باريتو

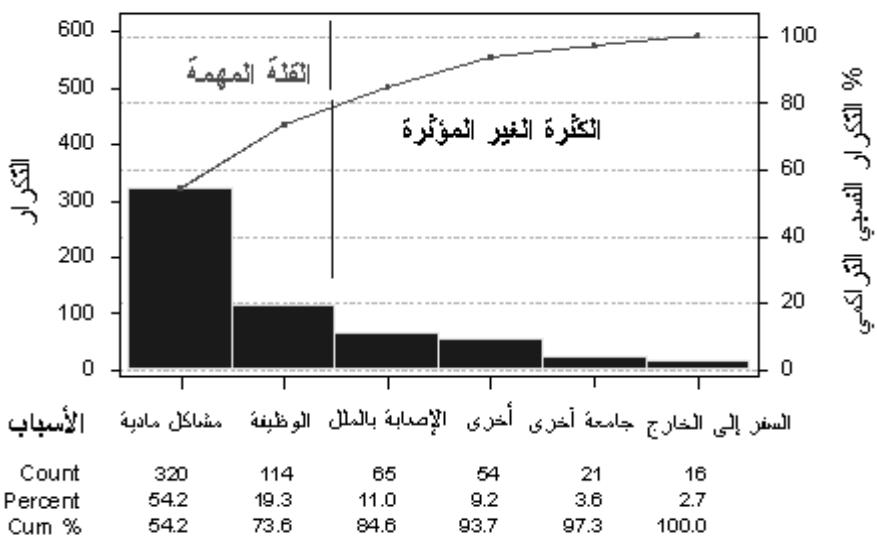
يعتبر خطط باريتو تمثيلاً بيانياً للمشاكل الموجودة في العملية الإنتاجية أو الخدمية، فمن خلال هذه التقنية يمكن ترتيب المشكلات ترتيباً تنازلياً من الأكبر حدوثاً إلى الأقل، أي حسب أهميتها وتكرار حدوثها. إذا من خلال خريطة باريتو يمكن للفريق العامل على الجودة تحديد أهم المشكلات وأبلغها أثراً على الجودة وبالتالي التركيز على حلها أولاً. قام بتطوير هذه التقنية عالم الجودة جوزيف جوران (Juran) بناءً على مبدأ أساسي يطبق على الكثير من العمليات الإنتاجية والخدمية،

والذي يعود إلى العالم الاقتصادي الإيطالي فيلفريدو باريتو (Pareto). يقوم هذا المبدأ الذي يرمز له بقانون ٢٠/٨٠ على أن نسبة ٨٠٪ من مشاكل العملية (أو مشاكل جودة المنتجات أو الخدمات) تعود إلى ٢٠٪ من العوامل والأسباب. ويرمز العالم جوران إلى هذا القانون بعبارة (*The vital few and the trivial many*) أي "القلة المهمة والكثرة غير المهمة أو العادية". فمن خلال هذه التقنية يمكن التركيز على تحديد القلة المهمة والمؤثرة على العملية والمتمثلة في ٢٠٪ من الأسباب وبالتالي يمكن التخلص من ٨٠٪ من مشاكل العملية. ويشير العالم جوران إلى نسبة ٢٠٪ بالقلة المهمة (*The vital few*) والتي يجب أن تحدد لإحداث ٨٠٪ من التحسينات في العملية. إضافة إلى هذا فإن التجربة العملية أثبتت أنه بحل القلة المهمة من المشكلات يمكن التخلص من الكثير من بقية المشكلات ذات الأهمية الأقل بطريقة تلقائية. ويعبر اليابانيون على هذا المفهوم بعبارة (*Slay the Dragons first*) أي "ابدأ بقتل التنينات أولاً".

لتوضيح هذه التقنية سنقوم بعرض مثالاً لشكل تسرب طلبة المستوى الأول في إحدى الجامعات حيث قامت إدارة الجامعة بعمل استبيان لتحديد أسباب تسرب الطلبة، وحصلت على النتائج الموضحة في الجدول (٢-٢)، ومن خلال إجراء تحليل باريتو لهذه البيانات تم عمل الخريطة الموضحة على الشكل (٢-٢) حيث نلاحظ عزيزي القارئ أن هناك سببين رئيسيين في تسرب الطلبة من الجامعة وهما المشكلات المادية وحصول الطالب على وظيفة. من خلال خريطة باريتو ومن هنا نقول أن هذين السببين يمثلان القلة المهمة حيث يساهمان بنسبة ٧٣.٦٪ من إجمالي المتسرعين من الجامعة وعلى الإدارة أن تعمل على إيجاد الحلول المناسبة لها.

| أسباب التسرب                            | التكرار النسيجي % | التكرار |
|---|-------------------|---------|
| أسباب مادية للطالب                      | 54.2              | 320     |
| حصل الطالب على فرصة في جامعة أخرى       | 3.6               | 21      |
| حصل الطالب على وظيفة                    | 19.3              | 114     |
| الطالب أصابه الملل من محيط الجامعة      | 11.0              | 65      |
| يسافر الطالب للدراسة أو العمل في الخارج | 2.7               | 16      |
| أسباب أخرى                              | 9.2               | 54      |
| المجموع                                 | 100               | 590     |

الجدول ٢-٢ نتائج دراسة أسباب عملية تسرب الطلبة من الجامعة



الشكل ٩-٢ خريطة بار يتو لعملية تسرب الطلبة من الجامعة

## ٢-٥ الاستعمالات العملية خريطة باريتو

خريطة باريتو عدة استعمالات في مجال حل المشكلات (Problem solving)

وتحسين العمليات (Process Improvement) يمكن تلخيصها في النقاط التالية:

أ) التركيز على الحالات الحرجة والمؤثرة على سير العمليات وهذا بترتيبها حسب

أهميتها وتكرارها، فمثلاً يمكن التركيز على إيجاد المقرر الدراسي الذي يسبب

أكبر الصعوبات لطلبة المستوى الأول في قسم التسويق؟ أو ما هو العيب

الموجود في المنتج X والذي يسبب أكبر عدد من شكاوى العملاء والزيائـن؟

ب) الترتيب حسب الأولوية للمشاكل الموجودة في العملية والمؤثرة على جودة

المنتج أو الخدمة وهذا قصد التركيز عليها في برنامج تحسين الجودة، فمثلاً

يمكن تحديد أنواع شكاوى العملاء الأكثر وقوعاً في خدمة بنك ما.

ت) تحليل المشكلات وأسبابها عن طريق جمع البيانات عن العملية وترتيبها.

ث) تحليل ودراسة العملية الإنتاجية أو الخدمية قبل وبعد إجراء عمليات التحسين

عليها. فمثلاً يمكن دراسة أثر التحسينات في العملية على التقليل من عدد

الوحدات المعيبة. أو الإجابة على مثل السؤال التالي: ما هي أكثر الشكاوى

تكراراً قبل وبعد تعيين مدير الجودة الجديد في المنشأة؟

## ٣-٥ الخطوات العملية لرسم خريطة باريتو

لعمل خريطة باريتو نتبع الخطوات الأساسية التالية:

**الخطوة ١:** نقوم بتحديد أصناف المشكلات الموجودة في العملية ونببدأ بجمع البيانات

عنها. عادة ما نستعمل في هذه الخطوة تقنية قوائم الاختبار التي قمنا بشرحها في

الفقرة السابقة.

**الخطوة ٢ :** نحدد المدة الزمنية التي سنجمع فيها البيانات، ويجب أن تكون هذه المدة (ساعة، أو يوم، أو أسبوع إلى غير ذلك) كافية لتجمیع بيانات تدل على ما يقع في العملية بدقة وبحيث يمكن كذلك التأكيد منها عن طريق إعادة عملية جمع البيانات إذا دعت الضرورة إلى ذلك.

**الخطوة ٣ :** من قوائم الاختبار نقوم بتجمیع عدد التكرارات (frequency) في كل فئة من فئات الأسباب أو المشكلات ونسجل قيمها ( $f_i$ ).

**الخطوة ٤ :** نقوم بترتيب فئات المشكلات حسب تكرارها من الأكثر تكرارا إلى الأقل، ونقوم بحساب كل من التكرار النسبي (Relative Frequency) والتكرار النسبي التراكمي (Cumulative Relative Frequency) لكل فئة. نوجهعناية الدارس الكريم إلى الفقرة ٥ من الفصل الثالث، أين نبين كيفية حساب التكرار النسبي والتكرار النسبي التراكمي.

**الخطوة ٥ :** نقوم برسم الخريطة حيث يكون على محور السينات أنواع المشكلات وتكون مرتبة من الأكبر تكرارا إلى الأقل تكرارا من اليسار إلى اليمين، ويمثل محور ص تكرار الفئات. هنا يجب أن نلاحظ أنه بالإمكان استعمال محورين للصاد، حيث يستعمل الأول (على اليسار) لتحديد قيم التكرار في حين يستعمل الثاني ويكون على اليمين لتحديد قيم التكرار التراكمي وهذا ما قمنا بتوضيحه من خلال الشكل (٩-٢). بعد تحديد وعمل المحاور نقوم برسم تكرار الفئات على شكل مدرج تكراري، أي أنه بالنسبة لكل فئة يرسم عمودا يكون ارتفاعه مساويا لتكرار تلك الفئة، أما بالنسبة للتكرار التراكمي، فنقوم برسم خط متصل يمثل التكرار التراكمي لكل فئة.

**الخطوة ٦ :** تحليل الخريطة وهذا بالتركيز على تحديد القلة المؤثرة على العملية. في هذه الخطوة يجب أن نجرب عن أسئلة من النوع التالي:

- ما هي أكبر المشكلات الموجودة في العملية؟ أو بمعنى آخر، ما هي أكثر المشكلات حدوثاً في العملية؟
- ماذا سنستفيد من حلها وما هي التحسينات التي يمكن الحصول عليها؟
- ماذا سيكلفنا عدم حل هذه المشكلات؟

#### ٤-٥ مثال عملي عن استخدام تحليل باريتو في مجال جودة الخدمات

قرر مدير أحد الفنادق السياحية البدء في استعمال التقنيات السبع الأساسية للجودة لرراقبة وتحسين جودة خدمات فندقه بعد أن لاحظ تزايداً في شكاوى نزلاء الفندق خلال الثلاثة أشهر الأخيرة، فقام بجمع هذه الشكاوى لتحليلها والاستفادة منها ورصد النتائج على الجدول (٢-٣). من خلال هذا المثال سنقوم بمساعدة المدير على تحليل هذه البيانات باستعمال خريطة باريتو.

من خلال تطبيق تحليل باريتو على هذه البيانات سنحاول أن نساعد مدير الفندق في تحديد الأماكن التي يجب أن يركز عليها لإحداث تحسينات مهمة على جودة الخدمة في الفندق. إلى هذه النقطة فإن الخطوات ١ إلى ٣ قد تمت وبدأ علمنا من الخطوة ٤، أي أنها تقوم بترتيب الشكاوى حسب أهميتها (أي تكرارها) وكذلك تقوم بحساب كل من التكرار النسبي والتكرار النسبي التراكمي لكل نوع وهذا ما نحصل عليه في الجدول (٤-٢).

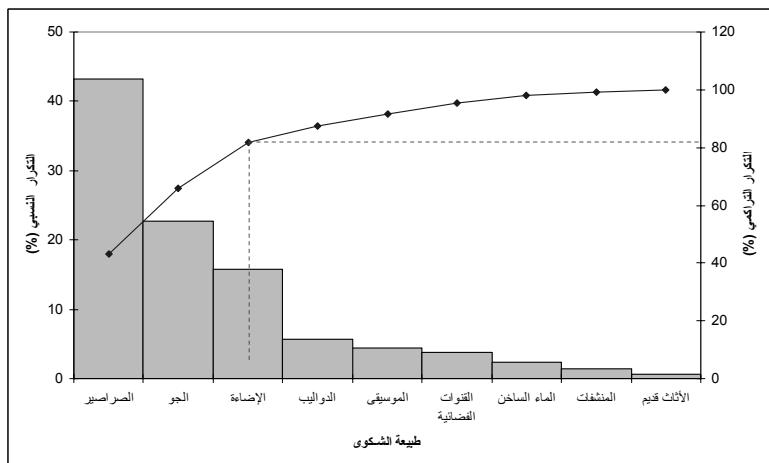
نقوم بعد ذلك برسم خريطة باريتو لهذه البيانات كما هو موضح على الشكل (٤-٢). من خلال هذه الخريطة يتبين بوضوح أن هناك ٣ مشاكل رئيسية تتسبب في ٦٧٪ من شكاوى العملاء في الفندق وهي وجود الصراصير، وعدم ملائمة جو الغرف وسوء الإضاءة وعلى مدير الفندق تركيز جهده على حل هذه المشكلات لإحداث ٨١٪ من التحسينات في خدمة الفندق.

| المجموع | عدد شكاوى نزلاء الفندق في كل شهر |        |      | نوع وطبيعة شكاوى العميل         |
|---------|----------------------------------|--------|------|---------------------------------|
|         | يناير                            | فبراير | مارس |                                 |
| 97      | 17                               | 50     | 30   | موسيقى الملهى عالية في الليل    |
| 54      | 11                               | 20     | 23   | الماء الساخن غير كاف            |
| 32      | 12                               | 8      | 12   | المنشفات صغيرة وسمكها غير مناسب |
| 350     | 75                               | 100    | 175  | الإضاءة قليلة في الغرفة         |
| 83      | 60                               | 13     | 10   | استقبال القنوات الفضائية سيء    |
| 15      | 10                               | 4      | 1    | الأثاث قسم وغير نظيف            |
| 127     | 50                               | 52     | 25   | دوالib حفظ الملابس غير مناسبة   |
| 505     | 95                               | 110    | 300  | جو الغرفة غير مناسب             |
| 962     | 373                              | 265    | 324  | وجود صراصير                     |

### الجدول ٣-٢ شكاوى عملاء الفندق خلال الثلاثة أشهر الأخيرة

| نوع وطبيعة شكوى العميل       | التكرار | النسبة % | التكرار التراكمي % |
|------------------------------|---------|----------|--------------------|
| وجود صراصير في الغرف         | 962     | 43.24    | 43.24              |
| جو الغرفة غير مناسب          | 505     | 22.70    | 65.94              |
| الإضاءة قليلة                | 350     | 15.73    | 81.67              |
| دواليب الملابس غير مناسبة    | 127     | 5.71     | 87.37              |
| موسيقى الملهى عالية في الليل | 97      | 4.36     | 91.73              |
| استقبال القنوات سيء          | 83      | 3.73     | 95.46              |
| الماء الساخن غير كاف         | 54      | 2.43     | 97.89              |
| المنشفات صغيرة               | 32      | 1.44     | 99.33              |
| الأثاث قدس وغير نظيف         | 15      | 0.67     | 100.00             |
| المجموع                      | 2225    | 100.00   |                    |

الجدول ٤-٢ ترتيب شكاوي عمالء الفندق حسب الأهمية (تحليل باريتو)



الشكل ١٠-٢ خريطة باريتو للعملية الخدمية في الفندق السياحي

### ٥-٥ تحليل باريتو على برنامج الإكسل (Pareto Analysis with Excel)

في هذه الفقرة سنعمل على نفس بيانات الفندق السياحي. نقوم أولاً بفتح ورقة إكسل جديدة ونبأ بإدخال البيانات كما هو موضح على الشكل (١١-٢) حيث نقوم بإدخال أنواع الشكاوى في العمود (A) ومن ثم أعداد الشكاوى لكل شهر في الأعمدة C,D, E.

نقوم بعد ذلك بحساب مجموع الشكاوى الخاصة بكل نوع بحيث نبدأ بالنوع الأول ثم نضع النتيجة في الخانة (F5) ونستعمل لها الصيغة الحسابية  $SUM(C5:E5)$  كما هو موضح على الشكل (١٢-٢).

Microsoft Excel - Pareto\_hotel [X]

ملف تجدير عرض إدخال تنسيق أدوات بيانات إطار تعليمات OmniPage

| A  | نوع و طبيعة شكوى العميل            | المشكل             | جانفي ٢٠٠٦ | فبراير-٢٠٠٦ | مارس-٢٠٠٦ | المر |
|----|------------------------------------|--------------------|------------|-------------|-----------|------|
| ١  | كتاب ضبط الجودة                    | د. محمد عيسوسي     |            |             |           |      |
| ٢  | خريطة باريتون لخدمة الفندق السياحي |                    |            |             |           |      |
| ٣  |                                    |                    |            |             |           |      |
| ٤  | ١ - حساب نكوار كل فئة              |                    |            |             |           |      |
| ٥  | نوع و طبيعة شكوى العميل            |                    |            |             |           |      |
| ٦  | موبيقي الملاوي عاليه جدا في الليل  | الموبيقي           | ٣٠         | ٥٠          | ١٧        |      |
| ٧  | الإماء الملاوك غير كاف             | الإماء الملاوك     | ١٢         | ٢٣          | ٢٠        |      |
| ٨  | المشتقات صغيرة و سكها غير مناسب    | المشتقات           | ١٧٥        | ١٠٠         | ٧٥        |      |
| ٩  | الإضافة كلية                       | الإضافة            |            |             |           |      |
| ١٠ | استقبال العنوانات الفضائية بروبي   | العنوانات الفضائية | ١٠         | ١٣          | ٦٠        |      |
| ١١ | الأثاث كريم و غير نظيف             | الأثاث كريم        | ١          | ٤           | ١٠        |      |
| ١٢ | دوليب حفظ الملابس غير مناسبة       | دوليب              | ٢٥         | ٢٥          | ٥٢        |      |
| ١٣ | جو الغرفة غير مناسب                | الجو               | ٣٠٠        | ١١٠         | ٩٥        |      |
| ١٤ | وجود صراصير في الغرف               | الصراصير           | ٣٢٤        | ٢٦٥         | ٣٧٣       |      |
| ١٥ | المجموع                            |                    |            |             |           |      |
| ١٦ |                                    |                    |            |             |           |      |

الشكل ١١-٢ إدخال البيانات الخاصة بعدد شكاوى العملاء في الفندق السياحي



الشكل ١٢-٢ حساب مجموع الشكاوى من النوع الأول

وبعد ذلك نقوم بتطبيق نفس الصيغة على بقية الأنواع وهذا بجر الفأرة مضغوطة من الخانة (F6) إلى الخانة (F13) ونقوم كذلك بحساب المجموع الكلي لعدد الشكاوى باستعمال الصيغة الحسابية (F14=SUM(F5:F13)) ونحصل على نفس النتائج المسجلة في الجدول (١٣-٢).

قصد ترتيب أنواع الشكاوى نقوم بنسخ ولصق البيانات في جدول ثان بحيث لا نسجل إلا أنواع الشكاوى والمجموع (أى تكرار كل فئة)، ونقوم بعد ذلك بترتيبها حسب أهميتها من الأكثـر إلى الأقل تكرارا وهذا عن طريق شريط الأدوات من قائمة "بيانات" ثم "فرز" ، "المجموع" و"تساندي" كما هو موضح على الشكل (١٣-٢).  
 نحسب التكرار النسبي لكل نوع من أنواع الشكاوى ونضع النتائج في العمود (D) بحيث نحسب التكرار النسبي للفئة الأولى باستعمال الصيغة الحسابية  

$$(D20=100*C20/2225)$$
 ومن ثم نحسب التكرار النسبي لبقية الأنواع وهذا بتطبيق نفس الصيغة الحسابية على بقية الخانات أى من (D21) إلى (D28).

Microsoft Excel - Pareto\_hotel

Wجد صراصير في الماء

فروز

نوع و ظبيعة شكوى العميل

الشكل

المجموع

|    | نوع و ظبيعة شكوى العميل            | الشكل                              | المجموع |
|----|------------------------------------|------------------------------------|---------|
| 13 | وجود القرفة غير مناسب              | الصرف الصحي                        | 962     |
| 14 | وجود صراصير في القرف               | الجو                               | 505     |
| 15 | المجموع                            | الإضافة                            | 350     |
| 16 | ـ ترتيب أنواع الشكاوى حسب الأهمية  | الدوالب                            | 127     |
| 17 | ـ ترتيب أنواع الشكاوى حسب الأهمية  | الموروثي                           | 97      |
| 18 |                                    | الكتوات الفضائية                   | 83      |
| 19 |                                    | مياه الماء الماخن                  | 54      |
| 20 | وجود القرفة غير مناسب              | المثلفات صدفيرة و سعكينا غير مناسب | 32      |
| 21 | وجود القرفة غير مناسب              | الأثاث قديم و غير نظيف             | 15      |
| 22 | الإضافة كلياً                      | المجموع                            | 2225    |
| 23 | توقف الماء الماخن غير مناسب        |                                    |         |
| 24 | موسيقى الملاهي عالية جداً في الليل |                                    |         |
| 25 | استهانة الفترات الفضائية بدور      |                                    |         |
| 26 | مياه الماء الماخن غير كاف          |                                    |         |
| 27 | المثلفات صدفيرة و سعكينا غير مناسب |                                    |         |
| 28 | الأثاث قديم و غير نظيف             |                                    |         |
| 29 |                                    |                                    |         |
| 30 |                                    |                                    |         |
| 31 |                                    |                                    |         |

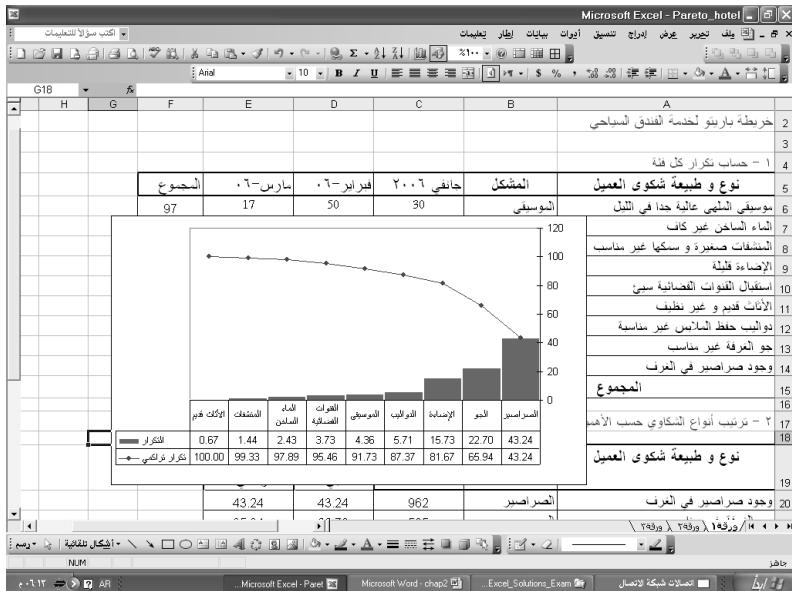
عمل خريطة باريتو

الشكل ١٣-٢ ترتيب أنواع الشكاوى حسب التكرار

ولحساب التكرار التراكمي لكل نوع، نقوم أولاً بتسجيل قيمة التكرار النسبي للنوع الأول على الخانة E20 ونحسب التكرار التراكمي للنوع الثاني في الخانة E21 وهذا حسب الصيغة الحسابية ( $E21=D21+E20$ ) ومن ثم نطبق نفس الصيغة على بقية خانات العمود (E). ونحصل من هذه العملية على النتائج المسجلة في الجدول (٢-٤). في الخطوة التالية نقوم بعمل خريطة باريتو وهذا باستعمال معالج التخطيطات أين نختار أنواع مخصصة ويكون نوع التخطيط "خطي - أعمدة على محورين" كما هو موضح على الشكل (١٤-١-أ). بعد إجراء التنسيقات المناسبة للتخطيط وكتابة العناوين (الشكل ١٤-٢-ب) نحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (١٤-٢-ب) والذي يمثل خريطة باريتو لجودة الخدمة في الفندق السياحي.



## - أ - إدخال البيانات وإستعمال معالج التخطيطات لرسم خريطة باريتو



## - ب - رسم خريطة باريتو

الشكل ١٤-٢ خطوات عمل خريطة باريتو على برنامج الميكروسوفت إكسيل

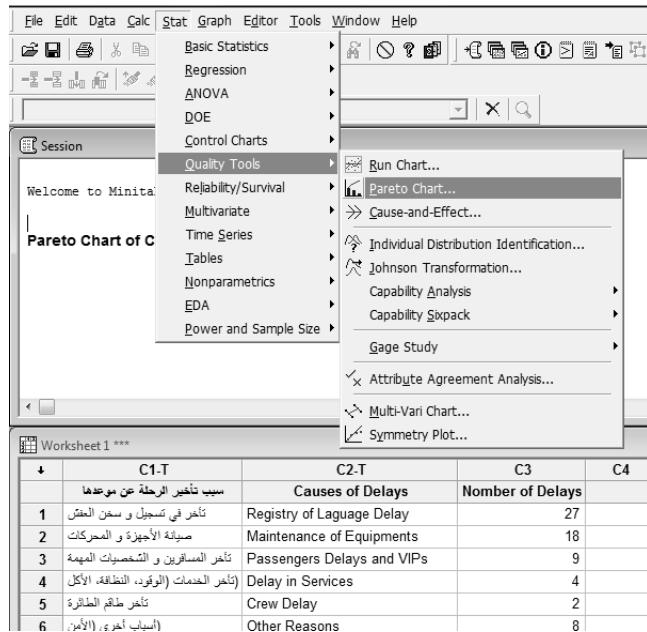
## ٦-٥ تحليل باريتو بإستخدام برنامج المينيتاب (Minitab)

يوضح المثال التالي كيفية إستخدام برنامج المينيتاب في إجراء تحليل باريتو في مجال تحسين جودة المنتجات والخدمات. ففي إطار تطبيق نظام إدارة الجودة الشاملة على عملياتها، قررت إدارة أحد المطارات الدولية تحسين مستوى خدمتها سعياً وراء تقديم أحسن الخدمات وأجودها إلى عملائها حيث لاحظت إدارة المطار أن هناك عدداً متزايداً من الرحلات المتأخرة عن مواعيدها المبرمج وقررت البحث عن الأسباب والعمل على إزالتها من العملية. قام فريق التحسين الذي يضم كلاً من مدير الجودة وخدمة العملاء بإحصاء عدد الرحلات المتأخرة عن موعدها خلال الستة أشهر الأخيرة وأسبابها وتحصل على النتائج الموضحة على الجدول (٥-٢).

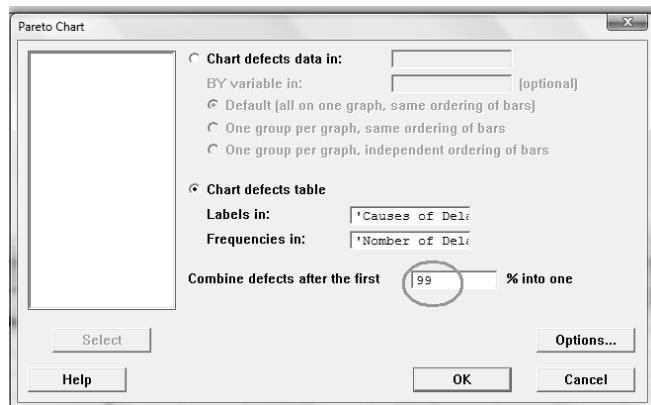
| عدد الرحلات المتأخرة | سبب تأخير الرحلة عن موعدها            |
|----------------------|---------------------------------------|
| 27                   | تأخر في تسجيل وشحن العفش              |
| 18                   | صيانة الأجهزة والمحركات               |
| 9                    | تأخر المسافرين والشخصيات المهمة       |
| 4                    | تأخر الخدمات (الوقود، النظافة، الأكل) |
| 2                    | تأخر طاقم الطائرة                     |
| 8                    | أسباب أخرى (الأمن)                    |
| <b>68</b>            | <b>المجموع</b>                        |

**الجدول ٥-٢ أسباب تأخير الرحلات عن موعدها في المطار**

نقوم أولاً بإدخال البيانات على برنامج المينيتاب ثم من قائمة (Stat) نقوم بإختيار -٢- كما هو موضح على الشكل (Pareto Chart) (Quality Tools) .



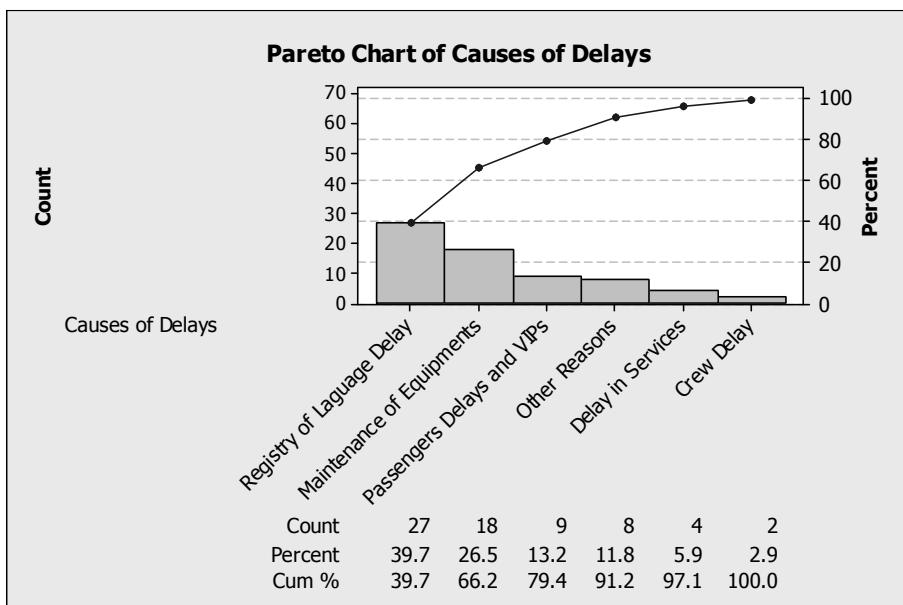
### - أ - إدخال البيانات وخطوات مخطط باريتو



### - ب - تحديد بيانات المثال

**الشكل ١٥-٢ خطوات عمل مخطط باريتو على برنامج المينيتاب**

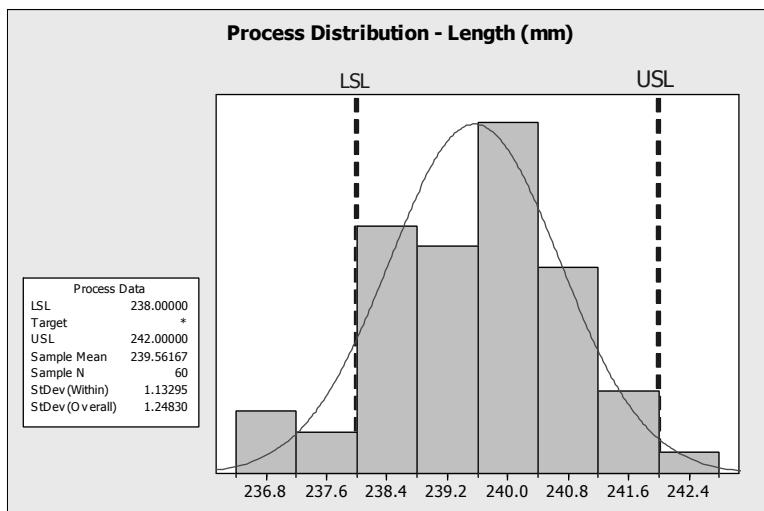
من نافذة الحوار المفتوحة (Chart Defect Table) نختار (Pareto Chart) ، نقوم باختيار بيانات المثال بالضغط على خيار (Select) ، كما يجب ملاحظة إعطاء قيمة "٩٩" في خانة ( Combine remaining defects into one category after this ) كما هو موضح على الشكل (١٥-٢-ب). بإختيار أيقونة (OK) نحصل على مخطط بار يتو الموضح على الشكل (١٦-٢) والذي يبين بوضوح أن ثلثي (٣/٢) المواجهات المتأخرة تعود إلى سببين رئيسيين وهما تسجيل العفش وشحنه، وصيانة الأجهزة والمحركات ومن خلال هذا التحليل يتضح أيضا أنه على إدارة المطار التركيز على تحسين هذين الجانبيين في خدماتها وإجراء التحسينات المناسبة في كل من قسم تسجيل العفش وشحن العفش وقسم الصيانة.



**الشكل ١٦-٢** تحليل بار يتو لأسباب تأخر الرحلات عن موعدها عن طريق المينيتاب

## ٦ المدرج التكراري (Histograms)

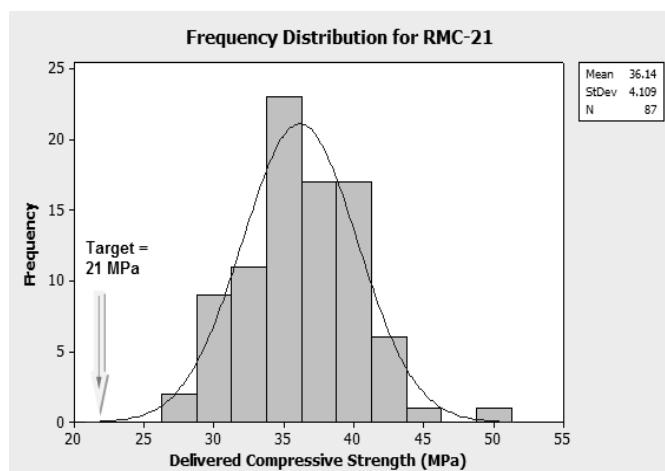
يعتبر المدرج التكراري (أو ما يعرف أيضاً بالتوزيع التكراري) من أهم وأبشع الأدوات والتقنيات المستعملة في ضبط الجودة ومراقبة العمليات، فعن طريق هذه التقنية يمكن تصنيف بيانات العملية إلى عدة فئات وحساب تكرارها وعمل التوزيع للعملية ومن خلالها يمكن استخلاص معلومات مهمة عن جودة المنتج أو الخدمة مثل القيمة المتوسطة للبيانات، ومقدار الاختلافات في البيانات وتشتيتها وكذا الحكم على جودة العملية مقارنة بالمواصفات ومتطلبات العميل (Specifications and Customer requirements). يوضح الشكل (١٧-٢) مثالاً لمدرج تكراري لعملية تصنيعية لإحدى الشركات العالمية التي توضح توزيع المنتج مقارنة مع حدود مواصفات (USL, LSL).



الشكل ١٧-٢ المدرج التكراري لعملية تصنيعية مع حدود مواصفات المنتج  
(نتيجة برنامج المينيتاب)

وللمزيد من التوضيح ندرج هنا مثالاً عن إستعمال تقنية المدرج التكراري لدراسة جودة الخرسانة الجاهزة التي تستعمل في أحد المشاريع الإنسانية في الجامعة ومدى

مقدرة العملية الإنتاجية لهذه المادة على تحقيق مواصفات التصميم التي لا يخفى على القارئ الكريم مدى أهميتها بالنسبة لأمن وسلامة المبنى مستقبلا. تمثل خاصية الجودة هنا مقاومة الخرسانة للضغط (MPa) (Compressive Strength (MPa)) والتي تم الحصول على نتائجها لمجموعة من العينات تم اختبارها في مختبر الجودة بعد ٢٨ يوما. يمثل الشكل (١٨-٢) التوزيع التكراري لمقاومة الضغط للعملية الإنتاجية والذي يوضح أن كل الخرسانة المنتجة التي تم ضخها في المشاريع تفوق مواصفة التصميم (Target Compressive Strength = 21 MPa) وهذا ما يدل على أن متطلبات العميل قد تم استيفائها في كل الحالات. إلا أن المتأمل في التوزيع يلاحظ أن هناك تغيرات واختلافات كبيرة في الخرسانة وهذا ما يدل على وجود أسباب في العملية الإنتاجية تؤدي إلى هذه الاختلافات ومنه فعلى فريق تحسين الجودة العمل على البحث عن الأسباب المؤدية إلى ذلك بمد夫 تقليل الاختلافات مع المحافظة على جودة الخرسانة.



الشكل ١٨-٢ التوزيع التكراري لعملية إنتاج الخرسانة الجاهزة في أحد مشاريع الجامعة.

إنه من الضروري أن نؤكد هنا أن هذه الأداة فعالة في دراسة توزيع العمليات الإنتاجية والخدمية وتحليل مقدرتها على تحقيق مواصفات التصميم ومتطلبات العميل، فهي تدرج ضمن الأدوات التي تستعملها فرق التحسين في عمليات التحسين المستمر للعمليات سواء في إطار فلسفة إدارة الجودة الشاملة أو السنة سيجما. ونظراً لأهمية هذه الأداة في مختلف المجالات فسوف نفردها بإذن الله بفصل خاص وسنقوم بتقديم استعمال هذه الأداة في دراسة مقدرة العمليات (Process Capability Analysis) في الفصل السادس بإذن الله.

## ٧ مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram)

### ١-٧ المفهوم العام لمخطط السبب والنتيجة

بعد جمع البيانات عن العملية أو المشكلة التي نود دراستها، وتحليل هذه البيانات عن طريق مخطط باريتو أو تقنية التوزيع التكراري يكون قد حان الوقت لدراسة أسباب الاختلافات والتباينات التي نلاحظها في العملية وكذلك الأسباب المؤدية إلى ظهور تلك العيوب في المنتج أو الأخطاء المتحصل عليها في الخدمة.

البيانات المجمعة عن العملية تؤكد وتوضح مفهوم الاختلافات والتغيرات الموجودة في كل العمليات سواء كانت إنتاجية أو خدمية (Process variability)، بمعنى أن هناك اختلافات في خصائص المنتج من خط إنتاج إلى آخر ، أو من فترة إلى أخرى وكذلك هناك اختلافات في خصائص الخدمة المقدمة من فرع بنك إلى آخر أو من موظف إلى آخر في نفس الفرع. وتعود أسباب هذه الاختلافات إلى التغيرات الطبيعية (Natural variations) والتغيرات ذات الأسباب الخاصة (Assignable causes) التي قد تطرأ على العملية وعلى مكوناتها الرئيسية والتي يمكن تلخيصها في العناصر التالية (5M&E):

- المواد الخام (Materials)
- الآلات والمعدات (Machines)
- العمالة الفنية (Man or People)
- طرق وأساليب العمل (Methods)
- عمليات القياس والفحص (Measurements)
- البيئة والظروف المحيطة بالعملية كالحرارة والرطوبة (Environment)

عند دراسة التغيرات في العمليات الإنتاجية والخدمية عادة ما نواجه مشكلة في تحديد أي هذه العناصر الستة له الدور الأكبر في مشاكل العملية، أو هل هناك تداخل بين بعض هذه العناصر للتأثير على جودة العملية وسيرها الحسن؟ وما هي أوجه التداخل بينها؟ وما مدى تأثيرها على العملية؟ فمن خلال استعمال مخطط السبب والنتيجة يمكن لنا تصنيف الأسباب المؤدية إلى التغيرات في العملية أو المنتج وكذلك تحديد العلاقة بين مختلف هذه الأسباب. ويعرف مخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram) كذلك بسمى مخطط إيشيكاوا (Ishikawa Diagram) نسبة للعالم الياباني كوارو إيشيكاوا (Kaoru Ishikawa) الذي قام بتطوير هذه التقنية في عام ١٩٤٣. كما تعرف أيضاً هذه التقنية بمخطط عظم السمكة (Fishbone Diagram) وهذا لشكله الذي يشبه عظم السمكة، والمهدف الأساسي من استعمال هذه التقنية هو تعريف المشكلات في العملية (أو المهدف المرجو تحقيقه)، وتحديد الأسباب المؤثرة عليها ومن ثم التركيز على هذه الأسباب لتطوير الحلول المناسبة وطرح مقترنات تحسين العملية.

## ٢-٧ استعمالات مخطط السبب والنتيجة في العمليات الإنتاجية والخدمية

يعتبر مخطط السبب والنتيجة من أنجع أدوات الجودة التي لاقت استعمالات عدّة في مجال حل مشاكل العمليات والتحسين المستمر لها والتي تدرج في برامج إدارة الجودة

الشاملة التي تبنتها كبرى الشركات العالمية في مجالات التصنيع والخدمات، ومن أهم الاستعمالات هذه التقنية نذكر ما يلي :

أ) تسمح هذه التقنية بالبحث عن أهم الأسباب المؤدية إلى حدوث تغيرات في العملية والتي تسبب مشاكل في جودة مخرجاتها، فمثلاً عن طريق هذه التقنية يمكن البحث عن الأسباب التي حالت دون الإجابة عن المكالمات الهاتفية لعملاء منشأة أو إدارة ما، وكذلك الإجابة عن أسئلة مهمة مثل : لماذا بدأت تظهر أعداد كبيرة من المنتجات المعيبة في خط الإنتاج في الآونة الأخيرة؟ أو ما هي الأسباب الحقيقة وراء تأخر الرحلات الجوية عن موعدها في المطار الدولي س؟

ب) من خلال هذا المخطط يمكن لنا تحديد العلاقة بين مختلف التغيرات التي طرأت على العملية ومخرجاتها والأسباب المؤدية إلى ذلك.

ت) يمكن من خلال هذا المخطط التعرف أكثر على سير العملية وأدائها.

### ٣-٧ الخطوات العملية لعمل مخطط السبب والنتيجة

يلاحظ أنه بإمكان أي شخص ملم بتقنيات الجودة وله دراية بسير العملية المراد دراستها أن يجلس في مكتبه ويعمل مخطط السبب والنتيجة دون أدنى إشكال ولكن علماء الجودة يرون أن الحكم، و"الحكمة ضالة المؤمن"، تتبع الخطوات العملية التالية:

**الخطوة ١** - يجب أن يعمل المخطط في إطار عمل جماعي للفريق (Team work) وفي حلقة لعصف الأفكار (أو العصف الذهني) (Brainstorming).

**الخطوة ٢** - تتم عملية بناء المخطط في إطار منظم لتجمیع الأفكار بحيث يجب أن تكون المشكلة المدرستة والأسباب المؤدية إليها واضحة لجميع أفراد الفريق.

**الخطوة ٣** – تستعمل وسيلة عمل جماعية لتوضيح الأفكار كأن نستعمل مثلا سبورة عمل أو ورقة كبيرة تلصق على الجدار لرسم الخريطة على مرأى من جميع أعضاء الفريق، ويستحسن أن يقوم فرد من الفريق بعملية كتابة المخطط على السبورة.

**الخطوة ٤** – نقوم برسم مربع على أقصى اليمين ونسجل فيه المشكلة التي نود دراستها أو المدف المراد تحقيقه وهذا ما يمثل النتيجة التي يجب أن نبحث عن الأسباب المؤدية إليها، ثم نرسم خطأً فقياً من مربع النتيجة إلى أقصى اليسار (الشكل ١٩-٢).

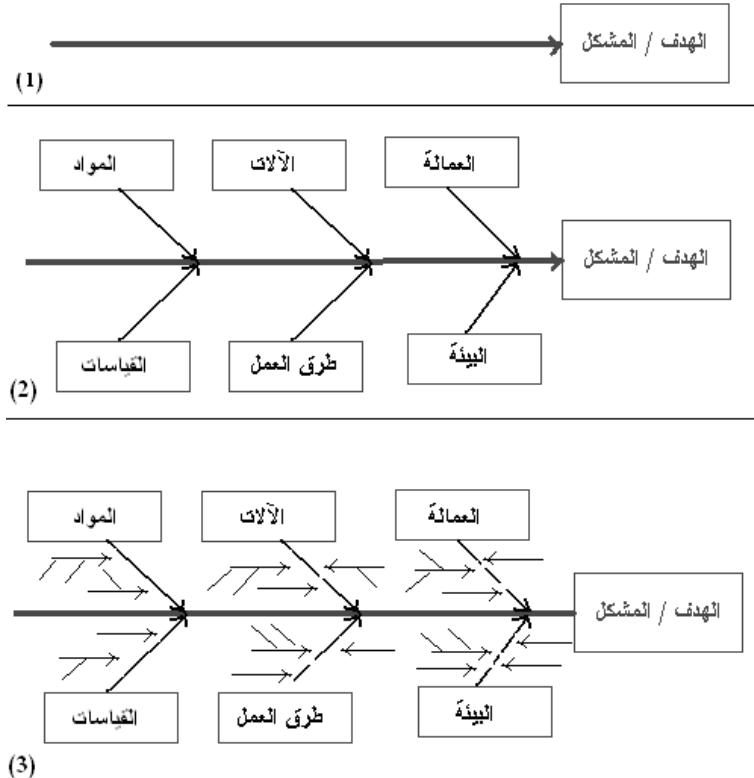
**الخطوة ٥** – نقوم بتصنيف الأسباب الرئيسية المؤدية إلى النتيجة (أو المشكلة المدروسة). هنا نرجع إلى القائمة التي قمنا بشرحها سابقا والتي نرمز إليها بالإنجليزية (5M&E) والتي تدل على العناصر الأساسية لكل العمليات الصناعية والخدمية وهي طرق العمل (Methods) ، المواد (Materials) ، الآلات (Machines) ، عمليات القياس والفحص (Measurements)، العمالة (Man/People) والبيئة والمحيط (Environment).

**الخطوة ٦** – نكتب هذه الأسباب الرئيسية على مربعات مرسومة على اليسار كما هو موضح في الشكل (١٩-٢).

**الخطوة ٧** – يقوم الفريق بالبحث عن الجذور الخفية للأسباب الرئيسية (Root cause analysis). كما ترسم أسمهم للأسباب الرئيسية وتتفرع منها أسهم متعددة للأسباب الفرعية مقسمة إلى عدة مستويات. يسمح هذا التحليل إلى الوصول إلى أصل وجذور المشكلات المؤدية إلى سوء جودة العملية. يمكن أن نلاحظ هنا أن البحث عن الحلول السريعة للمشاكل لا يسمح بالوصول إلى هذا المستوى من التحليل وبالتالي لا يمكن اكتشاف هذه الأسباب التي عادةً ما تكون مندرجة تحت أغطية مختلفة (الشكل ١٩-٢).

**الخطوة ٨** – بعد إتمام رسم المخطط، على الفريق أن يبحث عن أهم الأسباب المؤثرة على المشكلة المدروسة. عملياً يقوم بتصنيف جميع الأسباب المتحصل عليها إلى ٣ فئات (A, B, C) بحيث يحتوي الصنف (A) على الأسباب التي يتفق جميع أعضاء الفريق على أنها مؤثرة جداً على المشكلة، ويحتوي الصنف (B) على الأسباب المؤثرة ولكن بدرجة أقل في حين يجمع الصنف (C) تلك الأسباب التي يوجد فيها نوع من الشك في أثرها على المشكلة المدروسة.

**الخطوة ٩** – من أجل التوصل إلى حلول جذرية للمشكلة المدروسة يتوجب علينا التركيز على الأسباب التي تم تصنيفها في الفئة (A) بحيث يقوم الفريق العامل على المخطط الاتفاق على الإجراءات التصحيحية المناسبة. قد يتطلب الأمر جمع بيانات إضافية عن العملية وتحليلها باستعمال إحدى التقنيات الأساسية للجودة التي قمنا بشرحها في الفقرات السابقة مثل تقنية قوائم الاختبار (Check sheets).



الشكل ١٩-٢ كيفية عمل مخطط السبب والنتيجة

للبحث عن جذور الأسباب المؤدية إلى حدوث مشكلة ما، خلال عمل مخطط السبب والنتيجة يستحسن استعمال تقنية أخرى من تقنيات الجودة والتي تعرف بـ تقنية علامات الاستفهام الخمس (5Whys) حيث يقوم بطرح سؤال يبدأ بـ "لماذا" خمس مرات متتالية حتى نتمكن من الوصول إلى جذور المشكلات. وعن طريق طرح هذه الأسئلة الخمسة بشكل متتابع يمكن الوصول إلى أصل المشكلة وجذورها وبالتالي تبعية بيانات الفروع في المخطط. وكما تم ذكره سالفا، فإن عمل مخطط السبب والنتيجة يكون خلال حلقة للعصف الذهني (Brainstorming) والتي تعتبر بحد ذاتها

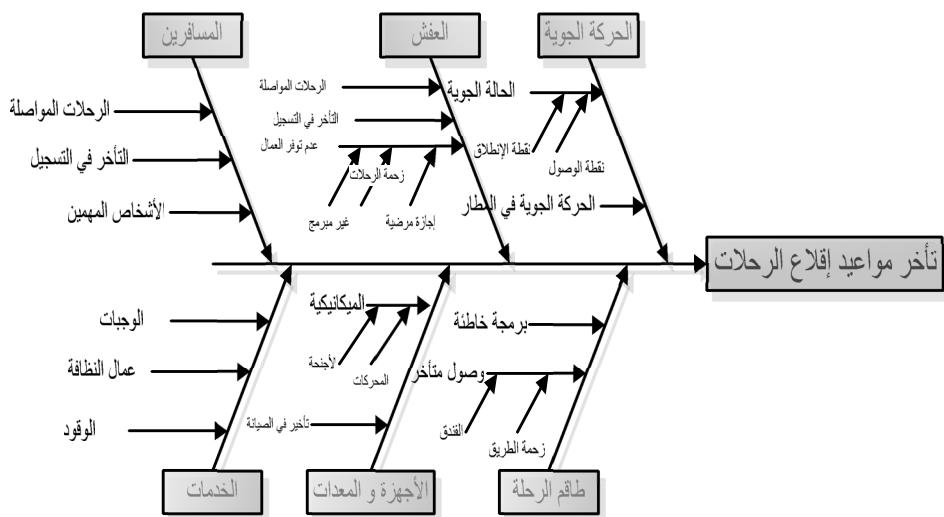
تقنيات من تقنيات الجودة والتحسين المستمر للعمليات ومنه يتبع علينا أن نعرف قوانين العصف الذهني والتي يمكن تلخيصها في النقاط الأساسية التالية:

- ابحث عن الأفكار من الناحية الكمية، (أي العددية) ولا تكترث بتنوعيتها في هذه المرحلة.
- التأكيد على مشاركة كل أعضاء الفريق، كل في دوره دون أن ينفرد عضو بالمناقشة وسرد الأفكار.
- شجع الأفكار الإبداعية.
- لا تناقض، لا تنتقد ولا تحاول تقسيم أي فكرة مطروحة.
- حاول البناء على الأفكار المطروحة.
- مرر دورك إذا لم تكن لديك أي فكرة تطرحها وفك في فكرة إبداعية للمرة القادمة.

**ملاحظة مهمة :** يوجد في سلسلة برامج الميكروسوفت أوفيس ( Microsoft Office 2003 ) برنامج الميكروسوفت فيزيو ( Microsoft Visio 2003 ) الذي يتتوفر على إمكانيات رائعة لعمل مخطط عظم السماكة، وينصح باستعماله في رسم المخطط بعد الفراغ من عمله في حلقة العصف الذهني لفريق العمل .

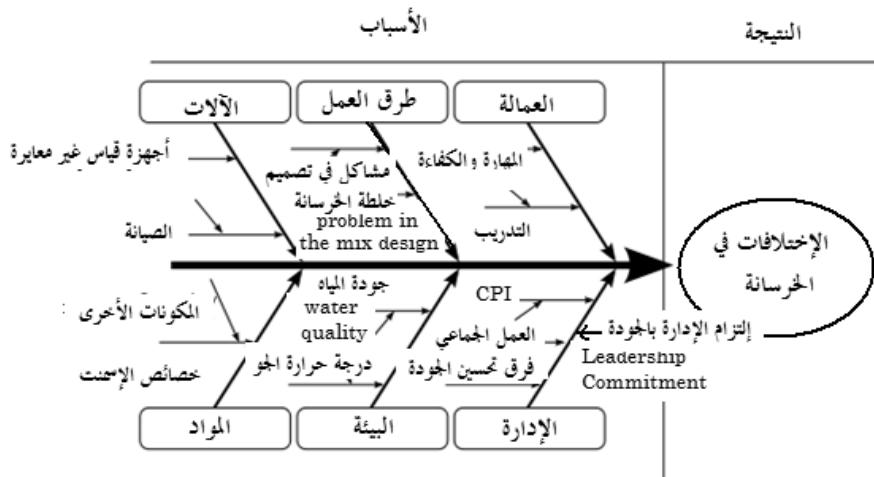
#### ٤-٧ مثال عملي عن مخطط السبب والنتيجة

يبين الشكل (٢٠-٢) مخطط إيشيكاوا لدراسة مشكلة تأخر مواعيد إقلاع الرحلات في المطار الدولي الذي تم عرضه في الفقرة (٦-٥) من هذا الفصل. من خلال هذا المثال يمكن لك عزيزي القارئ أن تلاحظ أن مخطط السبب والنتيجة يوضح جلياً جدوى وفعالية تمكين ومشاركة جميع العمال في العملية (The Value of every associate) والذي يمثل أحد العناصر الأساسية في برنامج إدارة الجودة الشاملة (TQM) وهذا ما وضحته في الفصل الأول. إن دور العامل أو الموظف البسيط القائم على عملية شحن العفش في الرحلات سيكون مؤثراً جداً على جودة خدمة المطار إضافة إلى ذلك فقد تكون لدى هذا العامل البسيط أفكاراً تطويرية يمكن أن تحسن العملية بشكل إيجابي جداً وأن هذه الأفكار قد لا تكون لدى كبار المدراء والاستشاريين.



الشكل ٢٠-٢ مخطط السبب والنتيجة للتأخر في مواعيد إقلاع الطائرات

كنا أشرنا في الفقرة السابقة إلى مثال العملية الإنتاجية للخرسانة الجاهزة والتي أظهر التوزيع التكراري وجود تغيرات وإختلافات كبيرة في المنتج مما يمكن اعتباره فرصة جيدة للتحسين في العملية الإنتاجية وتقليل المدر في المواد (الإسمنت) وتوفير الكثير من المال. من خلال تحليل إيشيكاوا وعمل خلط مخطط السبب والنتيجة لمشكلة الإختلافات في خصائص الخرسانة والموضح على الشكل (٢١-٢) يمكن إستنتاج مجموعة من الأسباب الكامنة ضمن العملية والتي تلعب دوراً رئيسياً في إحداث التغيرات في الخرسانة ولعل منها سوء التدريب لدى العمال، وعدم معايرة أجهزة القياس والوزن المستعملة في إنتاج الخرسانة إضافة إلى بعض الأسباب ذات العلاقة بعملية تصميم خلطة الخرسانة. وبناء على هذا التحليل فإنه على إدارة المصنع أن تعمل على توفير برامج تدريب (Training programs) للعمال لتزويدهم بالمهارات الضرورية في مجال عملهم وكذلك مهارات الجودة والتحسين المستمر للعمليات بالإضافة إلى عمل برامج صيانة دورية للأجهزة والمعدات وفحص أجهزة القياس (Calibration).



**الشكل ٢١-٢** مخطط السبب والنتيجة للإختلافات والتغيرات الملاحظة في الخرسانة الجاهزة (Ready Mixed Concrete) المستعملة في أحد المشاريع الإنسانية

## ٨ مخطط التبعثر أو الانتشار (Scatter Diagram)

### ١-٨ مفهوم مخطط التبعثر واستعمالاته

مخطط التبعثر هو أحد أدوات ضبط الجودة والمراقبة الإحصائية للعمليات ويستعمل لتحليل البيانات بطريقة بيانية يمكن من خلالها البحث عن علاقة محتملة أو متوقعة بين متغيرين. أهم استعمالات هذه الأداة في مجال الجودة نذكر ما يلي:

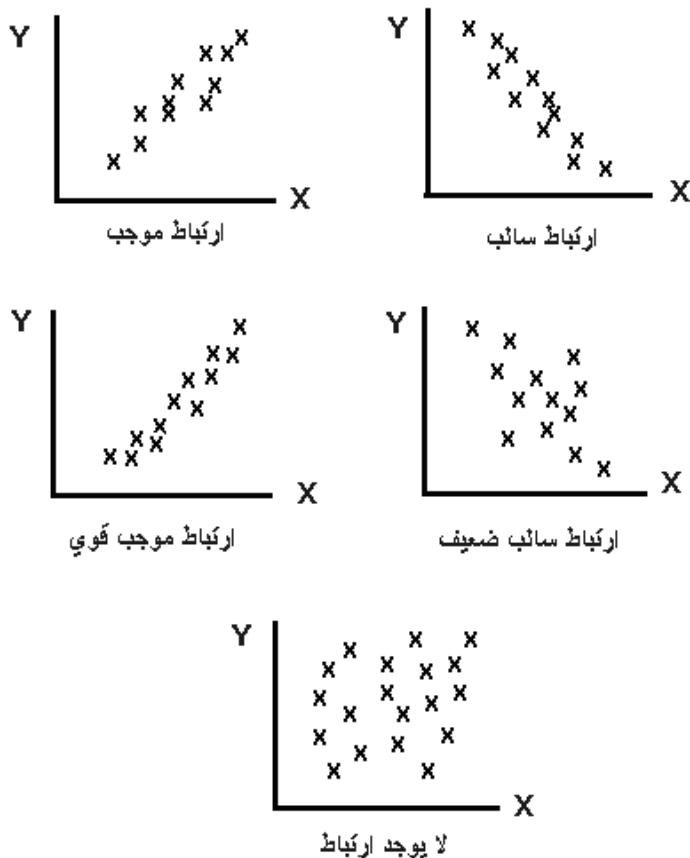
- أ) البحث والكشف عن علاقة السبب والنتيجة بين متغيرين اثنين. مثال هل هناك علاقة بين سرعة إنهاز العامل لعمله وعدد العيوب في خط الإنتاج؟ أو عدد ساعات التدريب التي تحصل عليها الموظف وعدد الأخطاء التي يقع فيها؟
- ب) توضيح نوع العلاقة بين المتغيرين، أي هل العلاقة بينهما تعدد ارتباطاً موجباً (Positive correlation) أو ارتباطاً سالباً (Negative correlation). مثال على ذلك: محاولة معرفة كيف تغير الفترة الضورية للمريض حتى يشفى من مرضه مع عمره؟

ت) معرفة قوة الارتباط بين المتغيرين كأن نرى مدى ارتباط عدد الأخطاء التي يرتكبها الناسخ على جهاز الكمبيوتر مع سرعة الكتابة.

الشكل (٢٢-٢) يوضح بعض الحالات لمخطط التبعثر والتي تبين أنواع

الارتباط بين متغيرين (X) و(Y) وهي على التوالي:

- ارتباط موجب (positive correlation)
- ارتباط سالب (negative correlation)
- ارتباط قوي (strong correlation)
- ارتباط ضعيف (weak correlation)
- لا يوجد ارتباط (No correlation)



الشكل ٢-٢ أنواع الارتباط مبينة من خلال مخطط التبعثر

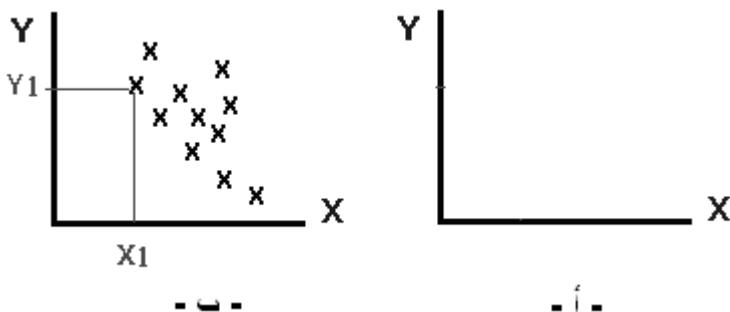
#### ٢-٨ الخطوات العملية لرسم مخطط التبعثر

لعمل مخطط التبعثر نتبع الخطوات العملية التالية:

- الخطوة ١: نقوم بجمع مجموعة من البيانات على شكل زوج ( $Y, X$ ) عن المتغيرين الذين نود دراسة العلاقة بينهما، ونسجل هذه البيانات على جدول شامل. يستحسن أن يكون عدد البيانات من ٢٠ إلى ٥٠ زوج.

**الخطوة ٢:** نقوم برسم محورين (X,Y) بحيث يمثل (X) المتغير السبب و(Y) المتغير النتيجة كما هو موضح على الشكل (٢٣-٢-أ).

**الخطوة ٣:** نرسم نقطة لكل زوج من البيانات (X,Y) ونفعل ذلك لجميع البيانات ومنه نحصل على خطط التشتت الموضح على الشكل (٢٣-٢-ب).



الشكل ٢٣-٢      عمل مخطط التشتت

**الخطوة ٤:** تحليل المخطط وهذا بالبحث عن وجود علاقة وارتباط بين المتغيرين (X) و(Y) كما نحاول إيجاد نوع الارتباط وقوته.

### ٣-٨      عمل مخطط التشتت باستعمال برنامج الميكروسوفت إكسيل (Scatter Diagram with Microsoft Excel)

من خلال هذا المثال نهدف إلى مساعدة المدير الفني الجديد لنادي كرة السلة والذي يود معرفة وجود علاقة بين وزن لاعب الفريق وطوله الذي قد يكون له أثر على أدائه مع الفريق. يبين الجدول (٦-٢) بيانات ٤٦ لاعب من الفريق.

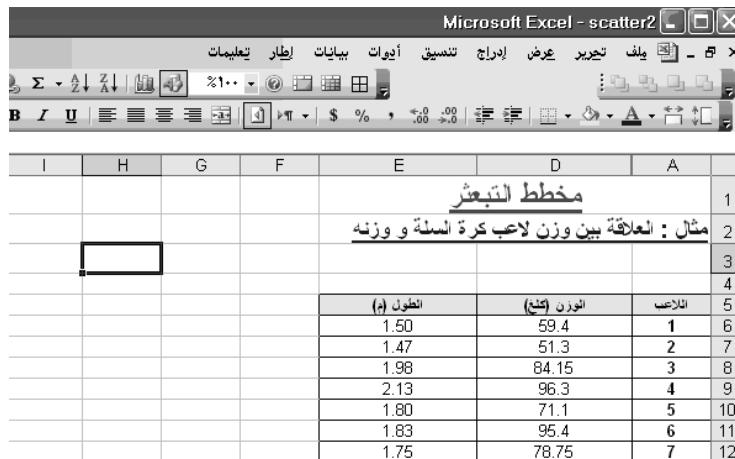
سوف نقوم بحل المثال عن طريق برنامج الميكروسوفت إكسيل، وهذا بإتباع الخطوات التالية:

**الخطوة ١** – نقوم بفتح ورقة جديدة في برنامج الإكسل ونبدأ بإدخال البيانات بحيث ندخل رقم اللاعب في العمود (A) وزنه في العمود (B) وطوله في العمود (C) كما هو موضح على الشكل (٢٤-٢).

**الخطوة ٢** – نقوم برسم خطط التباع وهذا عن طريق معالج التخطيطات وختار نوع التخطيط س وص (مبعثر) (الشكل ٢٤-٢-ب)، ونقوم باتباع خطوات المعالج مع إجراء التنسيقات المناسبة للتخطيط لنحصل على الشكل النهائي الموضح على الشكل (٢٥-٢).

| اللاعب | الوزن<br>(كيلو) | الطول<br>(م) | اللاعب | الوزن<br>(كيلو) | الطول<br>(م) |
|--------|-----------------|--------------|--------|-----------------|--------------|
| 24     | 70.2            | 1.75         | 25     | 69.3            | 1.98         |
| 26     | 85.05           | 1.91         | 27     | 78.75           | 1.68         |
| 28     | 65.7            | 1.63         | 29     | 62.1            | 1.91         |
| 30     | 80.1            | 2.01         | 31     | 93.6            | 1.57         |
| 32     | 65.25           | 1.73         | 33     | 75.6            | 2.06         |
| 34     | 101.25          | 1.68         | 35     | 70.65           | 1.70         |
| 36     | 75.6            | 1.93         | 37     | 80.55           | 1.52         |
| 38     | 62.55           | 1.83         | 39     | 75.6            | 1.88         |
| 40     | 80.55           | 1.73         | 41     | 70.2            | 1.73         |
| 42     | 82.8            | 1.80         | 43     | 76.05           | 1.80         |
| 44     | 78.75           | 1.91         | 45     | 75.6            | 1.83         |
| 46     | 75.15           | 1.70         |        |                 | 2.01         |

**الجدول ٦-٢** بيانات عن وزن وطول لاعبي فريق كرة السلة



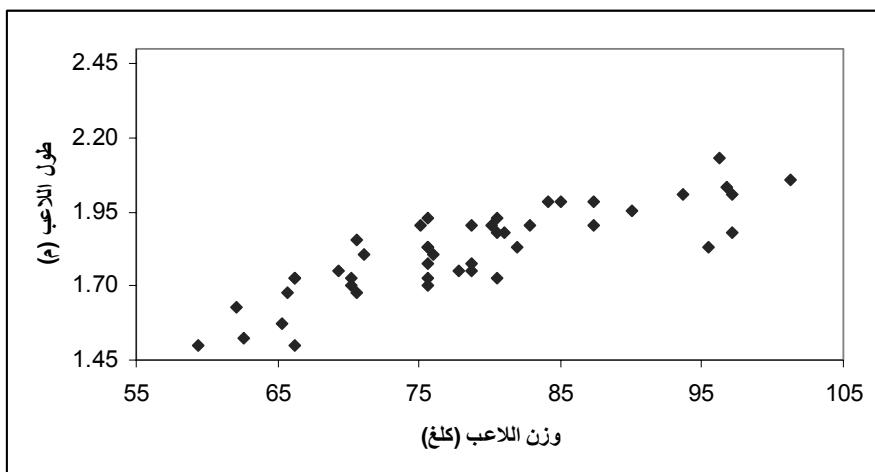
- أ -



- ب -

## الشكل ٢٤-٢ خطوات رسم مخطط التبعثر باستخدام برنامج الإكسيل

**الخطوة ٣ - تحليل المخطط :** من خلال الشكل (٢٥-٢) يتضح أن توقعات مدير الفريق بوجود علاقة بين وزن اللاعب وطوله صائبة إذ يوضح هذا المخطط وجود علاقة ارتباط موجب بين وزن اللاعب وطوله.



الشكل ٢٥-٢ مخطط التبعثر لدراسة العلاقة بين وزن لاعب كرة السلة وطوله

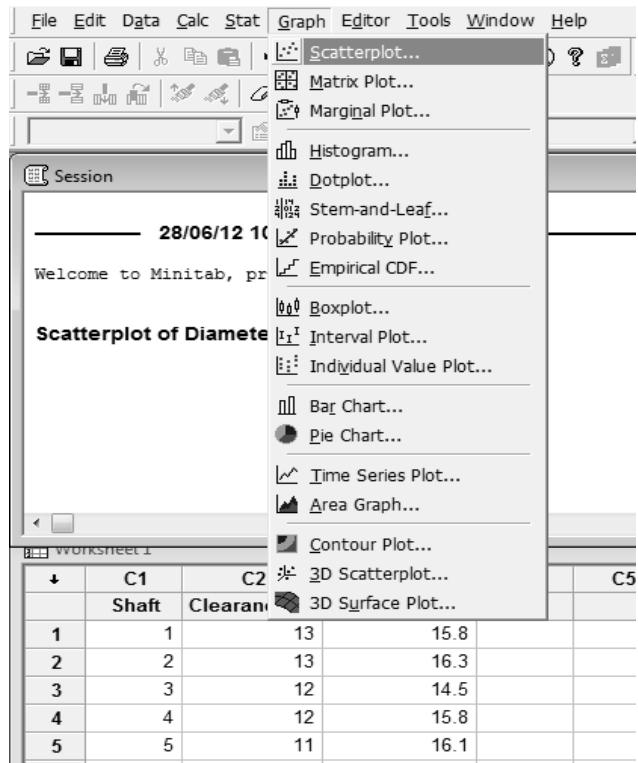
#### ٤-٨ عمل مخطط التبعثر باستخدام برنامج المينيتاب

تعتبر الإزواجات والتفاوتات (Fits and Tolerances) من أهم خصائص القطع الميكانيكية خاصة تلك المجمعة مع بعض مثل الأعمدة والثقوب. عادة ما تحدد هذه الخصائص بدقة خلال مرحلة التصميم ويراعى تنفيذها بدقة خلال عمليات التشغيل حتى يمكن تجميع القطع فيما بينها. في الجدول (٧-٢) تم رصد قيم الإزواجات الخلوصية (Clearance fits) لمجموعة من الأعمدة والأقطار الخارجية (Diameter) لهذه الأعمدة ونود معرفة فيما إذا كانت هناك علاقة بين هذين المتغيرين عن طريق رسم مخطط التبعثر.

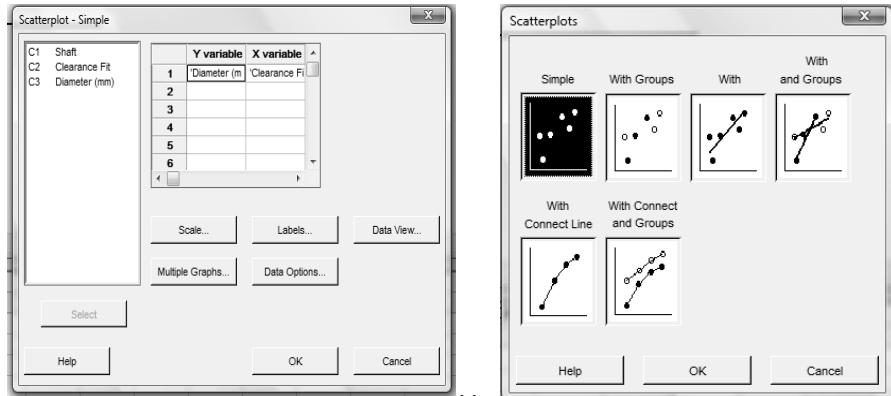
| العمود | الإزاج الخلوصي | قطر العمود (mm) |
|--------|----------------|-----------------|
| 1      | 13             | 15.8            |
| 2      | 13             | 16.3            |
| 3      | 12             | 14.5            |
| 4      | 12             | 15.8            |
| 5      | 11             | 16.1            |
| 6      | 11             | 15.8            |
| 7      | 9              | 20.0            |
| 8      | 9              | 20.5            |
| 9      | 9              | 18.4            |
| 10     | 9              | 17.9            |
| 11     | 7              | 20.8            |
| 12     | 7              | 20.7            |
| 13     | 7              | 22.2            |
| 14     | 7              | 22.8            |
| 15     | 4              | 25.2            |
| 16     | 4              | 24.6            |
| 17     | 4              | 25.6            |
| 18     | 4              | 26.0            |

**الجدول ٧-٢ الخصائص الهندسية لأعمدة ميكانيكية**

في برنامج المينيتاب وبعد إدخال البيانات في ورقة العمل كما هو موضح على الشكل (٢٦-٢-أ) ، من قائمة (Graph) نقوم بإختيار (Scatterplot ...). نختار بعدها في نافذة (Scatterplots) الخيار (Simple) وهذا لعمل خطوط بسيط بدون أي خطوط (الشكل ٢-٢-ب)، تفتح حينها نافذة الحوار الموضحة على الشكل (٢-٢-ج) ونقوم بإدخال المتغيرات (Clearance fits) و(Diameter) كل في مكانه وهذا بإختياره ثم النقر على (Select). يمثل الشكل (٢٧-٢) خطوط التبعثر لهذه العملية الإنتاجية في المصنع.

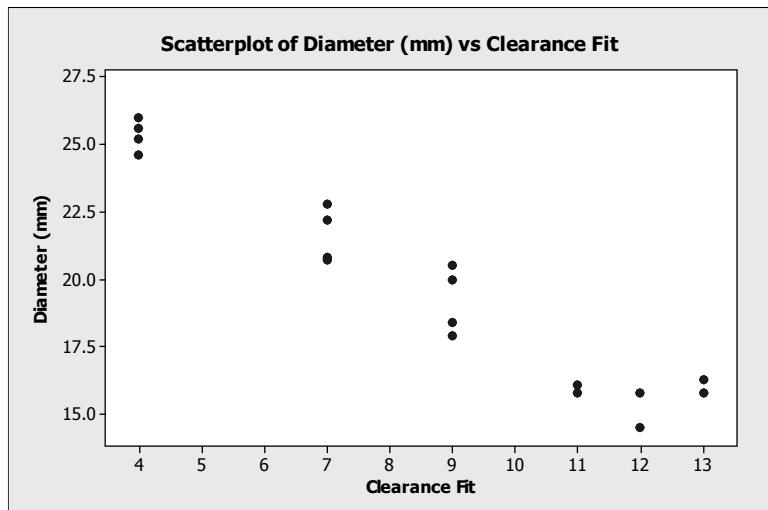


- ج -



- ب -

**الشكل ٢٦-٢** خطوات عمل مخطط التبعثر على برنامج المينيتاب



**الشكل ٢٧-٢** مخطط التبعثر للعملية الإنتاجية حسب نتيجة برنامج المينيتاب

نلاحظ من خلال مخطط التبعثر الموضح على الشكل (٢٧-٢) أن هناك ارتباطاً قوياً سالباً (Negative strong correlation) بين قطر العمود والإزاج الخلوصي، وهذا يعني أن هناك علاقة سبب ونتيجة بين المتغيرين الاثنين إذ تقييد هذه المعلومة المهندس في مرحلة تصميم الأعمدة قبل الاسترسال في عملية الإنتاج بكميات كبيرة.

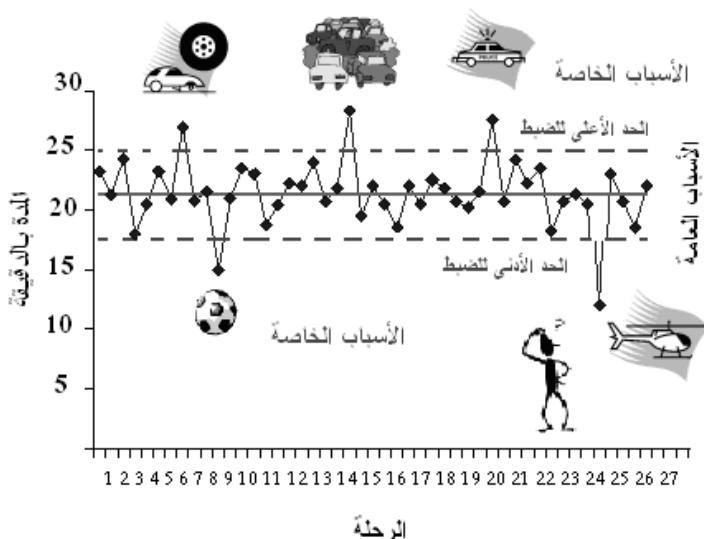
## ٩ خرائط المراقبة (Control Charts)

تعتبر هذه التقنية أساس المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control) وقد صنفها العلماء من بين الأدوات السبع الأساسية للجودة (The Seven Basic Quality Tools) ذات الاستعمال الواسع في برامج التحسين المستمر القائمة على منهجيات الستة سيجما (Six Sigma) أو في إطار برامج الجودة الشاملة. أكاد أجزم أنه لا يمكن أن تطلع على أي كتاب في الجودة في المتبة العالمية إلا وقد أفردت خرائط المراقبة للعمليات بفصل مستقل (إن لم أقل فصولاً) وهذا

لأهيتها ونهايتها في كل التطبيقات وكل المجالات التي تطوف بنا بين التطبيقات الخدمية كالخدمات الصحية والبنكية والتعليمية إلى التطبيقات الصناعية والإنتاجية.

من خلال خرائط المراقبة (أو خرائط التحكم أو خرائط الجودة) يمكن للفريق القائم على العملية تتبع أدائها خلال مختلف مراحلها ومراقبة حدوث أي مشاكل قد تؤثر على جودة المنتج أو الخدمة، حيث تسمح هذه الخرائط بتحديد نوع التغيرات الواقعة في العملية، بمعنى هل هي تغيرات طبيعية (Natural variations) أم أنها تغيرات غير طبيعية وتعود إلى أسباب خاصة (Special causes variations). ومن خلال هذه التقنية يمكن أيضاً معرفة فيما إذا كانت العملية تسير تحت المراقبة الإحصائية (Process in statistical control) وبالتالي يمكن توقع جودة منتجها، أم أنها تسير خارج الضبط الإحصائي وتحت تأثير أسباب خاصة (Process out of control) مما قد يؤدي حتماً إلى مشاكل عويصة مع جودة المنتج أو الخدمة.

قصد إعطائك فكرة عن هذه الأداة عزيزي القارئ، فقد قمت بمراقبة عملية إنتقالية من البيت إلى مقر العمل (الجامعة - مسافة ٢٢ كلم) وهذا بقياس المدة الزمنية التي تستغرقها الرحلة (بالدقيقة) وقمت برسم خريطة المراقبة لهذه العملية. يوضح الشكل (٢٨-٢) خريطة المراقبة التي تحصلت عليها والتي تبين أن مدة الرحلة في الظروف العادية تتغير بين ١٧ و ٢٥ دقيقة وهذا التغير يعتبر طبيعياً ويعود إلى الأسباب العامة كزحمة الطريق وحالتي النفسية إلى غير ذلك من الأسباب العامة. تعتبر القيمتان ١٧ و ٢٥ دقيقة كحددين للضبط الإحصائي للعملية (Control Limits) يتم من خلالهما مراقبة العملية ودراسة مدى حدوث أسباب خاصة. نلاحظ أيضاً وجود نقاط خارجة عن حدود الضبط وهي مؤشر على وقوع العملية تحت تأثير أسباب خاصة كالسرعة المفرطة (مقابلة كرة قدم مهمة في التلفزيون) أو وقوع عطل في السيارة أو تغيير المسار لوجود أعمال في الطريق وهذه الأسباب قد تؤثر تأثيراً بالغاً على مدة الرحلة مما يؤدي إلى وصولي إلى العمل متأخراً عن الدوام والمحاضرات.



**الشكل ٢٨-٢** خريطة المراقبة للرحلة بين بيتي ومقر العمل

لقد لاقت هذه الأداة استعمالات واسعة جداً في مجال العمليات الصناعية والمنظمات الخدمية (البنوك، شركات الطيران، الخدمات الصحية والتعليم) ويعتبرها الكثير من الباحثين أصل وأساس المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control - SPC). نظراً لأهمية هذه التقنية واستعمالاتها في مختلف المجالات فسوف نخصص لها أكثر من فصل وهذا لعرض خرائط المراقبة للمتغيرات وخرائط المراقبة للخواص وكذلك تطبيقاتها في دراسة مقدرة العمليات (Process Capability Analysis) ومدى تحقيقها لمواصفات العميل ومتطلباته.

# الفصل الثالث

## التوزيع التكراري واستعمالاته في تحسين الجودة والعمليات

- ١ مقدمة .
- ٢ مفهوم الاختلافات في العمليات .
- ٣ جمع وتسجيل بيانات الاختلافات في العمليات .
- ٤ وصف بيانات الجودة.
- ٥ التوزيعات التكرارية.
- ٦ تحليل التوزيع التكراري ومقاييس النزعة المركزية والتشتت وإستعمالها في التحسين المستمر للعمليات.
- ٧ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية والتشتت والجودة.
- ٨ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت باستعمال برنامج الميكروسوفت إكسيل.
- ٩ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت بإستخدام برنامج المينيتاب
- ١٠ مفاهيم العينة والمجتمع والتوزيع الطبيعي وتطبيقاتها في مجال الجودة.
- ١١ أمثلة تطبيقية عن استعمالات خصائص التوزيع الطبيعي بإستخدام برامج الميكروسوفت إكسيل والمينيتاب.



تعتمد معظم أساليب الجودة ومراقبة العمليات على أساس ومفاهيم علم الإحصاء، هذا العلم الذي يقوم على جمع البيانات وتنظيمها وتحليلها بهدف استقراء النتائج والتخاذل القرارات المناسبة التي تفيد عمليات تحسين الجودة وحل مشاكل العمليات وتحقيق متطلبات العميل والمطابقة مع المواصفات (Deming, 1986, 2000). وإن مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية والتقييس عن جودة المنتجات أو الخدمات تتطلب جمع كم هائل من البيانات واللاحظات عن العملية، وإذا عرضت هذه البيانات التي عادة ما تكون متشابهة بطريقة إنشائية ضمن التقارير الفنية أو الإدارية فإنها تكون مللة ويصعب استيعابها وقراءة مدلولاتها ولذا كان من الضروري عرض هذه البيانات بطرق وأساليب سهلة ومحبطة يوفرها لنا علم الإحصاء ويمكن حتى للعامل العادي قراءتها. ومن هذا الأساس جاء أسلوب الرقابة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control) الذي يمثل جزءاً من الضبط الإحصائي للعمليات (Statistical Quality Control).

ومن أبسط وأنجح هذه الأساليب والتقنيات نجد طريقة التوزيع التكراري للعملية (Frequency Distribution) أو المدرج التكراري (Histogram) التي تدرج ضمن الأدوات الأساسية السبع للجودة المستعملة في مراقبة وتحليل العمليات بهدف التحسين المستمر (Continuous Process Improvement). لقد اعتبر عالم الجودة فاينن يوم (Feigenbaum, 1991) في كتابة (Total Quality Control) بأن أسلوب التوزيع التكراري يعتبر طريقة للتفكير (a way of thought) والتعامل مع العمليات خلال مراحل التحسين المستمر ومراقبة جودتها. كما يعرفها العالم جوران (Juran, 2000, p. 44-9) بأنها تقنية إحصائية لتمثيل مجموعة بيانات من العمليات بطريقة تسمح بتوضيح مدى التشتت والاختلافات الموجودة في العملية ومن ثم

البحث عن الأسباب المؤدية إلى ذلك مما يسهل عملية حل المشاكل وإحداث التحسينات المناسبة في العملية الإنتاجية أو الخدمية.

## ٢ مفهوم الاختلافات في العمليات (Process Variations)

من المتفق لديه لدى علماء الجودة أن الاختلافات والتغيرات في المنتج أو الخدمة يمثلان العدو الرئيس للجودة (Variability is the enemy of quality) ويؤكد العالم إدوارد ديمنج على هذه النقطة كثيراً في طرحة الرائع في كتابة "الخروج من الأزمة" (Deming, 1986) حين يؤكد أن على الإدارة العمل على فهم التغيرات التي تحصل في العملية وفي مخرجاتها.

### ١-٢ الاختلافات في العمليات

من الواضح أن كل عملياتنا المعاصرة سواء كانت إنتاجية أو خدمية لها خاصية مشتركة في كونها ذات طابع إنتاجي كمي، فعلى سبيل المثال تنتج شركات صناعة الأدوية أعداداً هائلة من المضادات الحيوية، مثل البنوك التي تقوم بتقديم خدماتها لأعداد كبيرة من العملاء، ومن السهل جداً أن يرى أحدهنا الفروق والاختلافات التي قد يحصل عليها في عملية إيداع بنكي من فترة لأخرى، فقد لا تستغرق العملية في بعض الأحيان خمس دقائق في حين أن نفس العملية قد تحتاج إلى ساعة من الزمن في أحيان أخرى. إنه المثال الذي يمكن أن نعبر من خلاله عن الاختلافات في العمليات ومدى تأثيره على رضا العميل وعلى جودة الخدمة أو المنتج المقدم لهذا العميل. فالعلاقة الطردية بين الإختلافات والجودة واضحة، بمعنى أنه كلما زادت الاختلافات في العملية كلما سائط الجودة، ومنه فعلى فريق التحسين مدعوماً بإلتزام الإدارة العليا العمل على تقليل الإختلافات في العملية بهدف تحسين الجودة

وتحقيق رضا العملاء، ولا يتأتي هذا إلا من خلال الدراسة والتحليل لهذه الاختلافات والبحث عن الأسباب المؤدية إليها.

## ٤-٢ أسباب الاختلافات في العملية

هناك عوامل عديدة تؤدي إلى الاختلافات في خصائص المنتج وهي تعود أصلاً إلى العناصر المكونة لنظم التصنيع الحديثة التي يمكن اختصارها في العبارة (5M&E) وهي كما هو موضح على الشكل (١-٣) المواد الخام، وعوامل متعلقة بالعملة الفنية، وعوامل متعلقة بالآلات الإنتاجية، وطرق العمل، وعوامل لها علاقة بمحيط وبيئة المنظمة. فيما يلي شرح موجز لكل عنصر :

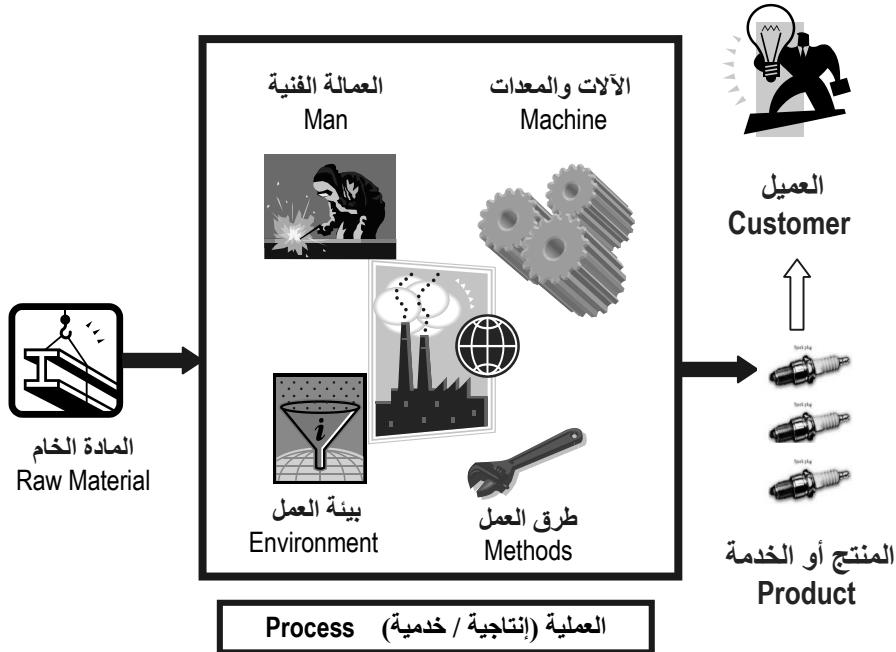
- أ- المواد (Materials): قد تكون المادة الخام المستعملة كمدخلات في نظام التصنيع عبارة عن منتجات نهائية أو نصف مصنعة من عمليات تصنيعية سابقة أو من مصادر موردة مختلفة، هذا ما يؤدي إلى اختلافات في خصائصها الفيزيائية والميكانيكية (قوية الشد، اللدونة، الصلادة، السمك أو المسامية). وقد تكون هناك اختلافات طبيعية في المادة الخام المقتناة من نفس المورد وفي نفس الدفعه، كما يمكن أن تكون المادة الخام الموردة للمنشأة ذات جودة رديئة.
- ب- العمالة الفنية (Man) : إن مهارة وكفاءة العمالة الفنية تختلف من عامل لآخر حسب مستوى التدريب والتأهيل لأداء المهام الموكلة إليه إضافة إلى سنوات الخبرة في مجال العمل. هذا الاختلاف في الكفاءات لدى العمالة الفنية يساهم بشكل كبير في الاختلافات التي تظهر في الوحدات المنتجة داخل العملية.
- ت- الآلات والمعدات (Machines): ويشمل هذا المصدر جميع التغيرات التي قد تطرأ على ماكينات الإنتاج كتأثيرها باهتزازات آلات مجاورة لها، أو التغيرات التي تحدث في مثبتات القطع وتأكل أدوات القطع المستعملة. هذه العوامل علاقة مع مقدرة العملية على تحقيق المواصفات في المنتج أو الخدمة.

ث- طرق وأساليب العمل (Methods) : قد تنتج كميات من المنتج باستعمال طريقة معينة وتنتج كميات أخرى بطريقة أخرى هذا ما يؤدي حتما إلى ظهور اختلافات تصنيعية واضحة في المنتج.

ج- ظروف البيئة ومحيط العمل (Environment)؛ تمثل الظروف البيئية أحد مصادر الاختلافات التصنيعية للوحدات المنتجة خاصة درجة الحرارة ونسبة الرطوبة.

ح- كما تساهم أيضاً في إحداث التغيرات في خصائص المنتج عوامل أخرى مثل طرق وأساليب الفحص والقياس (Inspection and Measurements) المستعملة خلال عمليات الإنتاج أو خلال عمليات فحص واختبار المنتج. فالاستعمال الخاطئ مثلاً لجهاز الميكرومتر أو القدماء ذات الورنية في قياس أبعاد القطع الميكانيكية والمشغولات قد يتربّ عليه تسجيل بيانات غير دقيقة وخاطئة عن المنتج.

وهما أن المصادر المساهمة في إحداث الاختلافات قد تحدث بطريقة عشوائية خلال مراحل الإنتاج (أو أداء الخدمة) فإنه حتماً سيتّبع مسببات عشوائية أو شائعة (Chance or Common causes for variations) لهذه التغيرات والاختلافات في خصائص المنتج. لقد أثبتت التجربة أن هذه الاختلافات التي تعود إلى المسببات العشوائية تكون بسيطة ويمكن التعامل معها بسهولة قصد ضمان جودة المنتج. كما يمكن أن تكون التغيرات في خصائص المنتج كبيرة وناجمة عن أسباب محددة أو خاصة (Assignable or Special causes for variations) يجب البحث عنها وتحديدّها من أجل إزالتها من العملية وإلا كان لها الأثر السُّلبي على جودة المنتجات أو الخدمات.



**الشكل ١-٣ أسباب الاختلافات في العمليات**

للاختلافات التصنيعية الموجودة في الوحدات المنتجة أثر سيئ على جودتها، فكلما زادت نسبة هذه الاختلافات وكبر مجالها إلا وساء مستوى الجودة، هذا لأن خصائص المنتج تكون متباينة ومشتتة عن المواصفات القياسية للمنتج المصممة خصيصاً قصد إرضاء المستهلك. إن تحسين مستوى الجودة (Quality Improvement) يعني التقليل من مجال الاختلافات التصنيعية وبالتالي إنتاج قطع حسب المواصفات وفي حدود التفاوتات المسموح بها. يقول العالم دينج أنه في إطار فلسفة إدارة الجودة الشاملة (TQM) فإن المهمة الأساسية لإدارة العليا هي فهم الإختلافات والتعامل معها لأن المشكل الأساسي لدى القيادات العليا هو الإخفاق في فهم الاختلافات.

### ٣ جمع وتسجيل بيانات الاختلافات في العمليات

من المعروف لدينا أن المنظمات الإنتاجية والخدمية تقوم بتجميع أنواع مختلفة من البيانات عن طبيعة عملها، مثل البيانات عن كمية الإنتاج المنتجة وعدد الوحدات المعيشية وخصائص المنتج ومعلومات خاصة بحالة الآلات والمعدات وحضور وانصراف الموظفين إلى غير ذلك من البيانات. وتتم هذه العملية عادة عن طريق الملاحظة المباشرة باستعمال طرق وأساليب الفحص والقياس المناسبة (Measurements and Testing) وتسجيل النتائج على جداول أو قوائم الإختبار التي تم شرحها في الفصل السابق.

حسب طبيعة البيانات، فيمكن تقسيمها إلى قسمين رئيسيين هما المتغيرات (Variables) والخواص (Attributes)، حيث تعرف بالمتغيرات جميع خصائص جودة المنتج أو الخدمة التي يمكن تحديدها عن طريق أجهزة القياس مثل الأبعاد، الأوزان والخصائص الميكانيكية للمادة أو مدة أداء مهمة ما أو تقديم خدمة معينة (مثل خدمة طيبة أو فندقية)، في حين تمثل الخواص مجموع الصفات والخصائص المؤثرة على الجودة والتي لا يمكن قياسها وإنما يتم الحكم عليها عن طريق الملاحظة البصرية أو عن طريق محددات قياس (Gages) تكشف مطابقة المنتج مع مواصفات معينة ما من عدمه، فعلى سبيل المثال يمكن تحديد عدد الكراسي الموجودة في الفصل الدراسي والتي فيها كسر أو عيب معين يمنع الاستعمال الصحيح لها من طرف الطلبة، أو عدد الأخطاء المرتكبة في تسجيل بيانات الطلبة في إدارة القبول والتسجيل في الجامعة. عادة ما تكون البيانات المجمعة عن جودة المنتجات أو الخدمات عبارة عن كم هائل من القيم العددية غير منتظمة ومتباينة. مثال بسيط على ذلك البيانات الموضحة على الجدول (١-٣) والخاص بخصوص جودة مادة معدنية تستعمل في صناعة

السيارات. من الواضح أن هذه البيانات تكون صعبة الاستخدام ولا تكون فعالة في وصف خصائص جودة المنتج، ومنه يتوجب الحصول على طريقة لترجمة البيانات وتلخيصها بحيث تسهل رؤية فيما إذا كانت هذه البيانات تجمع حول قيمة معينة أو تتشتت حولها بقدر معين. كما يكون من المهم جداً أن نقارن تشتت هذه البيانات واختلافاتها مع مواصفات التصميم التي عادة ما تحدد حسب متطلبات العميل والتي تكون ذات إرتباط وثيق مع أمن وسلامة ورفاهية العميل.

| القطعة   |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----------|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| العمق mm |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 12       | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 3        | 6  | 4  | 5 | 4 | 3 | 6 | 3 | 4 | 5 | 3 | 2 |

**المدول ٣-١** نتائج عمق اختراق كرة حديدية لسبائك ميكانيكية

#### ٤ وصف بيانات الجودة Description of the Data

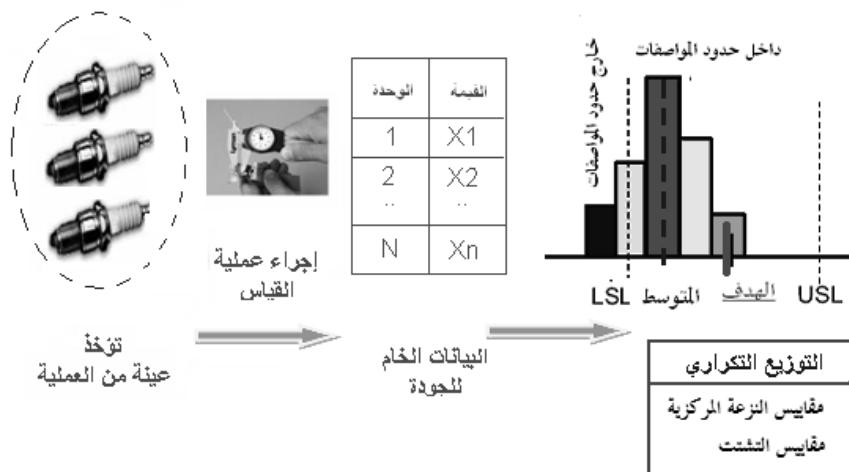
عملياً هناك طريقتان لوصف بيانات الجودة:

أ- **طريقة الرسم البياني** (Graphical method) بحيث يتم تمثيل البيانات عن طريق رسومات بيانية تسهل عملية التحليل والفهم والاستقراء، وأكثر الرسومات البيانية استعمالاً في مجال الجودة نجد التوزيع أو المدرج التكراري (Frequency Distribution / histogram) بحيث تقوم بتلخيص البيانات وتبويتها وتصنيفها إلى فئات معينة ومن ثم تحديد تكرار قيم الأعداد في كل فئة وهذا ما نطلق عليه اسم تكرار الفئة (frequency) ويتم بعد ذلك رسم قيمة التكرار لكل فئة عن طريق مدرجات تكرارية (histograms).

ب- **الطريقة التحليلية** (Analytical method) وتسمح هذه الطريقة بتلخيص بيانات الجودة عن طريق حساب معاملات لقياس النزعة المركزية (Measures of central tendency) مثلية بالقيمة المتوسطة للبيانات (Mean or Average) ومعاملات قياس التشتت (Measures of Dispersion) وهي: مجال (Value Range) ومعاملات قياس التشتت (Dispersion Measures).

القييم (Range)، والانحراف المعياري (Standard Deviation) والتباين (Variance).

يوضح الشكل (٢-٣) المفهوم الأساسي للطريقتين والتي سنقوم بعرضها في الفصل وبقية الفصول من الكتاب.



### الشكل ٢-٣ عمل التوزيع التكراري لعملية إنتاجية أو خدمية

في مجال ضبط الجودة والتحكم في العمليات (Process Control) نستعمل الطريقتين مع بعض، وتعتبر طريقة التوزيع التكراري من بين أهم تقنيات ضبط الجودة وتدرج ضمن الأدوات السبع الأساسية للجودة (Seven Basic Quality Tools) المعروفة بالسبع الرؤائع والتي عرفت استعمالات عده في مختلف المجالات الصناعية والخدمية على حد سواء. تسمح هذه التقنية بالإجابة عن أربعة أسئلة جوهرية لجودة المنتجات والخدمات:

١. هل يوجد هناك توزيع طبيعي أو عادي للعملية ؟
٢. أين هو مركز العملية ؟

٣. هل العملية قادرة على تحقيق المواصفات في المنتج أو الخدمة؟
٤. ما هي نسبة الإنتاج التي قد تقع خارج حدود المواصفات والتي قد تكون غير مطابقة للمواصفات؟

يعتبر العالم فيغن بوم (Feigenbaum, 1991, p. 352) أن تقنيات التوزيعات التكرارية هي بمثابة أسلوب تفكير (A way of Thought) يقوم على المنهجية العلمية Problem، و تستند عليه المنظمات لحل مشكلات الجودة (Scientific approach) Continuous Process solving)، وتحقيق التحسين المستمر لعملياتها (Improvements).

## ٥ التوزيعات التكرارية (Frequency Distributions)

**١-٥ التوزيع التكراري في حالة البيانات غير المجمعة** (Ungrouped Data) حتى نبني طريقة رسم التوزيع التكراري لبيانات الجودة نبدأ بمثال بسيط يمثل البيانات الموضحة على الجدول (١-٣) والذي نعيد كتابته هنا.

| القطعة | العمق mm |
|--------|----------|
| 12     | 3        |
| 11     | 6        |
| 10     | 4        |
| 9      | 5        |
| 8      | 4        |
| 7      | 3        |
| 6      | 6        |
| 5      | 3        |
| 4      | 4        |
| 3      | 5        |
| 2      | 3        |
| 1      | 2        |

**الجدول ٣-٣ نتائج عمق اختراق كرة حديدية لسبائك ميكانيكية**

رسم التوزيع التكراري لهذه البيانات نقوم أولاً بـ ملاحظة القيم المسجلة ونصنفها إلى فئات خمسة وهي في هذه الحالة وببساطة الأعداد الصحيحة (2)، و(3)، و(4)، ومنه نعيد صياغة جدول البيانات بحيث نسجل تكرار كل قيمة من هذه القيم باستخدام أسلوب الحزم (Tabulations)، فعلى سبيل المثال تتكرر القيمة (2) مرة واحدة

والقيمة (3) تتكرر أربع مرات وهكذا (الجدول (٣-٢)). وقصد توضيح الرؤية أكثر بخصوص هذه البيانات تقوم بتقديمها على شكل مدرج تكراري (Histogram) وهو عبارة عن رسم بياني يمثل تكرار الفئات على شكل مستطيلات يكون ارتفاعها متساوياً لتكرار الفئة كما هو مبين على الشكل (٣-٢).

| $f_i$<br>التكرار<br>Frequency | التكرار بالحزم<br>Tabulations | قيمة الفئة |
|-------------------------------|-------------------------------|------------|
| 1                             | I                             | 2          |
| 4                             | III                           | 3          |
| 3                             | III                           | 4          |
| 2                             | II                            | 5          |
| 2                             | II                            | 6          |

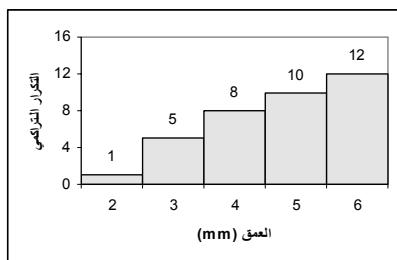
جدول ٣-٣ تصنیف البيانات وحساب التكرار لكل فئة

في مجالات ضبط ومراقبة الجودة وفي الكثير من الأحيان في المجالات الإنتاجية والخدمية يكون اهتمامنا موجهاً إلى التعرف على عدد الوحدات من المنتج أو الخدمات المقدمة التي تكون خصائصها دون (أو أكثر) من مستوى معين، مثل عدد الحالات التي زادت فيها مدة الحصول على موعد في المستشفى التخصصي للمريض أكثر من شهر. ففي مثالنا الحالي قد نسأل ما هو عدد القطع الميكانيكية التي كان عمق الاختراق فيها أقل من (5 mm)؟ وكذلك ما هي النسبة المئوية للمنتج في هذه الحالة؟ في مثل هذه الحالات تقوم باستعمال طرق أخرى لتمثيل بيانات الجودة وأهمها التوزيع التكراري المتجمع (Cumulative Frequency) والتوزيع التكراري النسبي المئوي (Percentage Relative Frequency) والتوزيع التكراري النسبي المئوي التراكمي (Percentage Cumulative Relative Frequency). الجدول التالي يبين لنا كيفية حساب قيم هذه التوزيعات التكرارية.

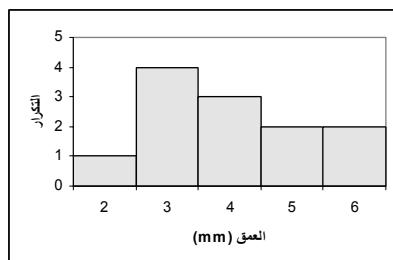
| القيمة | النسبة المئوية (%) | النسبة المئوية (%) | النسبة المئوية المئوي (%) | النسبة المئوية (%) |
|--------|--------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
|        | 1                  | 1                  | (1/12) x 100 = 8.33       | 8.33 %             |
|        | 4                  | 5                  | (4/12) x 100 = 33.33      | 41.66 %            |
|        | 3                  | 8                  | (3/12) x 100 = 25.00      | 66.66 %            |
|        | 2                  | 10                 | (2/12) x 100 = 16.67      | 83.33 %            |
|        | 2                  | 12                 | (2/12) x 100 = 16.67      | 100 %              |

### جدول ٤-٣ تبوب البيانات وحساب التكرار

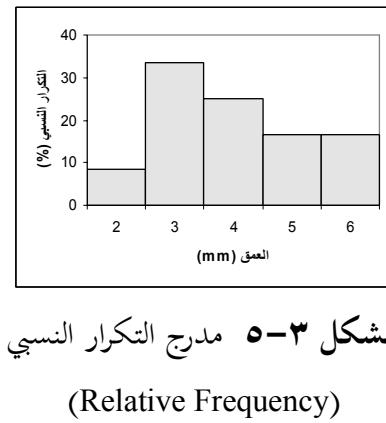
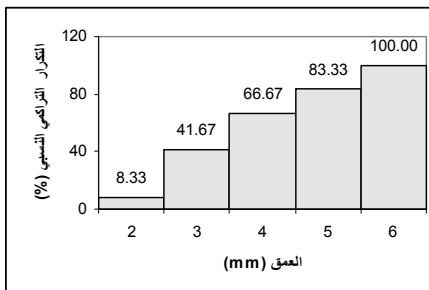
نقوم بتمثيل البيانات برسم التوزيع التكراري المتجمع الصاعد أو التراكمي (Cumulative Frequency) والتوزيع التكراري النسبي المئوي (Percentage Relative Frequency) والوزيع التكراري النسبي التراكمي (Percentage Cumulative Relative Frequency) كما هو موضح على الأشكال (٤-٣ إلى ٦-٣).



الشكل ٤-٣ مدرج التكرار التراكمي  
(Cumulative Frequency)



الشكل ٣-٣ المدرج التكراري  
(Histogram)



الشكل ٣-٥ مدرج التكرار النسبي  
(Relative Frequency)

إن تحليل هذه التوزيعات التكرارية يسمح لنا بالإجابة على أسئلة تخص جودة المنتج مثل السؤال الذي طرحته من قبل والمتعلق بعدد القطع التي كان عمق الاختراق فيها أقل من (5 mm) وكذلك النسبة المئوية للمنتج المطابقة لهذه المواصفة؟ . من جدول النتائج (٤-٢) والشكل (٦-٣) يمكن بسهولة تبيان أن عدد القطع التي تطابق هذه المواصفة هي ٨ قطع من أصل ١٢ قطعة مفحوصة وهذا ما يمثل نسبة ٦٦.٦٦ % من القطع المفحوصة أو بعبارة أخرى فإن نسبة الإنتاج الغير مطابق للمواصفة والذي قد يسبب مشاكل في جودة المنتج يعادل ٣٣.٣٣ % من المنتج الإجمالي.

## ٢-٥ خطوات عمل التوزيع التكراري في حالة بيانات عامة

في هذه الفقرة سوف نقوم بتقسيم الطريقة العامة لعمل التوزيع والمدرج التكراري في حالة بيانات حقيقية والتي تمثل الاختلافات التي قد تحدث في خصائص المنتجات الصناعية أو الخدمات.

يتم عمل التوزيع التكراري بإتباع الخطوات العملية التالية:

**الخطوة الأولى :** نأخذ عينة من العملية تحتوي على (n) وحدة ونسجل البيانات الخام للجودة.

**الخطوة الثانية :** نوجد من البيانات أكبر قيمة ( $X_L$ ) وأصغر قيمة ( $X_S$ )

**الخطوة الثالثة :** نحسب مدى البيانات (Range) والذي يمثل الفرق بين القيمتين:  

$$R = X_L - X_S$$

**الخطوة الرابعة :** قصد تبويب البيانات على فئات، نقوم بتقسيم المدى (R) إلى عدد (k) من المجالات أو الفئات المتساوية تكون فترة كل واحدة (h) بحيث تكون لدينا

$$h = R / k \quad \text{العلاقة :}$$

وأن عدد الفئات ( $k$ ) يختاره حسب عدد البيانات التي تقوم بدراستها وكما هو مبين من الجدول (٥-٣).

| عدد الفئات $k$ | حجم العينة $n$ |
|----------------|----------------|
| 7 - 5          | أقل من 50      |
| 10 - 6         | 100 - 50       |
| 12 - 7         | 250 - 100      |
| 20 - 10        | أكثر من 250    |

### الجدول ٥-٣ توصيات إيشيكawa لحساب عدد الفئات في التوزيع التكراري (Ishikawa, 1982)

يمكن تحديد عدد الفئات  $k$  بحساب قيمة الحذر التربعي لعدد البيانات الخام أي :

$$k = \sqrt{n}$$

أو باستعمال قانون ستورج (Sturge's rule) :

عند حساب مجال الفئات ( $h$ ) ينصح باستعمال قيمة تقريبية بسيطة للقيمة التي نتجت عن الكسر ( $R/k$ ) وهذا لتبسيط حساب حدود كل فئة. فمثلا قيمة 2.74 تقرب إلى 2.5 وقيمة 1.03 تقرب إلى 1 وقيمة 59 تقرب إلى 60 وهكذا.

**الخطوة الخامسة** : نقوم بتحديد مراكز الفئات وحدودها على النحو التالي:

نقوم بتعيين الحد الأدنى للفئة الأولى ويجب أن يكون هذا الحد مساويا أو أصغر من أصغر قيمة في البيانات ( $X_S$ ). عادة ما نأخذ هذا الحد كقيمة الطرح بين ( $X_S$ ) ونصف وحدة القياس الحقيقية في البيانات. فمثلا إذا كانت قيمة  $X_S = 20$  فيمكنأخذ الحد الأدنى للفئة الأولى ( $0.5-20 = 19.5$ ). ونحصل على الحد الأعلى للفئة الأولى بإضافة قيمة فترة الفئات ( $h$ ) إلى الحد الأدنى.

يمكن أن نأخذ الحد الأعلى للفئة السابقة كحد أدنى للفئة التي تلي ويحسب حدتها الأعلى بإضافة قيمة فترة الفئة وهكذا . ويجب أن يكون الحد الأعلى للفئة الأخيرة مساوياً أو أكبر من أكبر قيمة في البيانات ( $X_L$ ).

نقوم بحساب مركز كل فئة وهذا بداية من الفئة الأولى حسب العلاقة :

$$(MP_1 = X_s + h/2)$$

ثم مركز الفئة الثانية بإضافة قيمة الفترة :  $(MP_2 = MP_1 + h)$

و مركز الفئة الثالثة :  $(MP_3 = MP_2 + h)$  وهكذا حتى آخر فئة.

**الخطوة السادسة** : نقوم بإفراغ بيانات الفئات التي قمنا بحسابها في جدول ومن ثم نقوم بعد تكرار القيم التي تقع في حدود كل فئة وهذا باستعمال طريقة العد بالحزم (Tabulation) المتمثلة في استعمال خط عمودي لكل قراءة وخط مائل للقراءة الخامسة وهذا ما يسهل عملية جمع التكرارات في كل فئة.

**الخطوة السابعة** : نرسم المدرج التكراري (Histogram).

## ٦ تحليل التوزيع التكراري ومقاييس النزعة المركزية والتشتت وإستعمالها في التحسين المستمر للعمليات

إن تحليل التوزيع التكراري للعملية الإنتاجية أو الخدمية التي تقع تحت المراقبة لا يمكن أن يؤدي إلى نتائج دقيقة يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ القرارات (decision making) أو الإجراءات التصحيحية (corrective actions) إلا إذا تأكدنا من أن العملية تسير في ظروف طبيعية خلال فترة الدراسة وليس هناك أي ظروف غير عادية تؤثر عليها، ومن هذا يمكن تعميم النتائج التي نحصل عليها من دراسة التوزيع

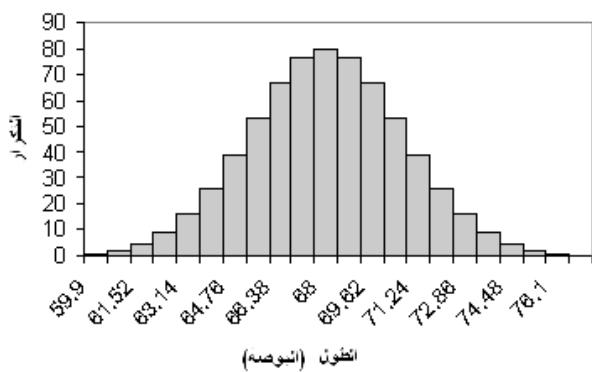
النکاري للعينة المدروسة إلى بقية العملية ويتم تحليل التوزيع التکاري بدراسة ثلاث نقاط رئيسية تخص التوزيع التکاري:

- شكل التوزيع التکاري (Forms of Distributions)
- النزعة المركزية (Central Tendency)
- التشتت والاختلافات (Dispersion and variability)

## ٦ - ١ أشكال التوزيعات التکارية

### ٦ - ١ - ١ التوزيع الطبيعي (Normal Distribution)

يعد التوزيع الطبيعي (أو العادي) أهم توزيع احتمالي للمتغيرات المتصلة التي تحدث في الطبيعة ومنحناه عبارة عن شكل جرس (bell-shaped curve). في هذا التوزيع التکاري يكون احتمال وجود القيم متناظرة بالنسبة للقيمة المتوسطة. الشكل (٩ - ٢) يبيّن التوزيع التکاري لطول عينة من طلبة كلية الهندسة.



الشكل ٩ - ٣ التوزيع التکاري الطبيعي لطول عينة من الطلبة

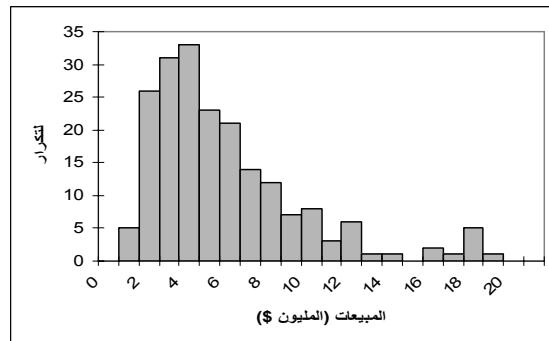
### ٦ - ١ - ٢ أشكال أخرى (عملية) من التوزيعات التکارية

في الواقع العملي توجد أشكال متعددة من التوزيعات التکارية ويمكن وصفها وتصنيفها حسب الخواص الأساسية التالية:

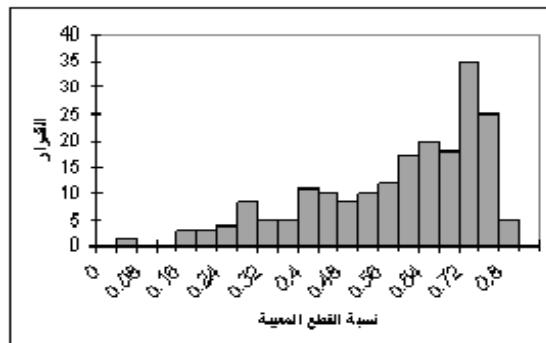
- التماش (Symmetry)
- عدد المحوال والقمم المتواجدة في التوزيع (Number of Modes and Peaks)
- تفرطح التوزيع (Peakedness of the data)

### ٦-١-٢-١ التماش والالتواز في التوزيع التكراري:

يعتبر التوزيع التكراري متماثلا (Symmetrical) إذا تمكنا من وضع محور عمودي يقسم التوزيع إلى قسمين متاظرين ومتطابقين. يمثل التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) المبين على الشكل (٩-٣) هذا النوع من التوزيعات. في الحالات الصناعية والخدمية، يصعب الحصول على توزيعات متماثلة تماما وإنما يمكن الحصول على توزيعات شبه متماثلة وتسمى التوزيعات التي يكون فيها عدم التماش واضحًا بالتوزيعات الملتوية (Skewed Distributions) ويمكن معرفتها من خلال شكلها الذي يبين أحد طرفي التوزيع مائلًا إلى جهة اليمين أو جهة اليسار وتكون القيمة العليا فيه بعيدة عن المركز كما هو موضح على الأشكال (١٠-٣) (أ) و(ب).



(أ) توزيع ملتوٌ نحو اليمين (Right Skewed Distribution)



(ب) توزيع ملتوٌ نحو اليسار (Left Skewed Distribution)

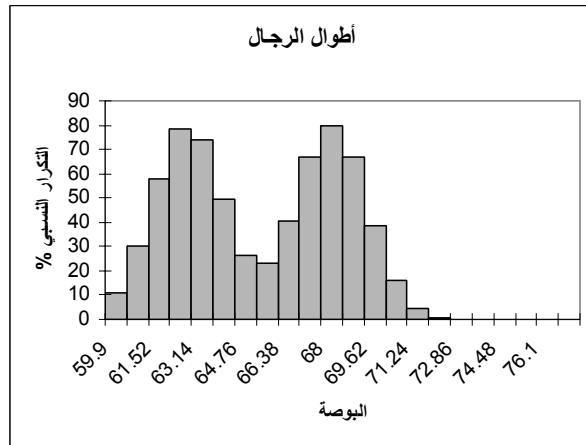
الشكل ٣ - ١٠ الالتاء في التوزيع التكراري

### ٦-١-٢-٢ عدد المنوال في التوزيع

الخاصية الثانية التي يمكن أن تميز التوزيعات التكرارية هي عدد المنوال الموجودة في التوزيع والتي تمثل عدد القسم أو القيمة العظمى الموجودة في البيانات ومنه يمكن تصنيف التوزيعات التكرارية إلى أحد الأنواع التالية:

- توزيع أحادي المنوال (One mode Distribution)
- توزيع ثنائي المنوال (Bimodal Distribution)
- توزيع متعدد المنوال (Multimodal Distribution)

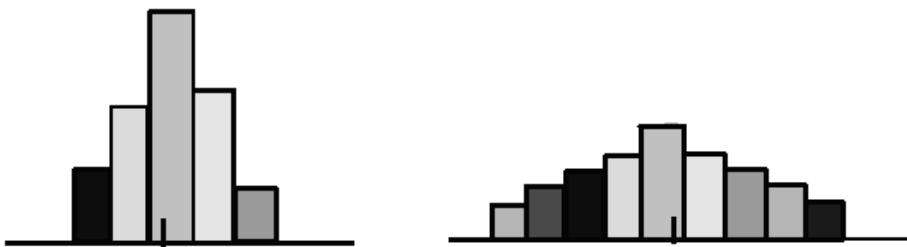
تمثل الأشكال (١٠-٣ - أ وب) توزيعات تكرارية أحادية المنوال في حين يمثل الشكل (١١-٣) توزيعا ثنائياً المنوال أين نلاحظ وجود قمتين في التوزيع وإذا زاد عدد القمم عن اثنين فيسمى التوزيع بمتعدد المنوال.



الشكل ٣ - ١١ - توزيع ثائي المنوال (Bimodal Distribution)

### ٣-٢-١-٦ التفرطح في التوزيع (Peakedness of the data)

يعتبر التفرطح من المميزات الظاهرة في التوزيعات التكرارية، إذ من خلاله يمكن قياس درجة علو قمة التوزيع مقارنة مع التوزيع الطبيعي. إذا كان التوزيع مسطحاً وغير حاد فيشار إليه بأنه كبير التفرطح (Playkurtic) وإذا كان حاداً ومدبباً فهو قليل التفرطح .(Leptokurtic)



(أ) توزيع مفرطح (ب) توزيع مدبب

الشكل ٣ - ١٢ التفرطح في التوزيع

## ٦ - ٤ مقاييس النزعة المركزية

يستعمل التوزيع التكراري في ضبط ومراقبة الجودة بكفاءة عالية وبإضافة الدراسة التحليلية لبيانات الجودة يمكن استخلاص نتائج جيدة تخص الجودة وسير العملية الإنتاجية أو الخدمية. تسمح الدراسة التحليلية بحساب معاملات عدديّة تسمح بقياس كل من النزعة المركزية لبيانات وتشتيتها. من خلال حساب معاملات النزعة المركزية يمكن تحديد موقع التوزيع التكراري ومقارنته بالمواصفات الاسمية (Nominal Specifications) التي تمثل المدف في العملية ومن ثم يمكن تحديد نسب المنتج غير المطابق للمواصفات. توجد هناك ثلاثة مقاييس للنزعة المركزية شائعة الاستعمال في مجال ضبط الجودة، وهي:

- المتوسط (Mean or Average)
- الوسيط (Median)
- المنوال (Mode)

## ٦ - ٢ - ١ المتوسط الحسابي (Arithmetic Mean) أو الوسط الحسابي

يعتبر المتوسط أهم مقاييس النزعة المركزية المستعملة في مجال الدراسات الإحصائية بصفة عامة وفي مجال ضبط الجودة بصفة خاصة. ويعرف بأنه قيمة حاصل قسمة مجموع القيم على عددها، بمعنى أنه إذا كان لدينا  $n$  من قيم البيانات  $(X_1, \dots, X_n)$  فإن متوسط هذه القيم، والذي نرمز له بـ  $\bar{X}$  يحسب حسب العلاقة التالية:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

في حالة ما إذا كانت البيانات معطاة في توزيع تكراري حيث نعلم كل قيمة وتكرارها أو معلوم لدينا الفئات والتكرارات المقابلة لها فإننا نعتبر أن التكرار يتراكم على مركز الفئة ونعرف المتوسط حسب العلاقة التالية :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i X_i}{n} = \frac{f_1 X_1 + f_2 X_2 + \dots + f_k X_k}{f_1 + f_2 + \dots + f_k}$$

أين تمثل كل من:

$n$  = مجموع التكرارات (و يساوي مجموع قيم البيانات)

$f_i$  = التكرار في الفئة (أو تكرار القيمة)

$X_i$  = قيمة مركز الفئة (أو القيمة)

$k$  = عدد الفئات (أو عدد القيم المشاهدة)

لتوضيح طريقة حساب قيمة المتوسط نأخذ المثال المبين على الجدول (٢-٣) والذي تمت دراسته في بداية هذا الباب كما سوف نستعمل هذه البيانات لتوضيح طريقة حساب بقية مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت التي سنقوم بعرضها في الفقرات الموالية. نلاحظ أنه قد تم تصنيف هذه البيانات وتقسيمها إلى خمس فئات في الجدول (٣-٣)، ومنه يمكن حساب المتوسط لهذه البيانات كما يلي :

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{2+3+5+4+3+6+3+4+5+4+6+3}{12}$$

$$\bar{X} = \frac{48}{12} = 4$$

أو باستعمال علاقة التكرار على النحو التالي:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k f_i X_i}{n} = \frac{f_1 X_1 + f_2 X_2 + \dots + f_k X_k}{f_1 + f_2 + \dots + f_k}$$

$$\bar{X} = \frac{1 \times 2 + 4 \times 3 + 3 \times 4 + 2 \times 5 + 2 \times 6}{1 + 4 + 3 + 2 + 2}$$

$$\bar{X} = \frac{2 + 12 + 12 + 10 + 12}{12} = \frac{48}{12}$$

$$\bar{X} = 4$$

نلاحظ أننا حصلنا على نفس قيمة المتوسط باستعمال الطريقتين وهذا لأننا لم نضيع أي معلومات عندما قمنا بتصنيف البيانات الخام إلى توزيع تكراري (الجدول (٣-٣)). نشير هنا أنه في بعض الحالات العملية حينما نقوم بتصنيف البيانات في فئات فإن بعض هذه البيانات قد توزع بطريقة تؤدي إلى إحداث فروق بسيطة في حساب المتوسط بالطريقتين ولكن هذا الفرق لا يكون كبيراً بحيث يؤثر على تحليل التوزيع التكراري.

## ٦ - ٢ - الوسيط (Median)

الوسيط هو أحد مقاييس النزعة المركزية، ويعرف بأنه القيمة التي تقسم قيم البيانات المرتبة ترتيباً تصاعدياً أو تنازلياً إلى قسمين بحيث يكون عدد القيم الأعلى من هذه القيمة يساوي عدد القيم الأدنى منها. يعني أنه إذا كان عدد البيانات فردياً فالوسيط هو العدد الأوسط وإذا كان عدد البيانات زوجياً فهو المتوسط الحسابي للعددين

الأوسطين. فمثلاً وسيط بيانات الجدول (٣-٢) وهي (٢, ٣, ٤, ٥, ٦) هو العدد (M=4) لأن المجموعة فيها ٥ قيم ووسيطها هو العدد الموجود في المرتبة الثالثة، بينما يكون وسيط القيم المرتبة (22, 24, 24, 30, 30) والتي عددها ٦ هو متوسط القيمتين ٢٤ و ٢٤ أي ( $M=(24+24)/2 = 24$ ).

### ٦ - ٢ - ٣ المتوال (Mode)

المتوال في مجموعة من الأعداد هو القيمة التي تتكرر أكثر من غيرها، بمعنى آخر إذا وضعت البيانات في توزيع تكراري فإن المتوال هو تلك القيمة التي يقابلها أكبر تكرار، فمثلاً في بيانات التوزيع التكراري في جدول (٣-٣) فإن القيمة ٣ لها أكبر تكرار (f=4) في المجموعة وبالتالي فإن قيمة المتوال هي :  $Mo = 3$

يمكن أن يكون التوزيع التكراري أحادي المتوال (Unimodal Distribution) مثل التوزيعات التكرارية الموضحة على الأشكال (١٠-٣) و (١٢-٣) أو مزدوجة المتوال (Bimodal Distribution) كما هو موضح على الشكل (١٣-٣) أو متعددة المتوال (Multimodal Distribution) في حالة وجود أكثر من متواول.

### ٦ - ٣ مقاييس التشتت (Measures of Dispersion)

لقد رأينا في الجزء السابق (٢-٦) مقاييس النزعة المركزية التي تسمح لنا بمعرفة مركز التوزيعات التكرارية وقد أثبتت التجارب أنه بالإمكان الحصول على عمليتين توزيعاً هما التكرارية لهما نفس المتوسط (أو الوسيط والمتوال) وهما مختلفان في نفس الوقت. ففي هذه الحالة تصبح مقاييس النزعة المركزية غير كافية لدراسة التوزيع التكراري ونلحدأ إلى حساب مقاييس التشتت في البيانات. تسمح مقاييس التشتت بتبيين مدى اختلاف البيانات فيما بينها والتغير الموجود بين وحدات المنتج أو الخدمة ومن خلالها يمكن الإجابة عن أسئلة مثل هل البيانات متقاربة مع بعضها البعض؟ أم

هي متباعدة ومتشتتة عن بعضها البعض؟ وما هو مدى التباين والاختلافات؟ ومن أهم مقاييس التشتت المستعملة في مجال ضبط الجودة هي:

- المدى (Range)

- التباين (Variance)

- الانحراف المعياري (Standard Deviation)

- وهناك مقاييس أخرى للتشتت مثل الانحراف المتوسط (Mean Deviation)

- والانحراف الربيعي (Quartile Deviation) ليس لديها أي استعمالات

- مهمة في مجال ضبط الجودة، ولهذا فسوف نركز فيما يلي على المقاييس

- الثلاثة الأولى.

### ٦ - ٣ - ١ المدى (Range)

يعرف مدى مجموعة من البيانات بأنه الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة في هذه البيانات، بحيث إذا كانت  $X_L$  تمثل أكبر قيمة في البيانات و  $X_s$  هي أصغر قيمة ،

فإن المدى:  $R = X_L - X_s$  ، فمثلاً مدى بيانات الجدول (٢-٣) فإن أكبر قيمة

هي :  $X_L = 6$  وأصغر قيمة هي :  $X_s = 2$  ، وبالتالي فإن قيمة المدى هي :

$$R = X_L - X_s = 6 - 2 = 4$$

### ٦ - ٣ - ٢ التباين (Variance)

يعتبر التباين والانحراف المعياري أهم مقاييس التشتت التي تقيس مدى انتشار القيم

عن بعضها البعض أو عن قيمة معينة.

والتبابين (Variance) هو مقياس لمدى ابتعاد القيم  $X_i$  عن القيمة المتوسطة  $\bar{X}$  للعينة

المدروسة، ويحسب حسب العلاقة التالية:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

### ٦ - ٣ - الانحراف المعياري (Standard Deviation)

يعرف الانحراف المعياري بأنه الجذر التربيعي للبيانات أي :

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

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

من أجل توضيح طريقة حساب قيم التباين والانحراف المعياري، نأخذ بيانات الجدول (٢-٣) ونعيد كتابتها هنا في الجدول التالي علماً بأنه قد تم حساب القيمة المتوسطة لهذه البيانات وهي  $\bar{X} = 4$  في الفقرة (١-٢-٦).

| القطعة   |   |   |   |               |    |   |    |                                      |   |    |    |    |                     |
|----------|---|---|---|---------------|----|---|----|--------------------------------------|---|----|----|----|---------------------|
| 3        | 6 | 4 | 5 | 4             | 3  | 6 | 3  | 4                                    | 5 | 3  | 2  | 1  | $X_i$               |
| -1       | 2 | 0 | 1 | 0             | -1 | 2 | -1 | 0                                    | 1 | -1 | -2 | -3 | $X_i - \bar{X}$     |
| 1        | 4 | 0 | 1 | 0             | 1  | 4 | 1  | 0                                    | 1 | 1  | 4  | 7  | $(X_i - \bar{X})^2$ |
| $n = 12$ |   |   |   | $\bar{X} = 4$ |    |   |    | $\sum_1^{12} (X_i - \bar{X})^2 = 18$ |   |    |    |    |                     |

### ٦-٣ حساب التباين والانحراف المعياري لبيانات العملية

ونحسب التباين لبيانات العينة:

$$v = s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

$$s^2 = \frac{18}{12-1} = \frac{18}{11} = 1.6363$$

وكذلك الانحراف المعياري لبيانات العينة:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{18}{12-1}} = \sqrt{1.6363} = 1.2792$$

إذا كانت البيانات معطاة في توزيع تكراري حيث نعلم كل قيمة وتكرارها أو الفئات والتكرارات المقابلة لها فإننا نعتبر أن التكرار ( $f_i$ ) يتراكم على مركز الفئة ( $X_i$ ) ويحسب كل من التباين والانحراف المعياري  $s$  من العلاقة التالية:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^h (X_i - \bar{X})^2 \cdot f_i}{n-1} ; \quad s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^h (X_i - \bar{X})^2 \cdot f_i}$$

وكذلك يمكن حساب كل من التباين والانحراف المعياري للبيانات نفسها والتي تم تصنيفها وتبويتها على شكل توزيع تكراري في الجدول (٣-٣) :

| $(X_i - \bar{X})^2 \cdot f_i$ | $(X_i - \bar{X})^2$ | $X_i - \bar{X}$ | $f_i$ | الفئة $X_i$ |
|-------------------------------|---------------------|-----------------|-------|-------------|
| $4 \times 1 = 4$              | $(-2)^2 = 4$        | $2 - 4 = -2$    | 1     | 2           |
| 4                             | 1                   | -1              | 4     | 3           |
| 0                             | 0                   | 0               | 3     | 4           |
| 2                             | 1                   | 1               | 2     | 5           |
| 8                             | 4                   | 2               | 2     | 6           |

$$\sum = 18$$

$$\sum = 12$$

### المدول ٧-٣ حساب التباين والانحراف المعياري لبيانات التوزيع التكراري

ومن علاقة التباين نحسب قيمته:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2 \cdot f_i}{n-1} = \frac{18}{12-1} = \frac{18}{11} = 1.6363$$

وكذلك الانحراف المعياري :

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^2 \cdot f_i} = \sqrt{\frac{1}{11} 18} = \sqrt{1.6363} = 1.2792$$

نلاحظ هنا أن هذه القيم مطابقة تماماً للقيم التي قمنا بحسابها من قبل. إن كل مقاييس التشتت التي عرضناها إلى الآن ، تعتمد على وحدة القياس المستعملة في البيانات (m, kg, s) وعادة ما نجد الحصول على مقياس للتشتت لا يعتمد على الوحدة المستعملة وهنا يستعمل معامل التغير (Variation Coefficient) وهو معرف كما يلي (Montgomery, 2004) :

$$C_x(\%) = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$

فمثلاً بالنسبة للبيانات السابقة فإن معامل التغير :

$$C_x(\%) = \frac{S}{\bar{X}} \times 100 = \frac{1.2792}{4} \times 100 = 31.98\%$$

في مجال ضبط الجودة ومراقبة العمليات عادة ما يستعمل هذا المعامل لمقارنة التغير في مجموعتين من البيانات التي تم تجميعها من عمليتين متماثلتين أو في نفس العملية الإنتاجية أو الخدمية ولكن في فترات مختلفة (Henderson, 2011)، كما سيتم توضيحه فيما بعد من خلال أمثلة من واقع العمليات.

## ٦ - ٤ مقاييس أخرى

إضافة إلى مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت، هناك مقاييس أخرى تستعمل في مجال ضبط الجودة لدراسة وتحليل التوزيعات التكرارية وهي تخص خاصيتي الالتواء والتفرطح في التوزيعات التكرارية.

### ٦ - ٤ - ١ مقاييس الالتواء (Skewness Measures)

كما تم شرحه سابقاً، يكون التوزيع التكراري متوجياً نحو اليمين أو موجب الالتواء (Positive Skewness) إذا كان طرف ذيله ممتداً نحو اليمين، أما إذا كان طرفه ممتداً نحو اليسار فإنه يقال إن التوزيع سالب الالتواء (Negative Skewness) أو متوجياً نحو اليسار (Skewed to the left) وهذا ما تم إيضاحه عن طريق الشكل (١٠-٣) (أ)

و(ب)). عملياً حتى نتمكن من معرفة نوعية الالتواه في التوزيع التكراري، نقوم بحساب مقياس الالتواه (Skewness Factor) المعروف كما يلي:

$$a_1 = \frac{3(\bar{X} - M)}{s}$$

أين يمثل كل من  $\bar{X}$  المتوسط و  $M$  الوسيط و  $s$  الانحراف المعياري للعينة. هناك مقياس للالتواه أكثر استعمالاً في مجال ضبط الجودة وهو مبني في تعريفه على العزم الثالث حول المتوسط ( $m_3$ ) ونحسبه من العلاقة التالية:

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n} = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^3 \cdot f_i}{n}$$

$X_i$  : هي مراكز الفئات في التوزيع التكراري ،  $f_i$  : تمثل التكرارات في كل فئة  $s$  : تمثل الانحراف المعياري و  $k$  : عدد الفئات في التوزيع التكراري. ويستعمل مقياس الالتواه لتحديد نوع الالتواه في التوزيعات التكرارية وهذا حسب إشارة هذا المقياس :

- إذا كان مقياس الالتواه  $a_3 > 0$  : فإن التوزيع يكون موجباً للالتواه
- وإذا كان مقياس الالتواه  $a_3 < 0$  : فإن التوزيع يكون سالباً للالتواه
- إذا كان مقياس الالتواه  $a_3 = 0$  : فإن التوزيع يكون متمائلاً (Symmetrical)
- قيمة مقياس الالتواه  $+1 = a_3$  : تدل على التواه شديد نحو اليمين، في حين
- قيمة  $-1 = a_3$  تدل على أن التوزيع شديد الالتواه نحو اليسار.

كما يمكن أن يستعمل هذا المقياس للمقارنة بين توزيعين تكراريين تم الحصول عليهما من دراسة عمليتين مختلفتين، فالتوزيع ذي مقياس أكبر يكون ملتوياً أكثر من التوزيع الثاني ومنه يتم مقارنة أداء العمليتين وجودة مخرجاتها.

## ٦ - ٤ - مقاييس التفرطح (Kurtosis Measures)

لقد سبق وأن ذكرنا أن من بين المميزات الهامة في التوزيعات التكرارية هو مقدار التفرطح في التوزيع، والتفرطح هو مقياس لدرجة علو قمة التوزيع مقارنة مع التوزع الطبيعي، وهناك مقاييس عدة للتفرطح نذكر من أهمها:

- معامل التفرطح المئيني (The Percentile Coefficient of Kurtosis)
  - معامل التفرطح العزومي (The Moment Coefficient of Kurtosis)
- ويعتبر المعامل الأخير هو الأكثر استعمالاً في مجالات ضبط الجودة ومراقبة العمليات. فمعامل التفرطح العزومي مبني على تعريفه على العزم الرابع حول القيمة المتوسطة للبيانات ( $m_4$ ) وهو معرف حسب العلاقة التالية:

$$a_4 = \frac{m_4}{s^4}$$
$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{n} = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^4 \cdot f_i}{n}$$

أين يمثل  $X_i$  : مراكز الفئات في التوزيع التكراري،  $f_i$  : تمثل التكرارات في كل فئة  $s$  : تمثل الانحراف المعياري و  $k$  : عدد الفئات في التوزيع التكراري.

معامل التفرطح ( $a_4$ ) هو مقياس يؤشر على شكل التوزيع التكراري وهو مقياس لدى ارتفاع قمة التوزيع بالنسبة للتوزيع الطبيعي (Mesokurtic) الذي يتميز بمعامل تفرطح معياري قيمته ( $a_4 = 3$ ) ومنه يمكن استنتاج ما يلي:

- إذا كان مقياس التفرطح  $a_4 > 3$  : فإن التوزيع يكون أكثر حدة من التوزع الطبيعي وهو ذات تفرطح قليل (Leptokurtic). في هذه الحالة تكون الاختلافات والتغيرات في العملية الخدمية أو الإنتاجية قليلة وبالتالي تصبح جودة العملية جيدة.

● وإذا كان مقياس التفرطح  $a_4 < 3$  : فإن التوزيع يكون أقل حدة من التوزيع الطبيعي وهو ذو تفرطح كبير (Platikurtic)، وفي هذه الحالة تكون الاختلافات والتغيرات في خصائص المنتج كبيرة مما قد يسبب في إنتاج نسب كبيرة من المنتج المعيّب والخارج عن حدود المواصفات (Out of Specification Limits).

يلاحظ هنا أن مقاييس الالتواء ومقاييس التفرطح هي معاملات بدون وحدة قياس .(Nondimensional factors)

**٦ - ٤ - ٣ مثال تطبيقي عن حساب مقاييس الالتواء والتفرطح**  
 لتوضيح طريقة حساب مقاييس الالتواء والتفرطح الذين تم عرضهما في هذه الفقرة،  
 فسنأخذ البيانات المجدولة في الجدول (٣-٣) والتي نعيد صياغتها هنا للتوضيح.

| $(X_i - \bar{X})^4 \cdot f_i$ | $(X_i - \bar{X})^4$ | $(X_i - \bar{X})^3 \cdot f_i$ | $(X_i - \bar{X})^3$ | $X_i - \bar{X}$ | الفئة التكرار $f_i$ | $X_i$         |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| $16 \times 1 = 16$            | $(-2)^4 = 16$       | $(-8) \times 1 = 8$           | $(-2)^3 = -8$       | $2 - 4 = -2$    | 1                   | 2             |
| 4                             | 1                   | $(-1) \times 4 = -4$          | $(-1)^3 = -1$       | $3 - 4 = -1$    | 4                   | 3             |
| 0                             | 0                   | $0 \times 3 = 0$              | 0                   | $4 - 4 = 0$     | 3                   | 4             |
| 2                             | 1                   | $1 \times 2 = 2$              | $1^3 = 1$           | $5 - 4 = 1$     | 2                   | 5             |
| 32                            | 16                  | $8 \times 2 = 16$             | $2^3 = 8$           | $6 - 4 = 2$     | 2                   | 6             |
| $\Sigma = 54$                 |                     | $\Sigma = 6$                  |                     | $s = 1.279$     | $n = 12$            | $\bar{X} = 4$ |

**المجدول ٨-٣ طريقة حساب مقاييس الالتواء والتفرطح**

ونحسب مقياس الالتواء كما يلي :

$$a_3 = \frac{m_3}{s^3}$$

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^3 \cdot f_i}{n} = \frac{6}{12} = 0.5$$

$$a_3 = \frac{0.5}{1.2792^3} = \frac{0.5}{2.09} = 0.2389$$

إن قيمة مقياس الالتواء لهذه العملية ( $a_3=0.238$ ) هي قيمة موجبة وصغيرة مقارنة مع القيمة المعيارية 1 وهذا يدل على أن التوزيع التكراري لهذه العملية به التواء غير حاد نحو اليمين وهذا ما يمكن ملاحظته من خلال المدرج التكراري للعملية الموضحة على الشكل (٣-٣).

كما يمكن حساب معامل التفريط العزومي لهذه العملية على النحو التالي:

$$a_4 = \frac{m_4}{s^4}$$

$$m_4 = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X})^4 \cdot f_i}{n} = \frac{54}{12} = 4.5$$

$$a_4 = \frac{4.5}{1.2792^4} = \frac{4.5}{2.676} = 1.682$$

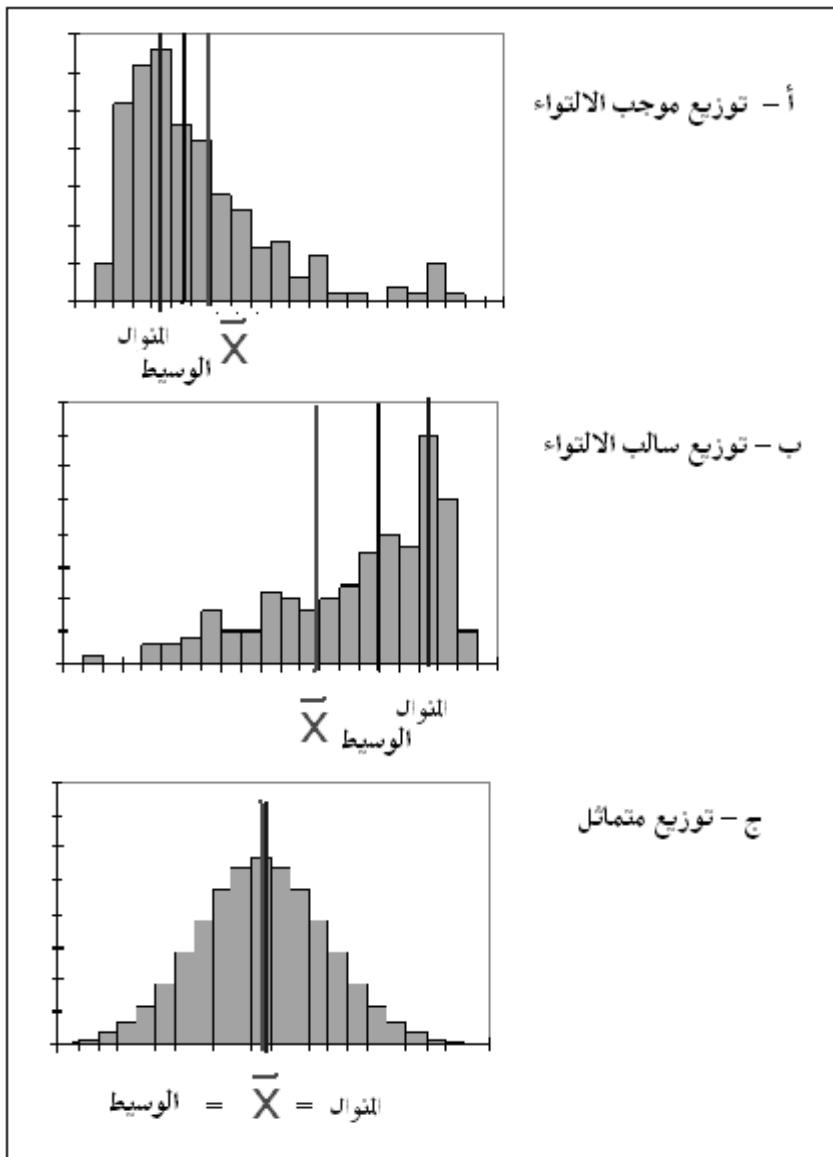
## ٧ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية والتشتت والجودة

### ٧ - ١ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية والجودة

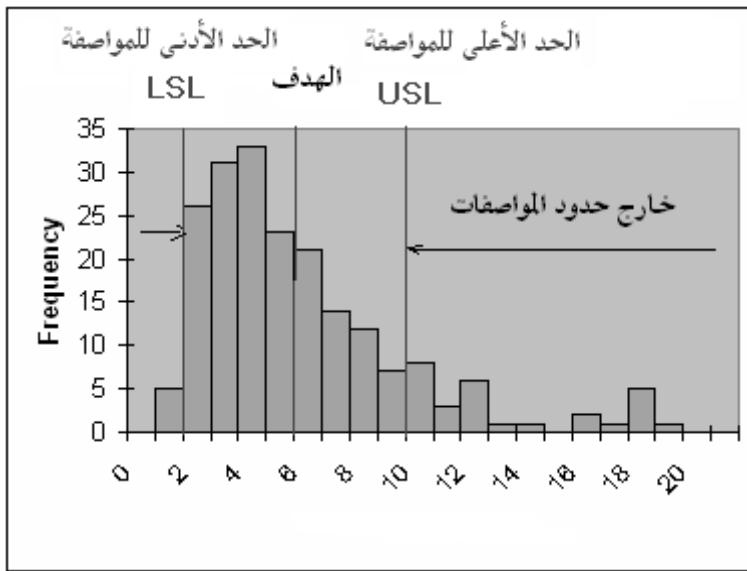
خلال دراسة التوزيعات التكرارية، تسمح مقاييس النزعة المركزية بتحديد فيما إذا كان التوزيع متماثلا (Symmetrical) أو ملتويًا (Skewed). فعندما يكون التوزيع ملتويًا نحو اليمين فإن غالبية القيم المتطرفة نحو اليمين تؤثر على المتوسط ( $\bar{X}$ ) وتسحبه نحو اليمين مما يجعل المتوسط ( $\bar{X}$ ) أكبر من الوسيط ( $M$ ) والمنوال ( $Mo$ ). الشكل (٣-٣)

(١٣) يوضح العلاقة بين مختلف المقاييس في حالات مختلفة للتوزيع التكراري (توزيع موجب أو سالب الالتواء وتوزيع متماثل). يمكنك عزيزي القارئ أن تلاحظ هذا من خلال نتائج حساب مختلف المقاييس التي قمنا بها لبيانات الجدول (٣-٣) أين تحصلنا على ( $\bar{X} = 4$ ,  $M=4$ ,  $M_0=3$ ,  $a_3=0.239$ ) وخلصنا إلى أن التوزيع فيه إلتواء موجب بقدر بسيط. أما إذا كان التوزيع متوجيا نحو اليسار، فإن المتوسط يكون أصغر من الوسيط والمنوال، وفي حالة التوزيع المتماثل فإن كل من المتوسط والوسيط والمنوال تكون لديهم نفس القيمة.

إن حدوث التواء موجب أو سالب في التوزيع التكراري دليل على وجود مشكلات في جودة العملية ويجعلنا على التساؤل عن مقدرة العملية على تحقيق المنتج حسب المواصفات. ففي هذه الحالة فإن التوزيع التكراري للعملية قد يمتد التوائه إلى خارج حدود المواصفات (الشكل ٣-٤)، ومنه يجب البحث عن الأسباب التي تؤدي إلى حدوث هذه الالتواءات في التوزيع التكراري لخصائص المنتج أو الخدمة. ففي برامج التحسين المستمر للعمليات (Process Improvement programs) هناك علاقة عامة ومتعارف عليها لدى الممارسين للجودة مفادها أنه يجب أن يكون البحث والتدقيق في ذيل التوزيع الممتد يمينا أو يسارا لأن أكثر مشاكل الجودة تكمن هناك وإذا تم التعرف على هذه الأسباب وإلغائها فإنه يمكن تحقيق مستوى أعلى من التحسين في العملية وبالتالي تحسين جودة المنتج أو الخدمة مما يؤدي إلى تحقيق رضا العميل (Deming, 2000, Maguad, 2006).



الشكل ١٣-٣ العلاقة بين مقاييس النزعة المركزية

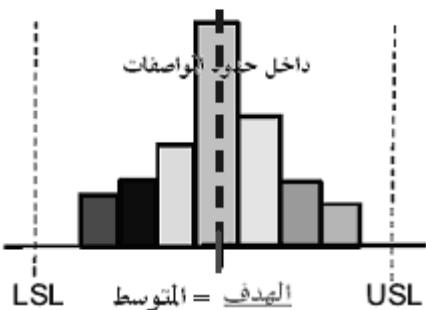


الشكل ١٤-٣ أثر الالتواء في التوزيع على جودة العملية

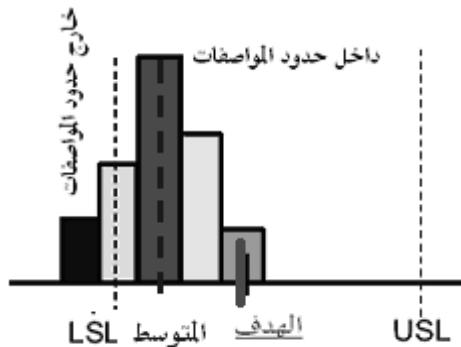
لكل عملية إنتاجية كانت ألم خدمية هدف (Target Value) حيث يمثل هذا المهد قيمه المواصفه الاسمية (Nominal Value (NV) / Nominal Value) التي من المفترض أن تنتجها العملية على الرغم من وجود الاختلافات التي أشرنا إليها سابقاً. ومن أجل تحقيق الجودة في المنتج أو الخدمة فيجب أن يكون متوسط التوزيع التكراري للعملية ( $\bar{X}$ ) مساوياً أو قريباً من القيمة المهد (NV) وهنا تكون العملية متمركزة (Centered Process). لاحظ أنه إذا لم تكن الحالة كذلك، أي أنه إذا كان هناك فرق بين القيمتين فإن العملية ستنتج منتج غير مطابق للمواصفات ويجب اتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة عليها والشكل ١٥-٣) يوضح نموذجين للتوزيع التكراري في حالة تمركز العملية وفي حالة عدم التمركز وكذلك يسمح بمعرفة فيما إذا كانت العملية تقع داخل حدود المواصفات أو خارجها وكل هذه مؤشرات مهمة جداً لتحديد مستوى جودة المنتج وتحديد فيما إذا كانت هناك إجراءات تصحيحية يجب اتخاذها

حيال العملية أو لا. لاحظ عزيزي الدارس أنه من خلال دراسة وتحليل التوزيع التكراري للعملية يمكن تحديد مقدرة العملية (Process Capability) على تحقيق المعايير وهذا ما سنراه مع بعض فيما يلي من الفصول من هذا الكتاب بإذن الله تعالى.

#### أ - عملية متتمركزة



#### ب - عملية غير متتمركزة

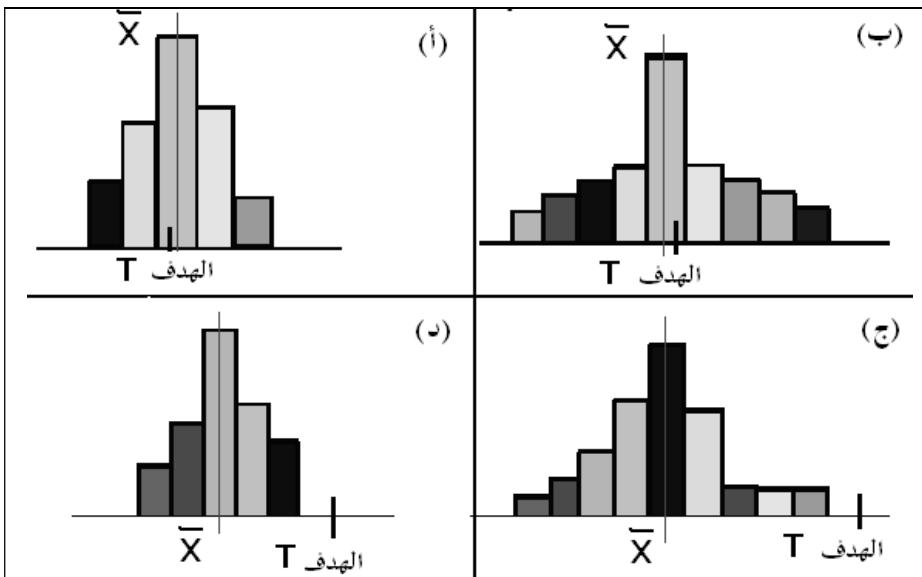


**الشكل ١٥-٣** أثر تمركز العملية على الجودة

## ٧ - ٢ العلاقة بين مقاييس التشتت والجودة

يعتبر المدى في التوزيع التكراري أبسط مقياس للتشتت والتباين في العملية (Process spread)، فهو مقياس لمدى اتساع المجال الحاصل بين أكبر قيمة وأصغر قيمة في بيانات الجودة. إذا كان هذا المدى أصغر من حدود المواصفات (USL-LSL) ( $R < USL - LSL$ ) فهذا يدل على أن التغيرات والاختلافات الحاصلة في خصائص الجودة صغيرة وبالتالي فإن مستوى الجودة سيكون عالياً، ويمثل هذا هدفاً في العملية بحيث يجب اتخاذ كل التدابير العملية لتحقيقه. وإذا كان التوزيع أوسع ومداه أكبر من مجال حدود المواصفات، فهذا مؤشر على وجود اختلافات كبيرة في العملية مما يؤدي إلى إنتاج كميات كبيرة من المنتج دون المواصفات المطلوبة من العميل. ويعتبر كذلك الانحراف المعياري مقياساً مهماً جداً لقياس مدى التشتت والتباين الحاصل في العمليات الإنتاجية والخدمية، فكلما كانت قيمة الانحراف المعياري صغيرة كلما كانت جودة العملية جيدة والعكس صحيح وهذا لأن خصائص المنتج أو الخدمة تكون أقرب للقيمة المركزية (المتوسطة) ويكون مستوى التغيرات في العملية بسيطاً وبالتالي يكون مستوى الجودة عالياً. يبين الشكل (١٦-٣) (أ) و(ب) نماذج عن توزيعات تكرارية لعمليات متمركزة وأخرى غير متمركزة.

إنه من السهل أن يلاحظ أحدنا أنه من بين النماذج الأربع المبينة في الشكل (١٦-٣) فإن الشكل (أ) الذي يمثل عملية متمركزة ومقاييس للتشتت صغيرة هو الأنسب للحصول على جودة عالية في المنتج أو الخدمة وهذا ما تسعى المنظمات إلى تحقيقه في عملياتها ولعل فلسفة الستة سيجما (٦σ) التي تطرقنا إليها في الفصل الأول هي أحد الأساليب لتحقيق ذلك بحيث تسمح هذه الفلسفة القائمة على تقليل الاختلافات في العمليات ومنه تقليل الفاقد من المنتج إلى حوالي ٣٠٤ وحدة في المليون وحدة منتجة.



|  |     |
|--|-----|
| $\bar{X} = NV$<br>المدى صغير والانحراف المعياري صغير << S >> | (أ) |
| $\bar{X} = NV$<br>المدى كبير والانحراف المعياري كبير >> S << | (ب) |
| $\bar{X} = NV$<br>المدى صغير والانحراف المعياري صغير << S >> | (ج) |
| $\bar{X} = NV$<br>المدى كبير والانحراف المعياري كبير >> S << | (د) |

الشكل ٣-٦ نماذج عن التمركز والتشتت في التوزيع التكراري

## **٨ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت باستعمال برنامج الميكروسوفت إكسيل**

من المؤكد، أنك قد لاحظت عزيزي القارئ ، أن عمل التوزيع التكراري لعملية إنتاجية أو خدمية ما وحساب جميع المعاملات الإحصائية التي نستعملها لتحليل هذا التوزيع (مقاييس النزعة المركزية والتشتت) تتطلب منا إجراء عمليات حسابية متكررة وطويلة خاصة إذا كان عدد البيانات المجمعة من العملية كبيرة، وهذا ما قد يؤدي إلى الوقوع في أخطاء حسابية قد تؤثر على التحليل الصحيح للعملية بحد ذاتها. لهذا فإن معظم المنظمات تقوم باستعمال برامج متخصصة في رسم التوزيعات التكرارية وتحليلها مثل (Minitab)، وبرنامج الميكروسوفت إكسيل (Microsoft Excel) المتوفّر في كل الحواسيب. توفر هذه البرامج على بساطتها سلسلة من الأدوات الإحصائية التي تسمح بعمل التوزيعات التكرارية وكذلك حساب مقاييس النزعة المركزية والتشتت بكل سهولة ويسر وهذا ما سوف نراه مع بعض في هذه الفقرة من خلال أمثلة من واقع العمليات الإنتاجية والخدمية ( Levine, 2006, Bass, 2007, Henderson, 2011).

### **١-٨ مثال لعمل التوزيع التكراري على برنامج الإكسيل**

بعد أحداث ١١ سبتمبر ٢٠٠١م، قامت إدارات معظم المطارات الدولية بتطبيق إجراءات أمنية مشددة أثرت على جودة الخدمات المقدمة للمسافرين، ففي مطار ميامي بفلوريدا قام مدير جودة الخدمات بسحب عينة عشوائية لبطاقات المسافرين خلال أسبوع تتكون من ٧٢ مسافراً وسجل الوقت (بالثانية) الذي استغرقه المسافر لإتمام الإجراءات الأمنية قبل ركوبه الطائرة وتحصل على النتائج المسجلة على

الجدول (٩-٣) والمرتبة تصاعديا. من خلال هذه البيانات يود مدير الجودة عمل التوزيع التكراري لها.

|     |     |     |      |      |      |
|-----|-----|-----|------|------|------|
| 35  | 339 | 650 | 864  | 1025 | 1261 |
| 38  | 340 | 655 | 883  | 1028 | 1280 |
| 48  | 395 | 669 | 883  | 1036 | 1290 |
| 53  | 457 | 703 | 890  | 1044 | 1312 |
| 70  | 478 | 730 | 934  | 1087 | 1341 |
| 99  | 501 | 763 | 951  | 1091 | 1355 |
| 138 | 521 | 788 | 969  | 1126 | 1357 |
| 164 | 556 | 789 | 985  | 1176 | 1360 |
| 220 | 583 | 789 | 993  | 1199 | 1414 |
| 265 | 595 | 802 | 997  | 1199 | 1436 |
| 272 | 596 | 822 | 999  | 1237 | 1479 |
| 312 | 604 | 851 | 1018 | 1242 | 1492 |

### الجدول ٩-٣ الوقت المستغرق لإتمام الإجراءات الأمنية في المطار

نظراً لكثرة البيانات سوف نقوم باستعمال برنامج الأكسل لإجراء العمليات الحسابية الضرورية لعمل التوزيع التكراري بحيث نبدأ بفتح ورقة إكسل جديدة ونقوم بإدخال البيانات في خانات العمود (A) مع إدخال العبارات التوضيحية المناسبة لهذا المثال كما هو موضح على الشكل (١٧-٣). سوف تتبع الخطوات التي قمنا بعرضها في الفقرة (٢-٥) من هذا الفصل، بحيث نحدد أكبر قيمة ( $X_L$ ) وأصغر قيمة ( $X_S$ ) من جدول البيانات وهذا باستعمال شريط الصيغ الحسابية والدالتين (Max) و (Min) من قائمة الدوال بالشكل التالي:

$$=Max(A5:A76) \text{ : نحسب في الخانة (D6)} \\ =Min(A5:A76) \text{ : وفي الخانة (D8)}$$

ومنه نحسب مدى البيانات ( $R=X_L-X_S$ ) ونضع النتيجة في الخانة (D10) حسب الصيغة الحسابية ( $=D6-D8$ ) وبما أن حجم العينة المدروسة هو ( $n=72$ ) فإن عدد الفئات في المدرج التكراري يمكن أن تكون ( $k=7$ ) حسب توصيات إيشيكawa للمينة في الجدول (٣-٥). نقوم بعد ذلك بحساب فترة الفئات ( $h=R/k$ ) حسب الصيغة الحسابية ( $D16=D10/D14$ ) وتكون النتيجة المتحصل عليها هي (208.14). لاحظ عزيزي القارئ أنه من الأحسن تقريب هذه القيمة وأخذ قيمة (225) مثلاً لحساب حدود الفئات والتي نحصل على قيمها المسجلة على الجدول (٣-١٠).

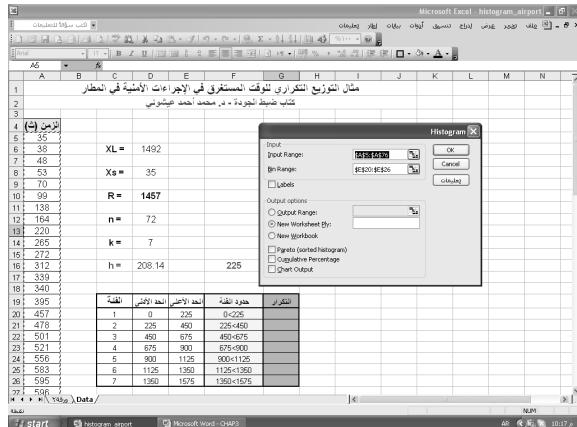
| الفئة | من   | إلى أصغر من |
|-------|------|-------------|
| 1     | 0    | 225         |
| 2     | 225  | 450         |
| 3     | 450  | 675         |
| 4     | 675  | 900         |
| 5     | 900  | 1125        |
| 6     | 1125 | 1350        |
| 7     | 1350 | 1575        |

### الجدول ١٠-٣ حدود الفئات للتوزيع التكراري



الشكل ١٧-٣ إدخال البيانات وعملية تحديد القيمة الكبرى في البيانات (XL)

من خلال شريط القوائم، نفتح قائمة "أدوات" ونختار "Data Analysis" ثم "Histogram" ونحصل على مربع الحوار المبين على الشكل (١٨-٣) أين ندخل نطاق البيانات في مربع الحوار (Input Range) وحدود الفئات الكبرى في المربع . (Bin Range)



**الشكل ١٨-٣** مربع حوار Histogram لحساب التكرار في كل فئة وبالضغط على موافق نحصل على نتائج التكرارات لكل فئة كما هو موضح على الجدول (١١-٣).

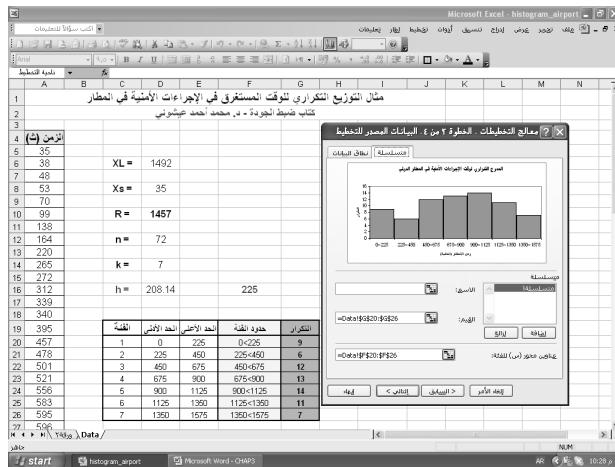
| Bin       | Frequency |
|-----------|-----------|
| 0<225     | 9         |
| 225<450   | 6         |
| 450<675   | 12        |
| 675<900   | 13        |
| 900<1125  | 14        |
| 1125<1350 | 11        |
| 1350<1575 | 7         |
| More      | 0         |

**الجدول ١١-٣** نتائج حساب تكرار الفئات المتحصل عليها من الإكسل

يمكن إعادة كتابة هذه النتائج بطريقة أوضح على الجدول (١٢-٣) وباستعمال معالج التخطيطات يمكن لنا رسم التوزيع التكراري وهذا بإتباع الخطوات التي يطلبتها منا كما هو موضح على الشكل (١٩-٣).

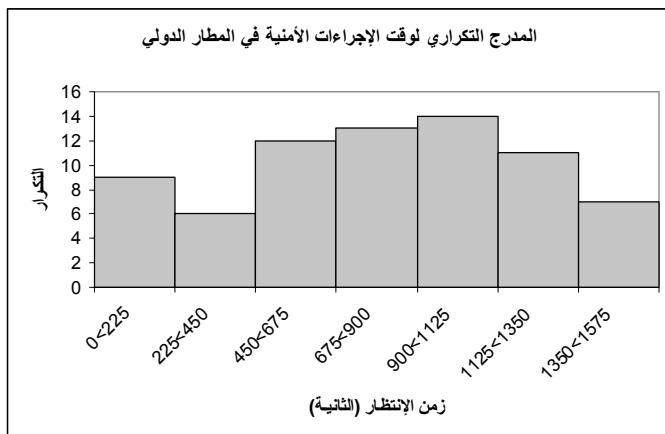
| التكرار | حدود الفئة | الفئة |
|---------|------------|-------|
| 9       | 0<225      | 1     |
| 6       | 225<450    | 2     |
| 12      | 450<675    | 3     |
| 13      | 675<900    | 4     |
| 14      | 900<1125   | 5     |
| 11      | 1125<1350  | 6     |
| 7       | 1350<1575  | 7     |

### ١٢-٣ التوزيع التكراري لمدة الإجراءات الأمنية في المطار



الشكل ١٩-٣ استعمال معالج التخطيطات لرسم المدرج التكراري

بعد الانتهاء من كل الخطوات نحصل على المدرج التكراري لعملية الإجراءات الأمنية في مطار ميامي الموضح على الشكل (٢٠-٣).



الشكل ٢٠-٣ التوزيع التكراري لزمن الإجراءات الأمنية في مطار ميامي الدولي

## ٢-٨ حساب مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت على برنامج الميكروسفت الأكسل

قام مدير أحد الفنادق السياحية بجمع بيانات حول عدد الغرف التي حجزت في عطلة نهاية الأسبوع خلال ثمانية أسابيع الأخيرة وسجل النتائج على الجدول (١٣-٣).

| الأسبوع | عدد الغرف المخبورة | العائد - رس | عدد الشكاوى الزلاء |
|---------|--------------------|-------------|--------------------|
| 1       | 22                 | 13090       | 0                  |
| 2       | 13                 | 11130       | 2                  |
| 3       | 10                 | 12320       | 1                  |
| 4       | 16                 | 16415       | 0                  |
| 5       | 23                 | 31941       | 2                  |
| 6       | 13                 | 11410       | 1                  |
| 7       | 11                 | 15092       | 0                  |
| 8       | 13                 | 12292       | 0                  |

الجدول ١٣-٣ بيانات من خدمة الفندق السياحي

بعد أن رأينا كيفية عمل التوزيع التكراري باستعمال برنامج الأكسل (الفقرة ١-٧)، سوف نوضح الآن طريقة استعمال البرنامج لحساب المعاملات الإحصائية التي قمنا بعرضها في الفقرات السابقة.

نقوم أولاً بفتح ورقة إكسل جديدة، ثم ندخل بيانات العملية بحيث نسجل رقم الأسبوع في العمود (A) وعدد الغرف المحوظة في العمود (B) والعائد في العمود (C) وعدد الشكاوى في العمود (D). ننصح هنا بإضافة عنوان للمثال وبعض التنسيقات التوضيحية كما هو موضح على الشكل (٣-٢٦) وهذا حتى يتسعى لنا الرجوع إليه بسهولة في المستقبل. لاحظ عزيزي القارئ أن لديك أكثر من طريقة لحساب المعاملات الإحصائية، فمثلاً إذا أردنا حساب القيمة المتوسطة لعدد الغرف المحوظة خلال الأسابيع الثمانية، فيمكن لنا أن نستعمل شريط الصيغ الحسابية ( $f(x)$ ) بحيث نضغط بالفأرة على الخانة (B14) أين سنضع نتيجة المتوسط، ونكتب = ومن ثم نختار من مربع حوار "إدراج دالة" دالة (AVERAGE) التي تمثل المتوسط لمجموع البيانات التي سنقوم بتحديدها المتمثل في (B12:B5) عن طريق الفأرة (الشكل ٣-٢١)). وبينس الطريقة يمكن لنا حساب بقية مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت كالانحراف المعياري أو المدى.

Microsoft Excel - hotel\_stats

Average: =AVERAGE(B5:B12)

حساب مقاييس النزعة المركزية و مقاييس المنشت لعملية إنتاجية أو خدمية  
كتاب ضبط الجودة - د. محمد أحمد عيشونى

|    | A | B            | D                  | E            | F           | G | H | I |
|----|---|--------------|--------------------|--------------|-------------|---|---|---|
| 1  |   |              |                    |              |             |   |   |   |
| 2  |   |              |                    |              |             |   |   |   |
| 3  |   |              |                    |              |             |   |   |   |
| 4  |   | الأسبوع      | عدد الغرف المحجوزة | العائد - ر.س | عدد الشكاوى |   |   |   |
| 5  | 1 | 22           | 130                |              |             |   |   |   |
| 6  | 2 | 13           | 111                |              |             |   |   |   |
| 7  | 3 | 10           | 123                |              |             |   |   |   |
| 8  | 4 | 16           | 164                |              |             |   |   |   |
| 9  | 5 | 23           | 315                |              |             |   |   |   |
| 10 | 6 | 13           | 114                |              |             |   |   |   |
| 11 | 7 | 11           | 150                |              |             |   |   |   |
| 12 | 8 | 13           | 122                |              |             |   |   |   |
| 13 |   |              |                    |              |             |   |   |   |
| 14 |   | RAGE(B5:B12) |                    |              |             |   |   |   |
| 15 |   |              |                    |              |             |   |   |   |
| 16 |   |              |                    |              |             |   |   |   |
| 17 |   |              |                    |              |             |   |   |   |
| 18 |   |              |                    |              |             |   |   |   |

وسائط الرالة

AVERAGE  
Number1: B5:B12  
Number2: B5:B12  
= 15.125  
لإدخال نسبات (أمثلة الإحصائيات) وسطيّة ولدي بذك أن يكون أرقاماً أو أسماء، أو مصفّف، أو مراجع  
نحو: على أوراق ... من 1 إلى 70... ونسبة رقمية التي تحدّد التوزيع على  
Number1: number2  
متوسطاً  
= 15.125  
للحصيلة  
متوسطاً حمل هذه الخلية

إلغاء الأمر موافق

متوسط عدد الغرف المحجوزة =  
الانحراف المعياري =

البيانات (إحصائيات الشكاوى / إحصائيات الفرق / ... )

NUM AR 04:29 م

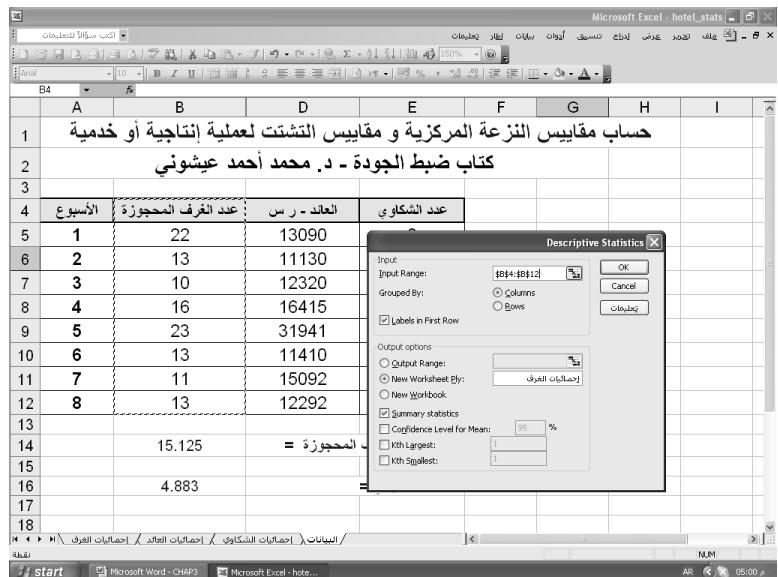
**الشكل ٢١-٣ إدخال بيانات الفندق وحساب القيمة المتوسطة**

لبرنامج الإكسيل إمكانيات جيدة في عملية التحليل الإحصائي والتي تسمح للمهتم بعلم الجودة بإجراء عمليات حسابية لجميع المعاملات والمقاييس التي تم التطرق إليها سابقاً بطريقة سهلة وسريعة. فمن شرط الأدوات نضغط على قائمة "أدوات" Descriptive Tools (الشكل ٢٢-٣) بعدها نختار "Data Analysis" (الشكل ٢٣-٢) أين نقوم بتحديد مجال البيانات الخاصة بعد العرف المتواجدة في الخلايا (B4:B12) وإختيار (Summary Statistics) ثم موافق ونحصل على النتائج المبينة على الجدول (١٤-٣) في الورقة "إحصائيات الغرف".

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet titled "hotel\_stats" with data from row 4 to 12. A context menu is open over the range B4:B12, listing options like " المتوسط" (Average), " الافتراضي" (Standard deviation), and " ...Data Analysis".

|    | A | B      | D                 | E  |
|----|---|--------|-------------------|--|
| 1  |   |        |                   | مذكرة و مقاييس التشتيت لعملية إنتاجية أو خدمية |
| 2  |   |        |                   | بط الجودة - د. محمد أحمد عيشونى                |
| 3  |   |        |                   |  |
| 4  | 1 | 22     | عدد الغرف المجوزة | العناد - رس                                    |
| 5  | 2 | 13     |                   | د الشكاوى                                      |
| 6  | 3 | 10     |                   |  |
| 7  | 4 | 16     |                   |  |
| 8  | 5 | 23     |                   |  |
| 9  | 6 | 13     |                   |  |
| 10 | 7 | 11     |                   |  |
| 11 | 8 | 13     |                   |  |
| 12 |   |        |                   |  |
| 13 |   |        |                   |  |
| 14 |   | 15.125 | =                 | متوسط عدد الغرف المجوزة                        |
| 15 |   |        |                   |  |
| 16 |   | 4.883  | =                 | الانحراف المعياري                              |
| 17 |   |        |                   |  |
| 18 |   |        |                   |  |

الشكل ٢٢-٣ الخطوات الأساسية لحساب المقاييس الإحصائية على الإكسل



الشكل ٢٣-٣ تحديد البيانات لحساب المقاييس الإحصائية على الإكسل

| عدد الغرف المحجوزة |        |
|--------------------|--------|
| Mean               | 15.125 |
| Standard Error     | 1.726  |
| Median             | 13     |
| Mode               | 13     |
| Standard Deviation | 4.883  |
| Sample Variance    | 23.839 |
| Kurtosis           | -0.604 |
| Skewness           | 0.950  |
| Range              | 13     |
| Minimum            | 10     |
| Maximum            | 23     |
| Sum                | 121    |
| Count              | 8      |

الجدول ١٤-٣ المعاملات الإحصائية لعدد الغرف المحجوزة في الفندق

يمكن لنا إعادة نفس الخطوات لحساب القيم الإحصائية للعائد وعدد شكاوي النزلاء ونحصل على النتائج المسجلة في الجدول (١٥-٣).

| العائد (رس) | الشكاوي    | عدد الغرف المحجزة | المعاملات الإحصائية |                   |
|-------------|------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| 0.75        | 15461.25   | 15.125            | Mean                | المتوسط           |
| 0.313       | 2439.756   | 1.726             | Standard Error      | الانحراف المعياري |
| 0.5         | 12705      | 13                | Median              | الوسيط            |
| 0           | -----      | 13                | Mode                | المنوال           |
| 0.786       | 47619274.5 | 23.839            | Sample Variance     | التبابن           |
| -1.481      | 6.381      | -0.604            | Kurtosis Factor     | معامل التفرطح     |
| 0.615       | 2.465      | 0.950             | Skewness Factor     | معامل الالتواز    |
| 2           | 20811      | 13                | Range               | المدى             |
| 0           | 11130      | 10                | Minimum             | أصغر قيمة         |
| 2           | 31941      | 23                | Maximum             | أكبر قيمة         |
| 6           | 123690     | 121               | Sum                 | مجموع القيم       |
| 8           | 8          | 8                 | Count               | عدد القيم         |

**الجدول ١٥-٣** المعاملات الإحصائية لـكامل العملية الخدمية في الفندق

## ٩ عمل التوزيعات التكرارية وحساب مقاييس النزعة المركزية

**ومقاييس التشتت بـاستخدام برنامج المينيتاپ (**Histograms and

(statistical analysis using Minitab

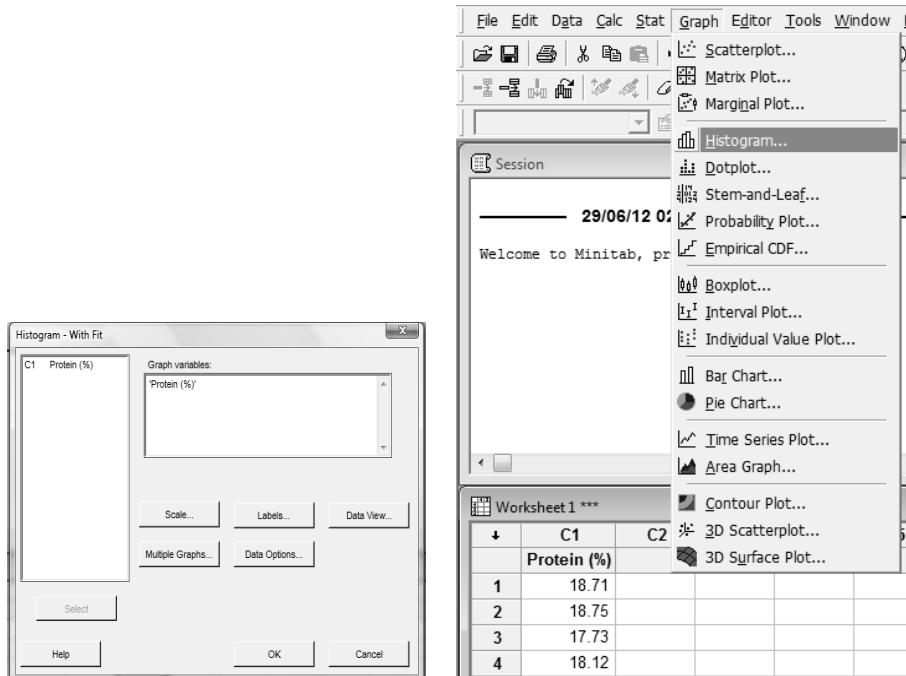
قصد توضيح أهمية تقنية التوزيع التكراري وإمكانية استعمالها في مجالات مختلفة غير مجالات التشغيل الإنتاجي قمنا باختيار المثال التالي من تجارب مخبرية عن محتويات

غذاء حيواني من البروتينات حيث تمأخذ عينة تحتوي على ٢٨ كيس من الغذاء الحيواني المنتج وأجريت عليها فحوصات تسمح بتسجيل النسبة المئوية للبروتينات في كل عينة ورصدت نتائج الفحوصات على الجدول (١٦-٣). سوف نقوم بحل المثال عبر استعمال برنامج المينيتاب الذي يوفر إمكانات هائلة في مجال التحليل الإحصائي لبيانات العمليات.

|       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 17.47 | 17.95 | 18.91 | 18.87 | 18.35 | 18.44 | 18.71 |
| 18.6  | 18.8  | 18.84 | 19.41 | 18.82 | 18.19 | 18.75 |
| 19.01 | 18.28 | 18.6  | 19.46 | 18.08 | 18.24 | 17.73 |
| 18.40 | 19.26 | 18.64 | 19.46 | 19.23 | 18.53 | 18.12 |

### الجدول ١٦ - النسبة المئوية من البروتينات في عينات من غذاء حيواني

لعمل التوزيع التكراري على برنامج المينيتاب نقوم بإدخال البيانات في عمود واحد (C1) ومن قائمة (Graph) نقوم بإختيار (Histogram) (الشكل ٢٤-٣-أ) ونحصل على نافذة حوار (Histogram) أين نختار (With Fit) وفي نافذة الحوار التالية نختار في (Graph Variables) البيانات الموجودة في (C1) وهذا بتحديدتها ثم الضغط على خيار (Select) (الشكل ٢٤-٣-ب) ثم (OK) لنحصل على المدرج التكراري المبين على الشكل (٢٥-٣).

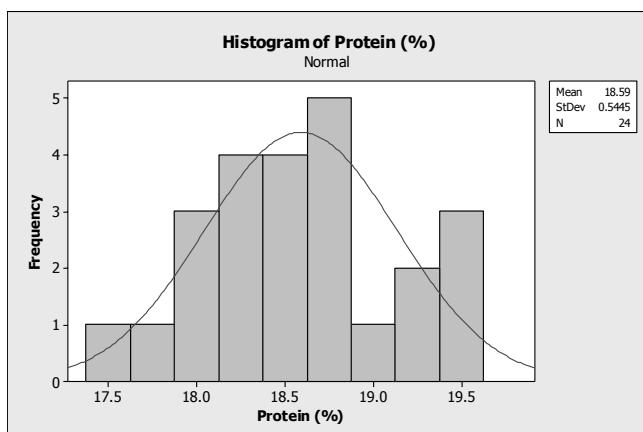


- ب -

- أ -

خطوات عمل التوزيع التكراري على برنامج المينيتاب

**الشكل ٢٤-٣**



التوزيع التكراري لبيانات البروتينات (%) في الغذاء الحيواني

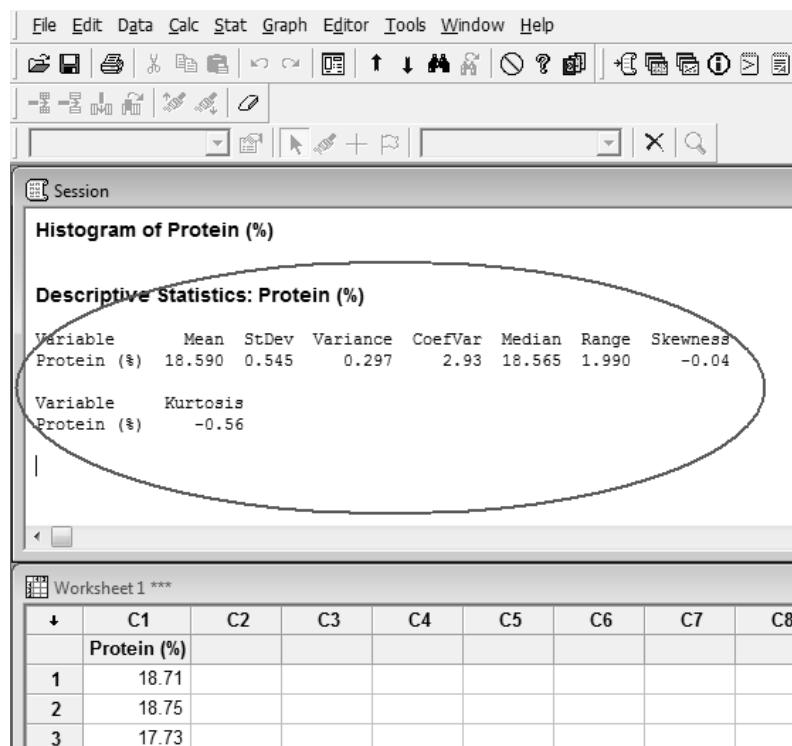
**الشكل ٢٥-٣**

يسمح برنامج المينيتاب بإجراء الحسابات لمقاييس النزعة المركزية والتشتت بكل سهولة ويسر وهذا من خلال قائمة Basic Statistics (Stat) حيث نختار (Stat) ومن ثم (الشكل ٣-٢٦). (Display Descriptive Statistics ...).



**الشكل ٣-٢٦** الخطوات العملية لحساب مقاييس النزعة المركزية والتشتت على برنامج المينيتاب

وفي مربع الحوار (Variables) نختار في (Display Descriptive Statistics ...) البيانات الموجودة في (C1)، كما يمكن اختيار مجموع المقاييس والمعاملات الإحصائية التي نود حسابها وهذا من خلال الضغط على مربع (Statistics) (الأشكال ٢٦-٣-ج). نحصل بعد ذلك على النتائج الموضحة على الشكل (٢٧-٣).



الشكل ٢٧-٣ نتائج حساب مقاييس النزعة المركزية والتشتت لبيانات الغذاء الحيواني

## ١٠ مفاهيم العينة والمجتمع والتوزيع الطبيعي وتطبيقاتها في مجال الجودة

### ١-١٠ مفهوم العينة والمجتمع

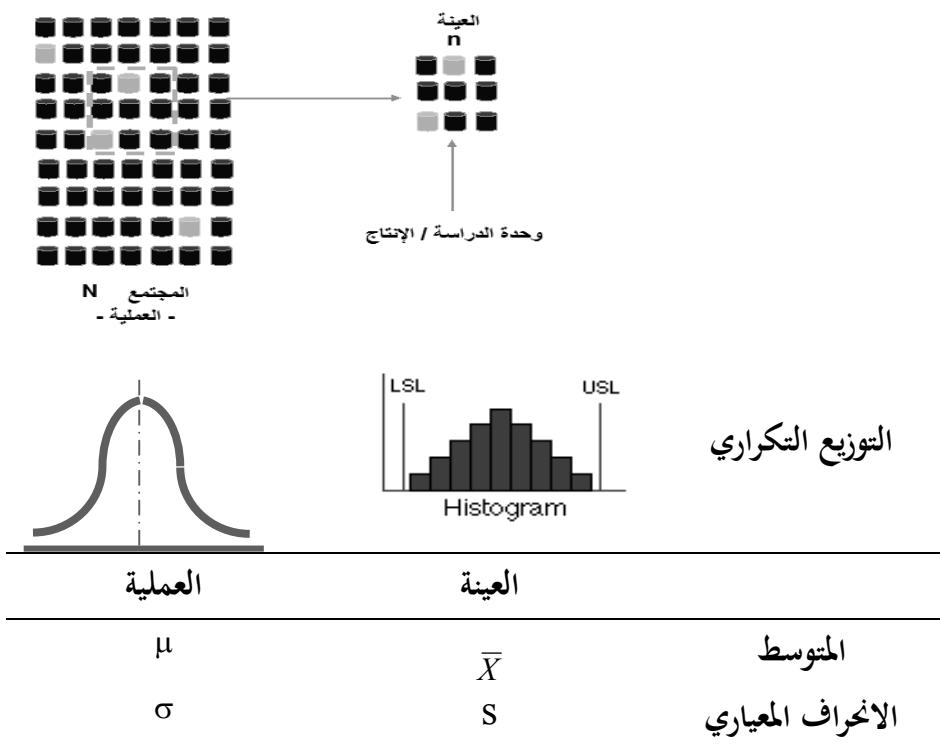
من خلال ما تم عرضه فيما سبق يمكن أن تلاحظ عزيزي القارئ أنه من أجل دراسة جودة أي عملية إنتاجية أو خدمية من الضروري سحب عينة (Sample) من مجتمع العملية (Population) الذي يمثل مجموع الوحدات المنتجة أو الخدمات المقدمة خلال فترة الدراسة. قد يتساءل أحدهنا لماذا لا نفحص جميع وحدات مجتمع العملية وتكون بذلك النتائج دقيقة؟ الإجابة على هذا التساؤل تكمن في كون أن عملية الفحص تستغرق وقتاً طويلاً وهي في أغلب الأحيان عملية مكلفة مادياً إضافة إلى أنها قد تكون ذات طابع إتلافي (Destructive testing) أي أن الوحدات المفحوصة تتلف وتصبح غير صالحة للاستعمال بعد عملية الفحص، مثل عملية تحديد الخواص الميكانيكية للمعادن.

لقد أثبتت التجربة العملية أنه بالإمكان تحديد خصائص العينة المتمثلة في توزيعها (مدرجها) التكراري، قيمتها المتوسطة ( $\bar{X}$ ) والانحراف المعياري للعينة (S) ومن ثم تطبيقها على كامل العملية ومنه يمكن استقراء خصائصها المتمثلة في منحنى التوزيع التكراري، المتوسط ( $\mu$ ) والانحراف المعياري ( $\sigma$ )، وحتى تكون النتائج دقيقة فيجب أن تكون العينة المسحوبة من العملية بها عدداً كافياً من الوحدات أو الملاحظات وقد اختيارت بطريقة عشوائية تسمح للعينة بأن تكون ممثلة للمجتمع المدروس (الشكل ٣-٢٨). (Besterfield, 1998, Groebner et al. 2005).

من خلال هذه العملية يمكن وبدقة استنتاج ما يلي :

- القيمة المتوسطة للعملية ( $\mu$ ) = القيمة المتوسطة للعينة ( $\bar{X}$ )
- الانحراف المعياري للعملية ( $\sigma$ ) = الانحراف المعياري للعينة (S).

بيانيا يمثل المدرج التكراري التغيرات والاختلافات الحاصلة في العينة، ومن خلاله يمكن استنتاج منحنى توزيع العملية المعرف بالخصائص ( $\mu$ ,  $\sigma$ ).



الشكل ٢٨-٣ مفهوم المجتمع والعينة

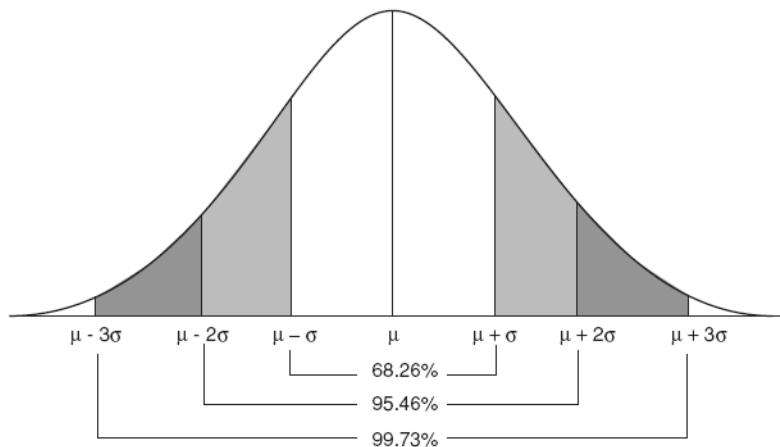
## ٢-١٠ خصائص منحنى التوزيع الطبيعي

يمكن وصف العديد من خصائص العمليات الإنتاجية والخدمية بمنحنى التوزيع الطبيعي (Normal Distribution curve) المبين على الشكل (٢٩-٣)، يسمى هذا التوزيع بالمنحنى الجرسى أو الجوسى (Gaussian Curve) على إسم العالم الرياضي الألماني (Gauss) الذي قام بتحديد خصائصه عن طريق التجارب ويستعمل التوزيع الطبيعي بشكل عملي مفيد في مجال ضبط الجودة لتحديد نسبة الإنتاج

المعيب خلال عمليات التصنيع وحساب إحتمالية الوقوع في الأخطاء والعيوب التي تؤثر سلبا على مقدرة العمليات على تحقيق مواصفات الجودة حسب رغبات ومتطلبات العميل (Besterfield, 1998, Groebner et al. 2005).

من خصائص منحني التوزيع الطبيعي نذكر ما يلي:

- المنحنى متوازن بالنسبة للقيمة المتوسطة للعملية  $\mu$ .
  - تقع قمة المنحنى عند المتوسط  $\mu$ .
  - يعتمد التوزيع الطبيعي على معلمتين وهما المتوسط  $\mu$  والتباين  $\sigma^2$ .
  - يعتمد مركز التوزيع على قيمة المتوسط  $\mu$  في حين يعتمد شكله على قيمة الانحراف المعياري  $\sigma$ ، بحيث يزيد تشتت التوزيع كلما كبرت قيمة الإنحراف المعياري.
  - يمثل المنحنى نسبة 100% من خصائص العملية بمعنى أن المساحة الواقعة تحت المنحنى تساوي 1.00، ومن خلال هذا يمكن تحديد نسبة خصائص العملية الواقعة في حدود معينة كما يلي (الشكل (٣-٢٩)):
- أ- 68.26% من خصائص العملية تقع في المجال  $\mu \pm \sigma$ .
- ب- 95.46% من خصائص العملية تقع في المجال  $\mu \pm 2\sigma$ .
- ت- 99.73% من خصائص العملية تقع في المجال  $\mu \pm 3\sigma$ .



**الشكل ٣ - ٢٩** منحني التوزيع الطبيعي مبين عليه النسب المئوية للمنتج داخل حدود معينة محسوبة بدلالة الانحراف المعياري ( $\sigma$ )

### ٣- استعمال منحنى التوزيع الطبيعي في مجال الجودة

من خلال التجربة العملية تأكيد أن منحنى التوزيع الطبيعي يصف التغيرات في العديد من العمليات الإنتاجية مثل الخصائص الهندسية للمنتجات (الأبعاد الميكانيكية، الأوزان، عمر المنتجات إلى غير ذلك) وخصائص العمليات الخدمية (زمن أداء مهمة، عدد الفواتير المنجزة إلخ..). الدالة الرياضية التي تمثل هذا المنحنى هي دالة أسيّة (Exponential function) تكتب على النحو التالي:

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

حيث لدينا:

(Probability density function)  $f(x)$  : دالة توزيع كثافة الاحتمال

$x$  : قيمة المتغير الذي يقع في المجال  $(-\infty, +\infty)$ .

$\mu = 3.145$  و  $\sigma$  : تمثل متوسط العملية

يمكن وضع القيمة  $\frac{x-\mu}{\sigma}$  والتي تمثل العلاقة بين المتغير  $(X)$  والمتوسط  $(\mu)$  والانحراف المعياري  $(\sigma)$  كمعامل طبيعي معياري  $(Z)$  (Standardized Normal) بحيث:

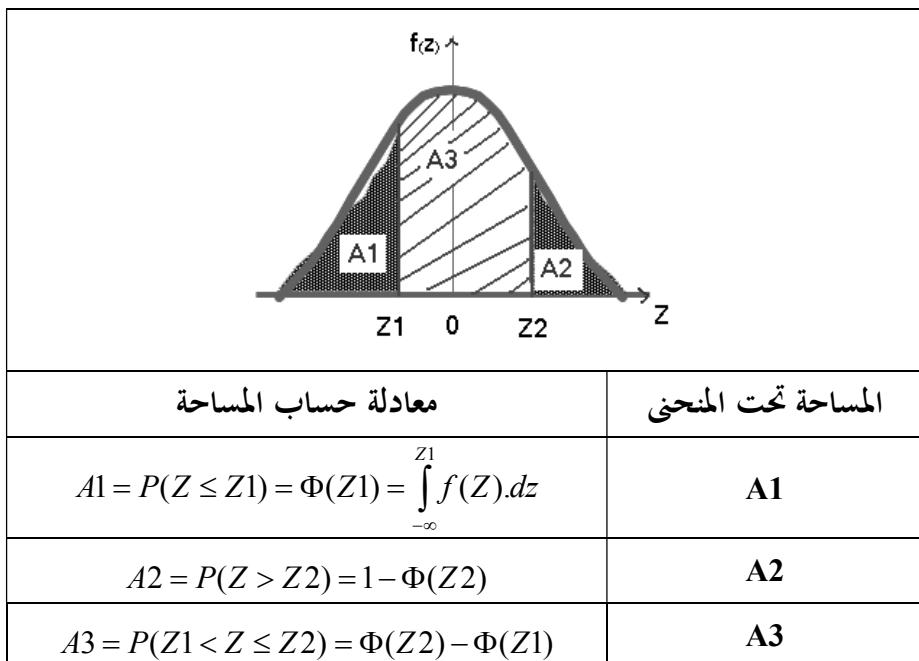
$$Z = \frac{x-\mu}{\sigma}$$

وتصبح معادلة منحنى التوزيع الطبيعي مبسطة على النحو التالي:

$$y = f(Z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}Z^2}$$

وتسمى هذه المعادلة بمعادلة التوزيع الطبيعي المعياري الذي يكون له متوسط  $(\mu=0)$  وانحرافه المعياري  $(\sigma=1)$ . يمكن أن نلاحظ من هنا أن قيمة المعامل الطبيعي المعياري

(Z) قد تمثل مثلاً القيم ١ ، ٢ و ٣ التي تحدد المساحة التي تنضوي تحت منحنى التوزيع ومحصورة بين الحدود  $(\mu \pm Z\sigma)$  حسب ما تم توضيجه على الشكل (٢٩-٣). في الواقع العملي لا تستعمل معادلة التوزيع الطبيعي لحساب نسبة المنتج داخل حدود معينة بدلالة قيمة (Z) وإنما توجد هناك جداول معيارية تسمح بحساب ذلك كما هو موضح على الشكل (٢٧-٣). بالإمكان حساب نسبة المشاهدات من العملية التي تقع في مجال معين وهذا بحسب قيمة المعامل (Z) ومن ثم تحديد المساحة الواقعية تحت المنحنى وبين قيم (Z) من خلال الجدول الملحق وكما سنرى مع بعض فإن لهذه الطريقة تطبيقات مهمة في مجال ضبط الجودة ومراقبة العمليات كحساب احتمالات إنتاج منتج (أو حدوث خصائص المنتج) في حدود مواصفات معينة أو تقسيم خدمة بنكية معينة في زمن قياسي معين.



الشكل ٣٠ حساب احتمال حدوث وحدات من المنتج في حدود معينة عن طريق التوزيع الطبيعي

## ١١ أمثلة تطبيقية عن إستعمالات خصائص التوزيع الطبيعي باستخدام برامج الميكروسوف特 إكسيل والمينيتاب

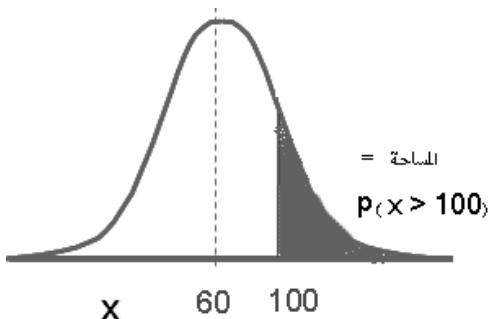
### ١-١١ إستعمال برنامج الإكسيل لحساب إحتمالية وقوع حدث ما بناء على خصائص التوزيع الطبيعي للعمليات

من خلال التجارب السابقة على نظام تصنيعه يعلم مدير الإنتاج لدى شركة تصنيع مصابيح كهربائية أن عمر المصايبع المنتجة يتبع التوزيع الطبيعي. سُجِّلت عينة تتكون من عشرين مصباحاً وأجريت عليها دراسة إحصائية ووُجِد أن المتوسط في العينة يساوي ستين يوماً والانحراف المعياري يساوي ٢٠ يوماً. المطلوب تحديد نسبة المصايبع المنتجة في المصنع والتي يتوقع أن تستغل أكثر من مائة يوم.

الحل يمكن في تحديد المساحة الموجودة تحت المنحنى الطبيعي بحيث تكون قيمة ( $X > 100$ ). أولاً: نقوم بحساب القيمة المعيارية :

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} = \frac{100 - 60}{20} = +2.00$$

ومن الجدول (A1) في الملحق A، نجد أن قيمة الاحتمال الذي يقابل قيمة ( $Z = +2.00$ ) هي 0.9773. نشير هنا أن هذا الاحتمال يمثل المساحة الواقعية تحت المنحنى والموجودة بين الحدود ( $100 < X < \infty$ )، وبما أن المساحة الإجمالية الواقعية تحت المنحنى ( $X < +\infty$ ) تساوي 1.00 فإن المساحة الموجود في المجال ( $X > 100$ ) والتي تمثل احتمال أن يعمل المصباح لأكثر من 100 يوم تساوي:  $1 - 0.9773 = 0.0227 = 2.27\%$  ومنه نستنتج أن نسبة الإنتاج من المصايبع التي يتوقع أن تعمل لأكثر من 100 يوم هي 2.27% من مجموع الإنتاج.

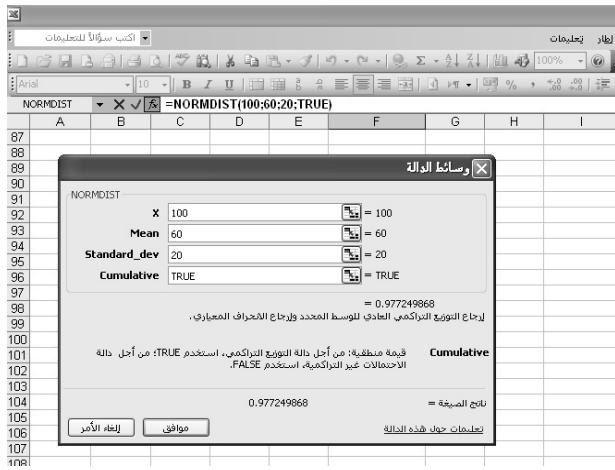


**الشكل ٣١-٣** التوزيع الطبيعي لعمر المصايد كهربائية

يسمح ببرنامج الإكسل بإجراء هذه الحسابات حسب الطريقة التالية:

- من شريط الأدوات إضغط على شريط الصيغ الحسابية (fx) لإدراج دالة.
- من مربع تحديد دالة اختر إحصاء ومن قائمة تحديد دالة اختار NORMDIST ثم موافق.
- في مربع وسائط الدالة الذي سيظهر أدخل قيمة في مربع X والقيمة المتوسطة في مربع Mean وقيمة الانحراف المعياري في مربع Standard\_dev وفي مربع Cumulative أدخل TRUE ثم اضغط على موافق.

لاحظ أنه لما قمنا بإدخال بيانات المثال السابق في الإكسل كما هو موضح على الشكل (٣٢-٣) أدناه، فقد تحصلنا على نفس القيمة التي وجدناها عن طريق الجدول (A1) سابقا.



**الشكل ٣٢-٣ حساب قيم احتمال وقوع قيم في مجال معين على إكسيل**

## ٢-١١ إستعمال برنامج المينيتاب لحساب إحتمالية وقوع حدث ما بناء على خصائص التوزيع الطبيعي للعمليات

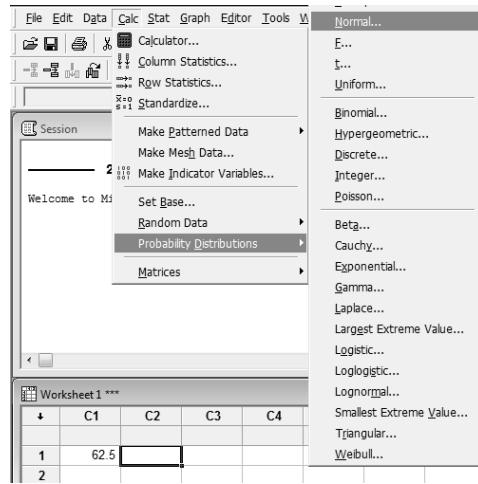
من خلال سجلات شركة صناعة الخرسانة التي تورد لأحد المشاريع الإنسانية الهامة، تبين أن توزيع مقاومة الضغط للخرسانة (compressive strength) في العملية الإنتاجية يتبع التوزيع التكراري بمتوسط (60MPa) وإنحراف معياري (1MPa). إذا أخذنا عينة عشوائية من الخرسانة فما هو إحتمال أن تكون مقاومة الضغط :

- أ- أقل من (62.5 MPa) أو يعني آخر ما هي نسبة إنتاج الخرسانة التي تكون مقاومتها للضغط أقل أو تساوي (62.5 MPa)؟
- ب- محضورة بين (58MPa) و(59)?
- ت- ما هي المقاومة للضغط التي تتعداها نسبة ٩٥ بالمائة من المنتج.

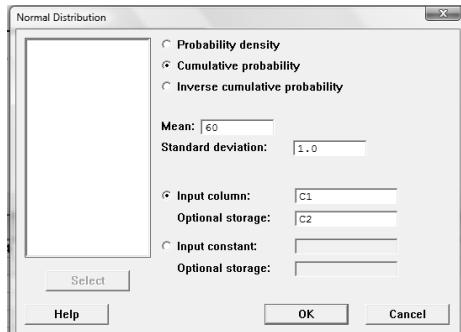
## الحل

أ- بعد فتح برنامج المينيتاب، نقوم بإدخال قيمة (62.5) في الخلية الأولى من عمود (Normal). ثم من قائمة (Calc) نختار (Probability distributions) ثم (C1)

(الشكل ٣-٣-أ). نقوم بإدخال بيانات العملية أي القيمة المتوسطة (Mean) والإنحراف المعياري (Standard deviation) كما هو موضح على الشكل (٣-٣-٣) بـ (C2) ثم إضغط على (OK). لنحصل على قيمة الإحتمال المسجل في الخانة (C2) والمتمثلة في قيمة: ( $p=0.99379$ ) أو عبارة أخرى أن إحتمال إنتاج خرسانة بشدة مقاومة للضغط أقل من (62.5MPa) تساوي % 99.38.



- أ -



- ب -

خطوات حساب إحتمال حدوث حدث ما بإستعمال التوزيع الطبيعي في برنامج المينيتاب

**الشكل ٣-٣**

ب - بنفس الطريقة نحسب إحتمال قيمة (58) و (59) ونحصل على النتائج التالية في مربع العمل (Session window) :

### Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 60 and standard deviation = 1

|    |               |
|----|---------------|
| x  | $P(X \leq x)$ |
| 58 | 0.0227501     |

### Cumulative Distribution Function

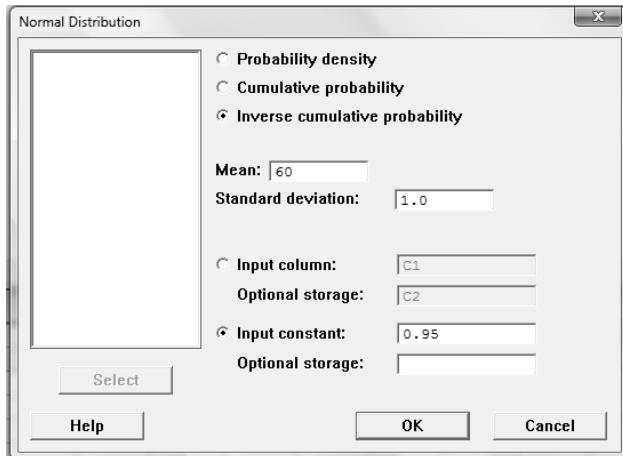
Normal with mean = 60 and standard deviation = 1

|    |               |
|----|---------------|
| x  | $P(X \leq x)$ |
| 59 | 0.158655      |

وبالتالي فإن نسبة المنتج المخصوصة بين القيمتين (أو الإحتمال) هو:

$$\begin{aligned} P(X \leq 59) - P(X \leq 58) &= 0.1586 - 0.0227 = 0.1325 \\ &= 13.25 \% \end{aligned}$$

ج - حساب قيمة المقاومة للضغط التي تتعادها نسبة ٩٥ بالمائة من المنتج: من قائمة (Calc) نختار (Normal) ثم (Probability distributions) (الشكل ٣-٣)، بعدها في مربع الحوار (Normal Distribution) نختار (Inverse)، بعد ذلك يدخل ببيانات العملية أي القيمة المتوسطة (Mean) والإختلاف المعياري (Standard deviation) وقيمة الإحتمال (0.95) في (Input constant). كما هو موضح على الشكل (٣٤-٣).



**الشكل ٣٤-٣** حساب قيمة تتعداها نسبة من الإنتاج على برنامج المينيتاب

ثم بعد الضغط على (OK) نحصل على النتيجة التالية:

#### Inverse Cumulative Distribution Function

Normal with mean = 60 and standard deviation = 1  
 $P(X \leq x)$        $x$   
 0.95                  61.6449

أي أن قيمة (61.64MPa) هي قيمة المقاومة للضغط التي تتجاوزها نسبة ٩٥ بالمائة من المنتج.

قد يتسائل أحدها عن فائدة مثل هذه الحسابات للإحتمالات أو النسب المئوية للمنتج، والإجابة هي أن الفائدة في معرفة هذه النسب تفيد في تحديد مدى مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيق مواصفات محددة من قبل العميل، خاصة إذا تعلق الأمر بمادة هامة مثل الخرسانة الجاهزة ذات الأسعار المتزايدة والتي نستعملها في جل مشاريعنا الهندسية ولأبنيتنا الحديثة.



# الفصل الرابع

## المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط الجودة

### للمتغيرات

- 
- ١ مقدمة .
  - ٢ الاختلافات في العمليات ومسؤولية الإدارة.
  - ٣ المراقبة الإحصائية للعمليات واستعمالها العملية في المنظمات.
  - ٤ تحليل خرائط المراقبة.
  - ٥ الخطوات العملية لاستخدام خرائط مراقبة العمليات.
  - ٦ أنواع خرائط مراقبة الجودة.
  - ٧ خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts for Variables).
  - ٨ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى (Xbar-R charts).
  - ٩ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج الميكروسوفت إكسل والمينيتاب.
  - ١٠ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري (Xbar-s charts).
  - ١١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري بإستخدام برنامج الميكروسوفت إكسل والمينيتاب.
  - ١٢ أنواع أخرى من خرائط مراقبة المتغيرات (Run, Individual, ImR, EWMA).
  - ١٣ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات



## ١ مقدمة

هناك سؤالان جوهريان من الضروري جداً أن نقوم بالإجابة عنهما في منظماتنا الإنتاجية أو الخدمية وهذا بهدف تقسيم المنتجات أو الخدمات وفق معايير الجودة ومتطلبات العميل. السؤال الأول هو هل العملية التي نقوم عليها مستقرة ومحكم فيها وتسير تحت سيطرتنا؟ أما السؤال الثاني فيكمن في: هل العملية قادرة على تحقيق مواصفات العميل أو لا؟

لقد أجمع علماء الجودة أن الإجابة عن هذين السؤالين تمثل جوهر فلسفات الجودة مثل إدارة الجودة الشاملة والستة سيجما التي تهدف كلتاها إلى العمل بمنهجية النظام لتحقيق استقرار العمليات وجعلها قادرة على تحقيق مواصفات العميل والتميز في ذلك مع تسخير كل الإمكانيات البشرية والمادية والتنظيمية في سبيل ذلك. إن العنصر الأساسي في ذلك هو مسؤولية الجميع بما فيهم الإدارة العليا ومجموع الموظفين على العمل على فهم التغيرات والاختلافات التي تقع في العملية أو مخرجاتها ومنه العمل على التقليل من هذه الاختلافات. يؤكّد عالم الجودة إدوارد ديننج في كتابه "الخروج من الأزمة" إلى أن الاختلافات في العمليات مرض قاتل يهدّد المنظمات، وأنه على الإدارة العليا مسؤولية العمل على التقليل منها وإعطاء جميع الفرص للعمال للمشاركة في هذه العملية عبر التدريب والتقويض والتمكين وفرق التحسين.

ويهدف هذا الفصل والفصل القادم بإذن الله إلى عرض أساليب المراقبة الإحصائية للعمليات من خلال تطبيق خرائط المراقبة (خرائط الجودة) التي يمكن من خلالها لفريق التحسين مراقبة العمليات الإنتاجية أو الخدمية ومعرفة مدى إستقرارها عبر مختلف مراحل العمل وبالتالي تحديتها لتكون قادرة على تحقيق مواصفات ومتطلبات العميل.

## ٢ الاختلافات في العمليات ومسؤولية الإدارة

يعود معنا الحديث هنا عن الاختلافات في خصائص الجودة على الرغم من أننا تطرقنا إليها في الفصول السابقة وهذا دليل على خطورتها على الجودة وكما أشار إليه ديمنج (Deming, 1986, 2000) فإن المهمة الأساسية للإدارة العليا لأي منظمة تكمن في فهم الاختلافات في العملية والتعامل معها، وهذا من خلال مجموعة من التقنيات والأدوات العملية مثل تلك التي تم التطرق إليها في الفصلين السابقين والمقدمة ضمن الأدوات الأساسية السبع للجودة.

لقد سبق وأن وضحتنا أن كل العمليات سواء كانت إنتاجية أو خدمية لها خاصية مشتركة في كونها ذات طابع إنتاجي كمي، ومن السهل جداً أن يرى أحدهنا الفروق والاختلافات التي قد تحصل في مخرجات العمليات ومدى تأثيرها على رضا العميل وعلى جودة الخدمة أو المنتج المقدم لهذا العميل. فالعلاقة الطردية بين الاختلافات والجودة واضحة، بمعنى أنه كلما زادت الاختلافات في العملية ساءت الجودة، والعكس صحيح. ومنه فعلى فرق التحسين مدعاومة بإلتزام الإدارة العليا العمل على تقليل الاختلافات في العملية بهدف تحسين الجودة وتحقيق رضا العملاء، ولا يتأنى هذا إلا من خلال الدراسة والتحليل لهذه الاختلافات والبحث عن الأسباب المؤدية إليها.

تنقسم الاختلافات في العملية (Process Variations) إلى نوعين رئисين:

- **الاختلافات العشوائية تحدث بالصدفة (Chance Variations)** : لا تعود هذه الاختلافات إلى أي سبب محدد وإنما تحدث عن طريق الصدفة.
- **الاختلافات ذات الأسباب المحددة (Assignable Variations)** : وهي التي يمكن إرجاعها إلى أسباب محددة حدثت في العملية كالتأثير المفاجئ

لمورد المادة الخام أو توظيف موظف ليست له الكفاءة الالزمة والتدريب المناسب في مجال العمل.

## ١-٢ الاختلافات العشوائية ذات الأسباب العامة (Chance Variations)

Common Causes Variations : وهي تلك التغيرات التي تحدث في خصائص المنتج أو الخدمة بطريقة عشوائية غير منتظمة وهي دائمة الوجود في العملية ولها تأثير طبيعي بسيط على الجودة. يشار إلى هذه الاختلافات بأنها تحدث نتيجة أسباب عامة من طبيعة العملية الإنتاجية نفسها والمتمثلة في التغيرات الطبيعية التي تحدث في العناصر المكونة للعملية الإنتاجية وأهمها التغيرات التي قد تطرأ على الآلات وعلى العمالة الفنية أو على المواد الخام وعلى المحيط أو على طرق العمل. قصد تحسين العملية ومخرجاتها فإنه يتوجب علينا التقليل من الاختلافات بصفة عامة ولكن يجب أن يلاحظ هنا صعوبة إزالة الأسباب العامة للانحرافات إلا بإجراء تعديلات أساسية على العملية ومنه يوصى بعدم العمل على هذا الجانب إلا في إطار برنامج التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement).

## ٢-٢ اختلافات ذات أسباب محددة (Assignable Variations)

: وهي تغيرات كبيرة وواضحة في خصائص الجودة تحدث بطريقة منتظمة وفي فترات زمنية محددة، وهي من السهل ملاحظتها ويجب الوقوف على الأسباب التي أدت إلى حدوثها وإزالتها من العملية. وعادة ما يتم هذا دون إجراء تعديلات كبيرة على العملية. تسمى الأسباب المؤدية إلى هذا النوع من الاختلافات بالأسباب الخاصة أو المحددة (Assignable or Special Causes of Variations) وقد تشمل مثل ما ورد سابقاً التغير المفاجئ لمورد المادة الخام، التوظيف الحديث لعامل غير ماهر، الانقطاع المتعدد في التيار الكهربائي، الاهتزازات الناجمة عن تشغيل آلية مجاورة، التغيرات المفاجئة في

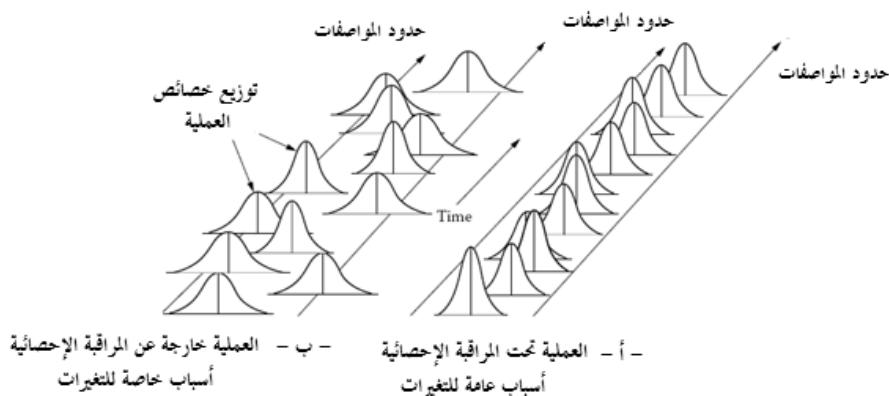
الجو إلى غير ذلك من الأسباب التي قد يكون لها تأثير قوي على جودة المنتج أو الخدمة.

### ٣ المراقبة الإحصائية للعمليات وإستعمالها العملية في المنظمات

#### ١-٣ المراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control - SPC)

تعتبر المراقبة الإحصائية (أو الضبط الإحصائي) للعمليات (SPC) من التقنيات العملية لمراقبة وضبط وتقدير وتحليل العمليات الإنتاجية والخدمية بهدف إجراء عملية التحسين المستمر عليها (Gaafar and Kaats, 1992). نذكر هنا بأن العملية تعبر عن أي طريقة منظمة يتم من خلالها تحويل مجموعة من المدخلات إلى مخرجات على شكل منتج صناعي أو خدمة تقدم إلى العميل وهذا ما يمكن فهمه من خلال الشكل (١-٣) من الفصل الثالث. تعتبر العملية مستقرة (Stable Process) وفي حالة الضبط الإحصائي (أو المراقبة الإحصائية) (Process in Statistical Control) إذا كانت التغيرات والاختلافات الموجودة في خصائص الجودة تعود إلى الأسباب العامة فقط دون حدوث الأسباب الخاصة وأن هذه التغيرات تحدث دون تغيير مع الزمن. معنى أنه في حالة الضبط الإحصائي فإن مجال ومدى الاختلافات يكون قليلا بحيث يمكن حصره في مجال معين مقبول وتكون بذلك خصائص الجودة مستقرة في الزمن، وهذا ما يمكن توضيحه من خلال الشكل (٤-١-أ) الذي يبين لنا كيف أن التوزيع التكراري لخواص المنتج يكون ثابتا عبر الزمن في حين إذا حدثت أسباب خاصة في العملية فهذا يؤدي إلى اختلافات كبيرة في خصائص المنتج (الشكل ٤-١-ب) وفي هذه الحالة تصبح العملية غير مستقرة وخارجية عن المراقبة الإحصائية (Process out of control). نعرف التحسين المستمر في العملية بأنه "سلسلة الإجراءات التصحيحية المنهجية التي تقوم بها لإزالة الأسباب الخاصة من

العملية وإخراجها من حالة الخروج عن المراقبة الإحصائية، وتقليل الاختلافات فيها وجعلها مستقرة إحصائياً".



**الشكل ٤ - ١ مفهوم المراقبة الإحصائية للعملية**

### ٢-٣ خريطة المراقبة (Control Chart)

تعتبر خرائط المراقبة (Control Charts) العمود الفقري والأساس الرئيسي للمراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control SPC) بحيث يتم من خلالها إجراء تحليل إحصائي مستمر للتغيرات في العملية بهدف ضبط جودة خصائص المنتج (أو الخدمة) وتحسين أداء العملية، فهي إذا تقنية فعالة تساعد المدير القائم على العملية في اتخاذ الإجراء المناسب للوصول إلى أحسن أداء للعملية. ولقد تم تطوير هذه التقنية التي صنفت من الأدوات السبع الأساسية للجودة من طرف العالم الإحصائي شوهارت مع مطلع العشرينات للقرن الماضي في مختبرات الشركة العالمية بيل (Bell) (Shewhart, 1931).

خريطة المراقبة (لوحة مراقبة الجودة) هي عبارة عن رسم بياني يبين التغيرات التي تحدث في خصائص المنتج مع الزمن، بحيث يمكن من خلال هذه الخريطة التمييز بين التغيرات الطبيعية (Common Variations) التي تعود إلى الأسباب العامة الكامنة في

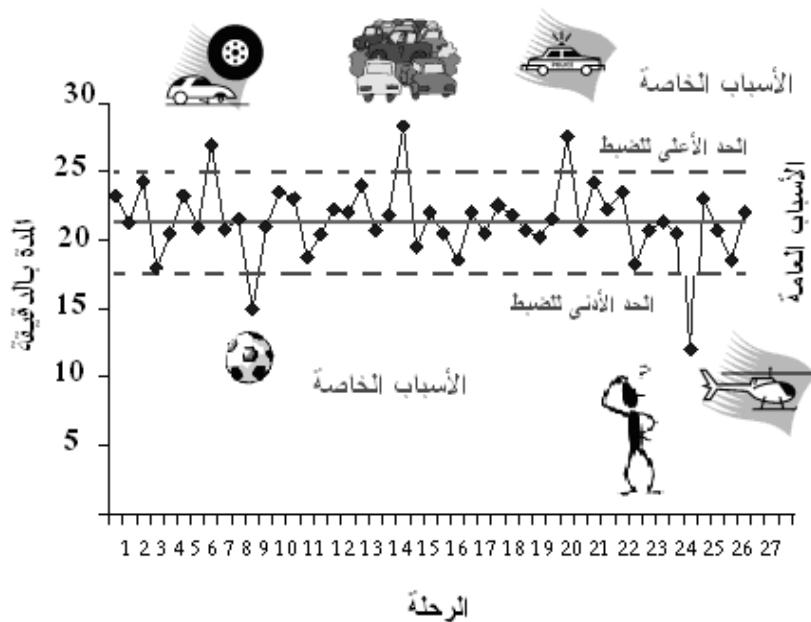
العملية وبين التغييرات التي تعود إلى أسباب محددة (Assignable Variations). يُرسم على محور السينات الزمن أو رقم سحب العينات وعلى محور ص المؤشر الإحصائي للجودة الذي تقوم بمراقبة العملية من خلاله كالمدى أو القيمة المتوسطة أو الانحراف المعياري في العينة. كما يضاف إلى الخريطة ثلاثة خطوط أفقية تمثل كلاً من الخط المركز (أو الخط الوسط) (Centre Line (CL)) والحد الأعلى للضبط (Upper Control Limit - UCL) والحد الأدنى للضبط (Lower Control Limit - LCL). يمثل الخط المركز المتوسط الممكن تحقيقه في الخاصية في حين تمثل حدود الضبط (UCL, LCL) أقصى ما يمكن قوله في تغيرات الخاصية المدروسة عندما تكون العملية في حالة الضبط الإحصائي. من خلال الشكل (٤-٤) نوضح مفهوم خريطة المراقبة التي تبين التغييرات الواقعية في المؤشر الإحصائي لكل عينة من المنتج وهذا عبر زمن سير العملية مضافة إليها حدود الضبط والخط المركز. نشير هنا إلى أنه يجب أن تتم عملية سحب العينات من العملية بحيث تكون الوحدات التابعة للعينة الواحدة (Rational subgroup) لا تقع إلا تحت تأثير التغيرات الطبيعية في حين يسمح بوقوع التغيرات ذات الأسباب الخاصة بين العينة والأخرى.



الشكل ٤-٤ مفهوم خريطة مراقبة العمليات

لتوسيع هذا المفهوم، نعرض من خلال الشكل (٤-٣) مثلاً لخريطة مراقبة عملية رحلتي اليومية من البيت إلى مقر العمل. من خلال هذه الخريطة يتبين أن مدة الرحلة تتغير بالنسبة لقيمة متوسطة (حوالي ٢٢ دقيقة) وهذه التغيرات الطبيعية في العملية ترجع إلى أسباب عامة مثل إشارات المرور، زحمة الطريق إلى غير ذلك من الأمور الطبيعية في طرقنا العصرية وهذا ما يجعل مدة الرحلة قد تطول أو تقصر عن مدة معينة ولكنها محصورة في حدود واضحة (حدود الضبط للعملية). كما نلاحظ من خلال الخريطة أن في بعض الأحيان تكون المدة أقل من الحد الأدنى أو أكبر من الحد الأعلى ويعود هذا إلى أسباب خاصة منها السرعة الكبيرة التي قد تقصر مدة الرحلة كما يمكن أن تطول المدة نظراً لوقوع حادث في الطريق أو تغيير المسار لأعمال صيانة على الطريق أو وجود نقطة تفتيش للشرطة.

من أهم استعمالات خرائط المراقبة هي دراسة مدى استقرار العمليات الإنتاجية والخدمية والتبع بالأداء المستقبلي لها، فبصفة عامة يتم الحكم على أن العملية مستقرة وتحت الضبط الإحصائي (Process in Control) إذا كانت جميع النقاط واقعة بين حدود الضبط (UCL, LCL). أما في حالة وقوع نقطة أو مجموعة من النقاط خارج حدود الضبط فإن العملية تصبح غير مستقرة وتعتبر خارجة عن حالة الضبط الإحصائي (Process out of Control) ويكون هذا مؤشراً قوياً على أن العملية تقع تحت تأثير أسباب خاصة يجب البحث عنها وإزالتها من العملية وأن منتجاتها ستكون دون مستوى الجودة المطلوب.



**الشكل ٣-٤** خريطة المراقبة للرحلة اليومية من البيت إلى العمل

يعبر علماء الجودة على حدود الضبط (Control Limits) بأنها الصوت الناطق للعملية (Voice of the Process) إذ أنها تحسب من خلال البيانات التي تنتجهما العملية وهي المؤشر على مقدرة العملية على تحقيق المواصفات المطلوبة من طرف المستهلك والعميل. كما تعتبر حدود المواصفات (Specifications Limits) الصوت المعبر عن المستهلك (Voice of the Customer)، وأن كل من حدود الضبط وحدود المواصفات هما المعاملان الأساسيان في حساب مقدرة العمليات (Process Capability) كما سيأتي معنا فيما بعد من الفصول.

**٣-٣ الأهداف الممكن تحقيقها باستعمال خرائط المراقبة للعمليات**  
من خلال استعمال خرائط المراقبة للجودة يمكن للمؤسسات الإنتاجية والخدمية على حد سواء تحقيق الأهداف التالية (Besterfield, 1998, p. 114):

#### ١. التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement) : إذ

تعتبر هذه التقنية إحدى أهم التقنيات الأساسية في التحسين المستمر للعمليات التي تبنتها العديد من المنظمات والشركات العالمية في المجالات الإنتاجية والخدمية.

#### ٢. تحديد مقدرة العمليات (Process Capability) على تحقيق أهداف العملية

والمتمثلة في مواصفات المنتج (Product Specifications). فمن خلال هذه التقنية يمكن إجراء التحسينات المناسبة التي تؤدي إلى الرفع من مقدرة العملية وهذا ما سيتم التطرق إليه في الفصل السادس بإذن الله.

#### ٣. اتخاذ القرارات الخاصة بتحديد المواصفات (take decisions in regards to specifications) :

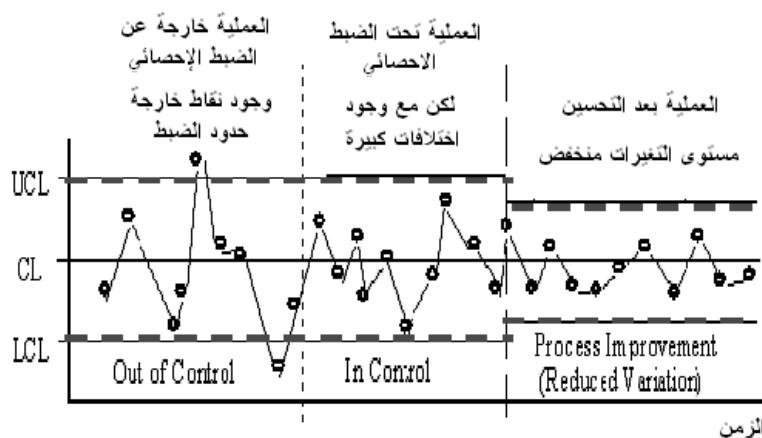
كنتيجة طبيعية لتحديد المقدرة الحقيقية للعملية يمكن للأكادير الفني والإداري تحديد مواصفات المنتج بشكل دقيق وفعال يسمح بالتوافق بين الإمكانيات الفنية والتقنية للعملية الإنتاجية مع المواصفات التي يرغب فيها العميل وبذلك يتم تحقيق مستويات عليا للجودة.

#### ٤. اتخاذ القرارات المتعلقة بالعملية (Current decisions in regards to the process) :

تسمح هذه الخرائط بتحديد مدى استقرار العمليات الإنتاجية ومعرفة فيما إذا كانت العملية واقعة تحت المراقبة الإحصائية أو عكس ذلك. في حالة أن العملية تكون خارجة عن السيطرة والتحكم فإن الخرائط تسمح بالوقوف عليها لبحث وتحديد الأسباب المؤدية إلى ذلك والعمل على إزالتها. وتسمح خرائط المراقبة بتحديد فيما إذا كانت التغيرات الحاصلة على خصائص المنتج هي تغيرات طبيعية أم أنها تغيرات غير طبيعية وقد يكون لها تأثير سلبي على الجودة بحيث تسبب في إنتاج كميات كبيرة من المنتج دون المواصفات. وهذا ما يؤدي إلى عدم رضا العميل وزيادة في تكاليف الإخفاق في الجودة.

٥. الرفع من الكفاءة الإنتاجية (Increased Productivity) وإنتاج منتجات أكثر اتساقاً وحسب رغبات ومتطلبات العميل مما يساهم في تحسين العلاقة بين المنتج والعميل.

إنه من السهل أن تلاحظ عزيزي القارئ أن كل هذه الأهداف مترابطة مع بعضها البعض، فلا يمكن تحقيق هدف تحسين الجودة في أي منشأة أو منظمة إلا إذا كانت مقدرة العملية على تحقيق المنتج حسب المواصفات عالية جداً، وهذه الأخيرة هي بدورها مرتبطة بالتحديد الدقيق لمواصفات المنتج التي تحقق رغبات ومتطلبات العميل وكل هذه الأهداف يمكن أن تتحققها المنظمة من خلال خرائط المراقبة للعمليات (Control Charts).



الشكل ٤ - ٤ مراقبة العمليات عن طريق خرائط المراقبة

#### ٤ تحليل خرائط المراقبة (Process Control)

بعد أن تسحب مجموعة من العينات من العملية على فترات مختلفة، ترسم خريطة المراقبة وهذا بتعيين نقاط العينات عليها مع حدود الضبط (UCL, LCL) والخط

المركزي (CL). تقوم بعد ذلك بتحليل ودراسة هذه الخريطة لاستقراء مدى استقرار العملية ووقوعها تحت الضبط (المراقبة) الإحصائي (Process in control). تُتبع في دراسة استقرار العملية قاعدة عامة مفادها أنه إذا حدث وجود نقطة واحدة خارجة عن حدود الضبط فإن العملية غير مستقرة وإذا وقعت جميع النقاط داخل حدود الضبط تعتبر العملية تحت الضبط الإحصائي ويتعين تبني هذه الحدود واعتبارها حدود الضبط الفعلية واعتماد الخريطة لمراقبة العملية في المستقبل (الشكل ٤-٤).

أما إذا وقعت بعض النقاط خارج حدود الضبط فهذا دليل على أن العملية ليست منضبطة إحصائياً وليس لها واقعة تحت المراقبة ومنه يتوجب البحث عن الأسباب الخاصة (Assignable Causes) التي أدت إلى وقوع هذه النقاط خارج حدود الضبط وإزالتها من العملية ومن ثم يمكن اتخاذ أحد الإجراءين التاليين:

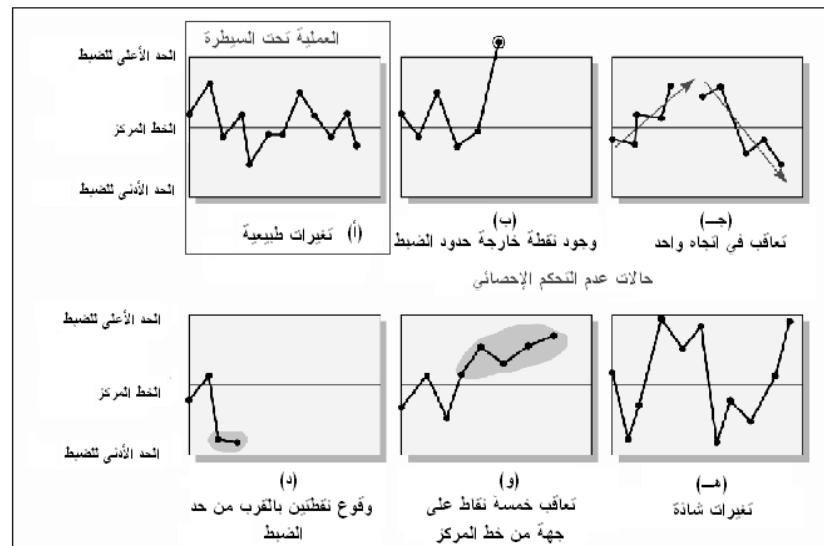
- سحب عينات جديدة من خط الإنتاج وتجميع بياناتها وإعادة حساب حدود الضبط ورسم الخريطة من جديد.
- إهمال النقاط الخارجة عن حدود الضبط وإعادة حساب حدود الضبط ورسم الخريطة من جديد على أساس العينات المتبقية واعتماد اللوحة الجديدة لمراقبة العمليات الإنتاجية اللاحقة مع وجوب إخضاعها للرقابة والمراجعة الدورية.

على الرغم من أن القاعدة العامة لاستقرار العملية هي وجود جميع النقاط داخل حدود الضبط (الشكل ٤-٥ - أ) إلا أنه وفي بعض الحالات وعلى الرغم من تحقيق هذا الشرط إلا أن نمط التغيرات واتجاهاتها التي تظهرها الخريطة يدل على وجود أسباب نظامية معينة تؤثر سلباً على استقرار العملية. ومن بين أهم هذه الحالات ذكر ما يلي:

- أ- **حالة المتجهات** (Trends) : وتمثل هذه الحالة في التزايد أو التناقص المستمر لمجموعه من النقاط (الشكل ٤-٥ - ج).
- ب- **حدوث نقطتين أو أكثر عند أحد حدود الضبط** (الشكل ٤-٥ - د).

ت - حالة التعاقب (Run) بجموعة من النقاط على جهة معينة من خط المركز (الشكل ٤-٥-و).

ث - تغيرات كبيرة وشاذة في العملية (Erratic behavior) (الشكل ٤-٥-ه).



**الشكل ٤-٥** مؤشرات خريطة المراقبة عن حالة التحكم في العملية

قد يجد القارئ الكريم في الكتب والمراجع العلمية والتكنولوجية عدة قوانين تحدد حالة خروج العملية عن المراقبة الإحصائية ولكنها كلها تنصب في تحليل أنماط التغيرات الموجودة في العملية والتي تظهر من خلال الخريطة. هنا وقدرت ببساطة الأمر سitem عرض القوانين التي قدمتها الشركة الغربية للكهرباء بالولايات المتحدة الأمريكية (Western Electric Company - WEC) والتي تعتبر معياراً للعديد من المؤسسات الإنتاجية والخدمة في مجال تحليل خرائط المراقبة. في هذه الطريقة يقسم المحالين بين الخط المركز والحدود القصوى للضبط إلى ثلاثة مناطق (A, B, C) بحيث تكون حدود المنطقة C ( $\mu \pm 3\sigma$ ) وحدود المنطقة B ( $\mu \pm 2\sigma$ ) والمنطقة A ( $\mu \pm \sigma$ ) كما هو موضح على الشكل (٤-٦). هنا نشير أن الخطين الواقعين على

( $\mu \pm 3\sigma$ ) هما حدود الضبط العليا والسفلى (Upper and Lower Control Limits) في حين يعتبر الخطان الواقعان على ( $\mu \pm 2\sigma$ ) كحددين تحذيريين للعملية (Upper and Lower Warning Limits). نذكر هنا أن المعامل ( $\mu$ ) يمثل القيمة المتوسطة للعملية و( $\sigma$ ) تمثل قيمة الانحراف المعياري للعملية. جدير بالذكر هنا أن الكثير من علماء الجودة ومنهم جوران ويسترفيلد ينصحون باستعمال القوانين العامة التي تم شرحها من خلال الشكل (٤-٥) دون الاعتماد على قوانين شركة (WEC) التي تقوم على حساب الحدود التحذيرية (LWL, UWL) في تحليل استقرار العمليات وهذا ما سنعتمد في كتابنا هذا عند عرض التطبيقات العملية لخراط المراقبة. بصفة عامة هناك ثلاثة قواعد أساسية تستخدم للحكم على خرائط المراقبة وفقاً لما ذكر أعلاه:

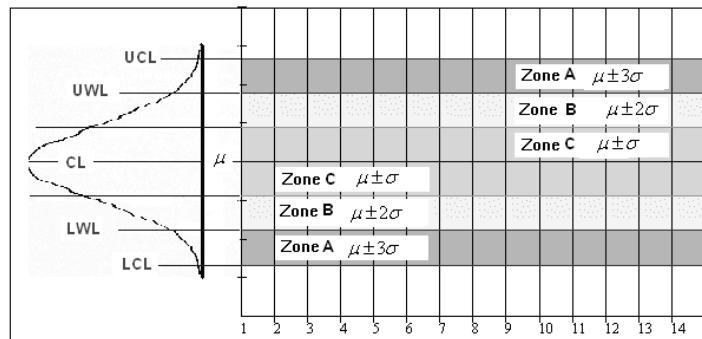
**القاعدة الأولى :** تعتبر العملية خارجة عن الضبط إذا وجدت نقطة واحدة أو أكثر فوق الحد الأعلى للضبط (UCL) أو تحت الحد الأدنى للضبط (LCL).

**القاعدة الثانية :** تعتبر العملية خارجة عن الضبط الإحصائي في الحالات التالية:

أ- إذا وجدت نقطتان متتاليتان أو أكثر بين الحد التحذيري الأعلى (UWL) والحد الأعلى للضبط (UCL) أي في المنطقة (A).

ب- إذا وجدت نقطتان متتاليتان أو أكثر بين الحد التحذيري الأسفل (LWL) والحد الأسفل للضبط (LCL).

**القاعدة الثالثة :** تعتبر العملية خارجة عن الضبط إذا وجدت ثمان نقاط متتالية أسفل أو أعلى الخط المركزي، أي أنها تقع في المنطقة (C). في هذه الحالات جميعها يجب على الفريق العامل على الجودة أن يدرس العملية ويبحث عن الأسباب التي تدفع العملية للخروج من حالة الضبط والمراقبة الإحصائية.



**الشكل ٤-٦ حدود الضبط والحدود التحذيرية في خريطة المراقبة**

## ٥ الخطوات العملية لاستخدام خرائط مراقبة العمليات

من خلال ما تم عرضه في الفقرات السابقة يتضح أن خرائط المراقبة تعد إحدى الأدوات الفعالة لدى الفريق الإداري للمنظمة لتقدير الوضعية الحالية للعملية والتنبؤ بالظروف المستقبلية لها وكذلك في الرفع من الكفاءة الإنتاجية وخفض التكاليف، لهذا فإنه يبدو طبيعياً أن تكون هذه التقنية مدرجة في أحد ثالث الفلسفات الإدارية المعاصرة مثل إدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) والستة سيجما (Six Sigma) التي تبنتها كبرى الشركات العالمية مثل شركة موتورولا وكسيروكس، وقد صدر تحقيق ذلك، فقد أعطى (Leigh, 1993, p. 21) الخطوات العملية التطبيقية لاستخدام خرائط المراقبة في العمليات الإنتاجية أو الخدمية، وهي كما يلي:

١. تحديد العملية المراد مراقبتها.
٢. تحديد البيانات المراد تجميعها من العملية.
٣. جمع البيانات.
٤. عمل وإنشاء خريطة المراقبة.
٥. تحليل ودراسة الخريطة.

٦. اتخاذ وتنفيذ الإجراء التصحيحي المناسب.
٧. الاستمرار في جمع البيانات عن العملية.
٨. العودة إلى الخطوة (٤).

## ٦ أنواع خرائط مراقبة الجودة

تنقسم خرائط مراقبة الجودة إلى نوعين رئисين وهما :

**أ- خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts for Variables)** : المتغيرات هي مجموع خصائص المنتج أو الخدمة التي يمكن قياسها باستعمال أجهزة القياس مثل الأبعاد، والوزن ، أو الزمن أو الخصائص الفيزيائية أو الميكانيكية للمنتجات. أما في مجال العمليات الخدمية فقد تكون المتغيرات مثلاً مدة انتظار المريض في العيادة، أو المدة التي تستغرقها عملية بنكية كالسحب أو الإيداع إلى غير ذلك. وأكثر خرائط المراقبة للمتغيرات استعمالاً في الحالات الصناعية والخدمية هي خرائط المراقبة للمدى والمتوسط ( $\bar{X} - R - charts$ ) وخرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري ( $\bar{X} - s - charts$ ).

**ب- خرائط المراقبة للخواص (Control Charts for Attributes)** : الخواص أو الصفات (Attributes) هي خصائص المنتج أو الخدمة التي لا يمكن تحديدها عن طريق عملية القياس وإنما بالعد والحساب لعدد الوحدات المنتجة أو الخدمات المقدمة والتي يمكن الحكم عليها بأنها مقبولة أو مرفوضة بناءً على معايير ثابتة. مثال ذلك أعداد الكراسي الموجودة في القاعات الدراسية والتي يوجد فيها كسر على قاعدة الجلوس. في الحالات الإنتاجية والخدمية، أكثر خرائط المراقبة للخواص استعمالاً هي خريطة عدد العيوب (c-chart) وخريطة

نسبة المعيب (u-Chart)، وخرائط عدد العيوب للعينة المتغيرة (np-Chart) وخرائط عدد المعيب للعينة الثابتة (p-Chart).

سوف يخصص هذا الفصل لعرض كيفية عمل واستعمال خرائط المراقبة للمتغيرات في حين سنخصص الفصل الخامس لدراسة خرائط المراقبة للخواص.

## ٧ خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts for Variables)

تعتبر خرائط المراقبة للمتغيرات من أكثر خرائط الجودة استعمالاً في مجال ضبط الجودة في العمليات الصناعية والخدمية وبرامج التحسين المستمر للعمليات القائمة على منهجية الستة سيجما، بحيث أنه لا يمكن أن تطلع على كتاب في موضوع إدارة الجودة الشاملة أو الستة سيجما إلا وتجد أكثر من فصل مخصص لخرائط المراقبة ب نوعيها. يطلق على هذه الخرائط اسم خرائط شوهارت (Shewhart control charts) نسبة إلى العالم الإحصائي والتر شوهارت الذي قام بتطوير هذه الخرائط لمراقبة الإنتاج لدى شركة بيل الأمريكية مع مطلع العشرينات من القرن الماضي. أكثر أنواع خرائط المراقبة للمتغيرات استعمالاً في المجالات الصناعية والخدمية هي:

١. خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ( $\bar{X}$ -R chart)

٢. خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري ( $\bar{X}$ -s chart).

إضافة إلى هذه الخرائط هناك أنواع أخرى ذات استعمالات خاصة مثل:

٣. خريطة الوسيط (Median Chart)

٤. خريطة القيم الفردية (Individuals control charts)

٥. خريطة المتوسط المتحرك المرجح أسييا (Exponentially Weighted Moving Average Chart EWMA).

## ٨ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ( $\bar{X}$ -R Chart)

تستعمل هذه الخرائط مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية إذا كان حجم العينات المسحوبة صغيراً نوعاً ما أي ١٠ وحدات (أو ١٠ ملاحظات) أو أقل. في هذه الحالة يمكن أن تستعمل المدى  $R$  كمقياس للتشتت في العملية بدلاً من الانحراف المعياري  $S$  للعينة.

### ١-٨ خطوات عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى

لعمل هذه الخرائط تتبع الخطوات التالية:

**الخطوة الأولى - سحب العينات وإجراء عمليات القياس :** نقوم بسحب عدد  $g$  من العينات المتتالية بحيث يكون هذا العدد مساوياً أو أكبر من ٢٠، وتحتوي كل عينة على مجموعة  $n \leq 10$  من وحدات المنتج. عادة ما نأخذ ٣، ٤، أو ٥ وحدات في كل عينة ويجب أن يكون هذا العدد ثابتاً في جميع العينات. نقوم بعد ذلك بإجراء عمليات القياس على خاصية الجودة المراد مراقبتها.

**الخطوة الثانية - عمل خريطة المراقبة للمدى (R Chart) :** نبدأ أولاً بعمل خريطة المراقبة للمدى بإتباع الخطوات التي سنقوم بشرحها في هذه الفقرة. نلاحظ هنا أنه في حالة أكدت خريطة المدى أن العملية تقع تحت المراقبة الإحصائية فسنواصل في عمل خريطة المراقبة للمتوسط ( $\bar{X}$  Chart). تسمح خريطة المدى بقياس درجة التشتت في المنتج في حين تسمح خريطة المتوسط بمراقبة تغيرات القيمة المتوسطة خلال مختلف فترات العملية، وقدد إنشاء خريطة المراقبة للمدى نقوم بإتباع الخطوات التالية:

١ - حساب المدى لكل عينة  $R$  وهو الفرق بين أكبر قيمة ( $X_L$ ) وأصغر قيمة ( $X_s$ )

$$R = X_L - X_s \quad \text{في بيانات العينة:}$$

٢ - حساب القيمة المتوسطة لقيم المدى بالنسبة لمجموع العينات:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_g}{g}$$

و تستعمل القيمة المتوسطة لقيم المدى ( $\bar{R}$ ) كخط المركز للخريطة (Center Line) وبحيث تمثل ( $g$ ) عدد العينات المسحوبة من العملية.

### ٣ - حساب حدود الضبط للمدى حسب المعادلات التالية:

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} \quad \text{الحد الأدنى للضبط :}$$

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R} \quad \text{الحد الأعلى للضبط :}$$

أين لدينا ( $D_3$ ) و ( $D_4$ ) معاملات ثابتة يمكن الحصول عليها من الجدول (٤).

(١)

٤ - رسم خريطة المدى مع حدود الضبط والخط المركز.

٥ - دراسة وتحليل خريطة المراقبة للمدى: إذا كانت العملية منضبطة إحصائيا فسنواصل مباشرة في عمل خريطة المراقبة للمتوسط حسب ما سنقوم بشرحه في الخطوة الثالثة. أما إذا حدثت حالة الخروج عن الضبط الإحصائي فنقوم بتحديد أسباب الانحرافات التي قد نلاحظها في الخريطة وإهمال النقاط الخارجية عن حدود الضبط ثم إعادة حساب حدود الضبط الجديدة، ومن ثم دراسة استقرار العملية في ضوء حدود الضبط الجديدة.

| D <sub>4</sub> | D <sub>3</sub> | B <sub>4</sub> | B <sub>3</sub> | A <sub>3</sub> | A <sub>2</sub> | حجم العينة |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| 3.267          | 0              | 3.267          | 0              | 2.659          | 1.880          | 2          |
| 2.575          | 0              | 2.568          | 0              | 1.954          | 1.023          | 3          |
| 2.282          | 0              | 2.266          | 0              | 1.628          | 0.729          | 4          |
| 2.115          | 0              | 2.089          | 0              | 1.427          | 0.577          | 5          |
| 2.004          | 0              | 1.970          | 0.030          | 1.287          | 0.483          | 6          |
| 1.924          | 0.076          | 1.882          | 0.118          | 1.182          | 0.419          | 7          |

#### الجدول ٤ - قيم المعاملات الثابتة المستعملة في خرائط المراقبة للمتغيرات

(المصدر : فايغنيوم ص ٤٠٦ وهو عينة من الجدول العام (A-2) المضمن في الملحقات، آخر هذا الكتاب)

**الخطوة الثالثة - عمل خريطة المراقبة للمتوسط  $\bar{X}$  Chart :** تسمح هذه الخريطة بدراسة التغيرات الواقعية في القيمة المتوسطة في العملية، ولإنشاء هذه الخريطة نتبع الخطوات التالية:

١ - حساب متوسط كل عينة  $\bar{X}$  على حدة حسب المعادلة التالية:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

٢ - حساب متوسط المتوسطات وهو جموع متوسط العينات مقسوما على عددها:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_g}{g}$$

تمثل هذه القيمة الخط المركز للخريطة (CL)

٣ - حساب حدود الضبط للمتوسط :

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} \quad \text{الحد الأدنى للضبط :}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} \quad \text{الحد الأعلى للضبط :}$$

نذكر هنا بأن :

(g) تمثل عدد العينات قيد الدراسة و (n) يمثل عدد الوحدات في كل عينة،

$\bar{R}$  : هي متوسط فیم المدى لمجموع العينات.

(A<sub>2</sub>) : معامل ثابت يتم اختياره من الجدول (٤-١) حسب حجم العينة.

٤ - رسم خريطة المراقبة للمتوسط مع حدود الضبط (UCL<sub>X</sub>, LCL<sub>X</sub>) والخط المركز (CL)

٥ - دراسة الخريطة وتحديد أسباب أي انحرافات قد نلاحظها فيها وهذا في ضوء القوانين التي قمنا بعرضها في الفقرة ٣ من هذا الفصل والخاصة بمراقبة العمليات.

## ٢-٨ مثال عن خرائط المراقبة للمدى والمتوسط

لتوضيح طريقة إنشاء خرائط المراقبة للمتوسط والمدى سوف نأخذ مثلا بسيطا لا يحتوي على بيانات كثيرة حتى يتسعى لنا متابعة طريقة عملها دون الإنشغال بكثرة الحسابات.

إحدى الشركات الصناعية تخطط لتصنيع كميات كبيرة من لولب القلاووظ من مادة خاصة تم طلبها من طرف أحد أهم عملائها. يعتبر قطر القلاووظ من أهم خصائص جودة هذا المنتج، وقد صد التفتيش عن جودة المنتج تم اختيار ٥ عينات (تحتوي كل عينة على ٤ قطع) على فترات مختلفة وأجريت عمليات قياس دقيقة لأقطار القطع المسحوبة من العملية ورصدت النتائج على الجدول (٤-٢).

| نتائج قياس القطر لكل قطعة (mm) |                |                |                | رقم العينة |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| X <sub>4</sub>                 | X <sub>3</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>1</sub> |            |
| 50.27                          | 50.09          | 50.22          | 50.14          | 1          |
| 50.20                          | 50.24          | 50.41          | 50.21          | 2          |
| 50.23                          | 50.35          | 50.26          | 50.18          | 3          |
| 50.15                          | 50.24          | 50.34          | 50.08          | 4          |
| 50.47                          | 50.34          | 50.56          | 50.41          | 5          |

الجدول ٤-٤ نتائج قياس العينات الخمس في الشركة الصناعية

أولاً : عمل خريطة المراقبة للمدى:

- حساب مدى العينات: نقوم أولاً بتحديد أكبر قيمة وأصغر قيمة في كل عينة

ويحسب المدى لكل عينة :

$$R = X_L - X_s$$

$$R_1 = 50.27 - 50.09 = 0.18$$

$$R_2 = 50.41 - 50.20 = 0.21$$

$$R_3 = 50.35 - 50.18 = 0.17$$

$$R_4 = 50.34 - 50.08 = 0.26$$

$$R_5 = 50.56 - 50.34 = 0.22$$

و من ثم نقوم بإسقاط هذه البيانات كما هو موضح على الجدول (٣-٤):

| المدى R | نتائج قياس القطر لكل قطعة (mm) |       |       |       | رقم العينة |
|---------|--------------------------------|-------|-------|-------|------------|
|         | X4                             | X3    | X2    | X1    |            |
| 0.18    | 50.27                          | 50.09 | 50.22 | 50.14 | 1          |
| 0.21    | 50.20                          | 50.24 | 50.41 | 50.21 | 2          |
| 0.17    | 50.23                          | 50.35 | 50.26 | 50.18 | 3          |
| 0.26    | 50.15                          | 50.24 | 50.34 | 50.08 | 4          |
| 0.22    | 50.47                          | 50.34 | 50.56 | 50.41 | 5          |

الجدول ٤-٣ نتائج حساب المدى للعينات

• حساب متوسط مدى العينات:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^5 R_i}{5} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5}{5}$$

$$\bar{R} = \frac{0.18 + 0.21 + 0.17 + 0.26 + 0.22}{5} = 0.208$$

$$\bar{R} = 0.208mm$$

• حساب حدود الضبط علماً بأن حجم العينات ( $n=4$ ) ومن الجدول (٤-١)

نستخلص المعاملات ( $D_3=0$ ) و ( $D_4=2.282$ ):

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} = 0 \times 0.208 = 0 \quad \text{الحد الأدنى للضبط :}$$

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

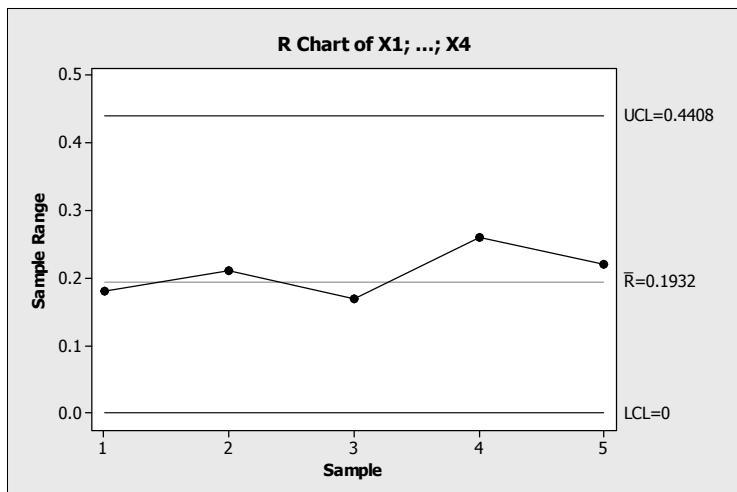
$$UCL_R = 2.282 \times 0.208 = 0.4746 \quad \text{الحد الأعلى للضبط :}$$

• رسم خريطة المراقبة للمدى: بعد أن تم حساب مدى كل عينة والقيمة المتوسطة

لل مدى ( $\bar{R}$ ) وحدود الضبط للمدى ( $LCL_R$  و  $UCL_R$ ) والخط المركز ( $CL$ )

نقوم برسم الخريطة وهذا برسم قيم المدى  $R$  لكل عينة بدلالة رقم العينة كما هو

موضح على الشكل (٤-٧).



الشكل ٤-٧ خريطة المراقبة للمدى

- دراسة وتحليل الخريطة : من خلال هذه خريطة المراقبة للمدى يمكن ملاحظة أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط وهذا مؤشر على استقرار العملية الإنتاجية، ومنه نواصل عمل خريطة المراقبة للمتوسط.

ثانيا - عمل خريطة المراقبة للمتوسط : لعمل هذه الخريطة نقوم بما يلي : حساب متوسط كل العينة، ولنبدأ بالعينة الأولى :

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4}{4}$$

$$\bar{X}_1 = \frac{50.14 + 50.22 + 50.09 + 50.27}{4} = 50.18$$

وكذلك بالنسبة لبقية العينات :

$$\bar{X}_2 = \frac{50.21 + 50.41 + 50.24 + 50.20}{4} = 50.27$$

$$\bar{X}_3 = \frac{50.18 + 50.26 + 50.35 + 50.23}{4} = 50.26$$

$$\bar{X}_4 = \frac{50.08 + 50.34 + 50.24 + 50.15}{4} = 50.20$$

$$\bar{X}_5 = \frac{50.41 + 50.56 + 50.34 + 50.47}{4} = 50.45$$

ثم نقوم بتسجيل نتائج حسابات قيم متوسط العينات على الجدول (٤-٤).

| $\bar{X}$<br>المتوسط | R<br>المدى | نتائج قياس القطر لكل قطعة (mm) |                |                |                | رقم<br>العينة |
|----------------------|------------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|                      |            | X <sub>4</sub>                 | X <sub>3</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>1</sub> |               |
| 50.18                | 0.18       | 50.27                          | 50.09          | 50.22          | 50.14          | 1             |
| 50.27                | 0.21       | 50.20                          | 50.24          | 50.41          | 50.21          | 2             |
| 50.26                | 0.17       | 50.23                          | 50.35          | 50.26          | 50.18          | 3             |
| 50.20                | 0.26       | 50.15                          | 50.24          | 50.34          | 50.08          | 4             |
| 50.45                | 0.22       | 50.47                          | 50.34          | 50.56          | 50.41          | 5             |

الجدول ٤ - ٤ نتائج حساب المدى والمتوسط لكل عينة

حساب متوسط المتوسطات :

$$\begin{aligned}\bar{\bar{X}} &= \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \bar{X}_4 + \bar{X}_5}{5} \\ \bar{\bar{X}} &= \frac{50.18 + 50.27 + 50.26 + 50.20 + 50.45}{5} \\ \bar{\bar{X}} &= \frac{251.36}{5} = 50.27 \text{ mm}\end{aligned}$$

حساب حدود الضبط للمتوسط : بما أن عدد الوحدات في كل عينة (n=4) ومن

جدول المعاملات الثابتة (٤-١) فإن قيمة الثابت (A<sub>2</sub>) وقيمة (

$\bar{R} = 0.208$  ) قد تم حسابها مع خريطة المدى:

إذا الحد الأدنى للضبط :

$$\begin{aligned}LCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} \\ LCL_{\bar{X}} &= 50.27 - (0.729 \times 0.208) = 50.12\end{aligned}$$

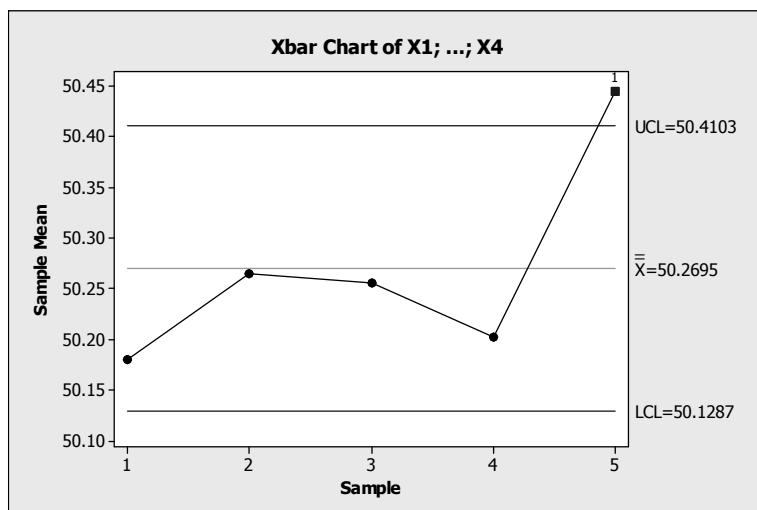
والحد الأعلى للضبط :

$$\begin{aligned}UCL_{\bar{X}} &= \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} \\ UCL_{\bar{X}} &= 50.27 + (0.729 \times 0.208) = 50.41\end{aligned}$$

رسم خريطة المراقبة للمتوسط : بعد أن تم حساب متوسط كل عينة والقيمة

المتوسطة للمتوسطات ( $\bar{\bar{X}}$ ) وحدود الضبط للمتوسط (UCL<sub>X</sub>, LCL<sub>X</sub>) تقوم برسم

الخريطة وهي تمثل تغيرات قيم المتوسطات بدلالة رقم العينة كما هو موضح على الشكل (٨-٤).



الشكل ٨-٤ خريطة المراقبة للمتوسط

تحليل الخريطة : من خلال هذه الخريطة يتضح وجود النقطة الخاصة بالعينة رقم ٥ خارجة عن حدود الضبط وهذا دليل على وجود أسباب معينة (Assignable Causes) يجب البحث عنها وإزالتها من العملية، ومن أجل تحديد حدود المراقبة للعملية في المستقبل يجب التخلص من هذه النقطة وإعادة حساب حدود الضبط الجديدة.

## ٩ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج الميكروسوفت إكسل والمينيتاب (Xbar-R Charts using Microsoft Excel and Minitab)

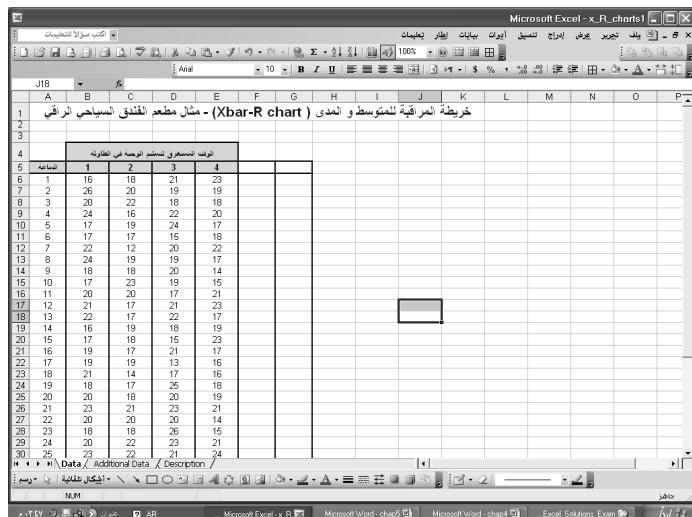
### ١-٩ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج الميكروسوفت إكسل

سوف نقوم في هذه الفقرة بعرض الطريقة العملية لعمل خريطة المراقبة للتتوسط والمدى باستخدام برنامج الإكسل من خلال مثال يهدف إلى مراقبة جودة الخدمة في مطعم أحد الفنادق الراقية، حيث قام مدير المطعم بمراقبة الوقت المستغرق منذ جلوس الزبون على الطاولة إلى حين استلامه طلبه. ففي كل يوم ومع افتتاح المطعم وحال كل ساعة زمن يتم اختيار ؟ طاولات بطريقة عشوائية ويسجل الوقت المستغرق بين جلوس العميل وتلقيه وجنته كما هو موضح على الجدول (٤-٥). أخذت هذه البيانات لـ ٣٠ ساعة عمل خلال الأسبوع. من خلال عمل خرائط المراقبة (R- $\bar{X}$  Chart) عن طريق برنامج الميكروسوف特 اكسيل سوف نقوم بدراسة استقرار العملية الخدمية في المطعم.

أولاً نبدأ بفتح ورقة عمل إكسل جديدة ونقوم بإدخال بيانات الجدول (٤-٥) بحيث نسجل أرقام الساعات في العمود A والأوقات المسجلة للطاولات الأربع في كل ساعة (عينة) في الأعمدة (E, D, C, B) كما هو موضح على الشكل (٤-٩). يستحسن هنا إضافة عنوان توضيحي للمثال في بداية الورقة وبعض العبارات التوضيحية للمثال.

| الساعة | الوقت المستغرق لتسليم الوجبة في الطاولة (الدقيقة) |           |           |           |           |
|--------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | الطاولة ١   | الطاولة ٢ | الطاولة ٣ | الطاولة ٤ | الطاولة ٥ |
| 1      | 16  | 18        | 21        | 23        |           |
| 2      | 26  | 20        | 19        | 19        |           |
| 3      | 20  | 22        | 18        | 18        |           |
| 4      | 24  | 16        | 22        | 20        |           |
| 5      | 17  | 19        | 24        | 17        |           |
| 6      | 17  | 17        | 15        | 18        |           |
| 7      | 22  | 12        | 20        | 22        |           |
| 8      | 24  | 19        | 19        | 17        |           |
| 9      | 18  | 18        | 20        | 14        |           |
| 10     | 17  | 23        | 19        | 15        |           |
| 11     | 20  | 20        | 17        | 21        |           |
| 12     | 21  | 17        | 21        | 23        |           |
| 13     | 22  | 17        | 22        | 17        |           |
| 14     | 16  | 19        | 18        | 19        |           |
| 15     | 17  | 18        | 15        | 23        |           |
| 16     | 19  | 17        | 21        | 17        |           |
| 17     | 19  | 19        | 13        | 16        |           |
| 18     | 21  | 14        | 17        | 16        |           |
| 19     | 18  | 17        | 25        | 18        |           |
| 20     | 20  | 18        | 20        | 19        |           |
| 21     | 23  | 21        | 23        | 21        |           |
| 22     | 20  | 20        | 20        | 14        |           |
| 23     | 18  | 18        | 26        | 15        |           |
| 24     | 20  | 22        | 23        | 21        |           |
| 25     | 23  | 22        | 21        | 24        |           |
| 26     | 22  | 14        | 21        | 19        |           |
| 27     | 18  | 20        | 18        | 22        |           |
| 28     | 19  | 20        | 16        | 14        |           |
| 29     | 21  | 19        | 16        | 20        |           |
| 30     | 22  | 22        | 18        | 21        |           |

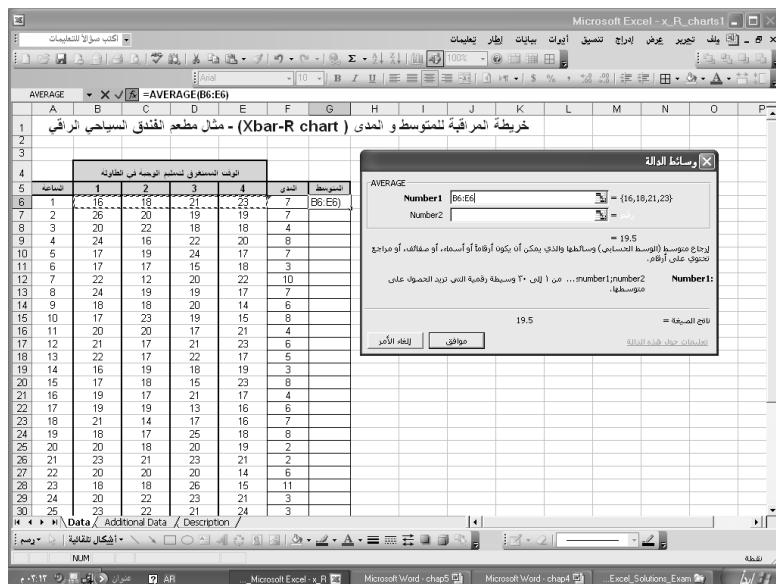
الجدول ٤-٥ نتائج مراقبة عملية خدمية في مطعم



**الشكل ٩-٤** إدخال بيانات المثال في ورقة الميكروسوف特 أكسل

نقوم الآن بحساب المدى R لجميع العينات باستعمال شريط الصيغ الحسابية (fx) وسوف نضع النتيجة في العمود (F). لحساب مدى العينة ١ نضغط بالفأرة على الخلية (F6) وثم نضغط في خانة شريط الصيغ الحسابية ونكتب = وختار الدالة MAX(B6:E6)-MIN(B6:E6)) حينها تظهر النتيجة قيمة ٧. لحساب المدى R لباقي العينات نقوم بتطبيق نفس الصيغة الحسابية على بقية الخلايا وهذا بسحب الفأرة مضغوطة من الخلية (F7) إلى الخلية (F35).

نحسب الآن القيم المتوسطة لجميع العينات وسوف نضع النتيجة في خلايا العمود (G). نضغط في الخلية (G6) ثم نضغط على شريط الصيغ الحسابية ونكتب =" وختار الدالة (AVERAGE) التي تمثل القيمة المتوسطة لمجموعة بيانات التي نقوم بتحديدها بالضغط على الفأرة. هنا لدينا الحال (B6:E6). ومن ثم نضغط موافق أو (Enter) (الشكل ٩-٤)). بعد ذلك نقوم بتطبيق نفس الصيغة الحسابية على الخلايا (G7) إلى (G35)، ونحصل على النتائج المسجلة في الجدول (٩-٦).



**الشكل ١٠-٤ حساب متوسط العينات**

**حساب حدود الضبط لكل من المدى والمتوسط** نقوم أولاً بحساب قيمة متوسط مدى العينات وهذا باستعمال الصيغة الحسابية  $K12 = \text{AVERAGE}(F6:F35)$  ونحصل على النتيجة (0.73). وكذلك نحسب قيمة متوسط المتوسطات حسب الصيغة الحسابية  $K15 = \text{AVERAGE}(G6:G35)$  التي تعطينا نتيجة 19.29.

نحسب حدود الضبط لخريطة المدى بحيث نضع قيمة الحد الأعلى للضبط في الخلية K19 ونستعمل الصيغة :  $K19 = 2.282 * K12 = 2.282 * 0.73 = 1.66$  ونحصل على قيمة الحد الأعلى  $K21 = 19.29 + 1.66 = 20.95$ .

ونستعمل الصيغة :  $K12 = 0 * K12 = 0$  نحصل على قيمة الحد الأعلى (0).

نحسب الآن حدود الضبط لخريطة المتوسط بحيث نضع قيمة الحد الأعلى في الخلية K25 ونستعمل الصيغة الحسابية :  $K25 = K15 + 0.729 * K12 = 19.29 + 0.729 * 0.73 = 19.29 + 0.53 = 19.82$ . وبالمثل نحسب الحد الأدنى في الخلية K26 حسب الصيغة  $K26 = K15 - 0.729 * K12 = 19.29 - 0.729 * 0.73 = 19.29 - 0.53 = 18.76$ .

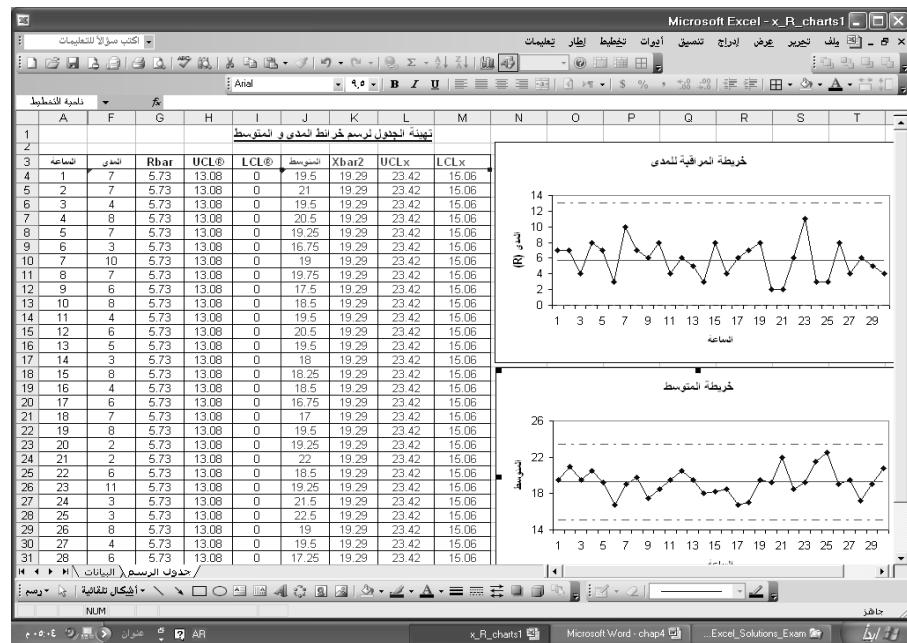
بعد أن قمنا بإجراء جميع الحسابات الضرورية لرسم خرائط المراقبة للمدى والمتوسط، نقوم بتهيئة جدول آخر في ورقة ثانية في نفس المستند ونضع فيها البيانات الخاصة برقم العينة، قيم المدى، قيمة متوسط مدى العينات، حدود الضبط للمدى، فيم المتوسط لكل العينات، متوسط المتوسطات وحدود الضبط للمتوسط. كل قيمة في عمود وكل العينات الثلاثين.

| الساعة | المدى | المتوسط | الساعة | المدى | المتوسط |
|--------|-------|---------|--------|-------|---------|
| 1      | 7     | 19.50   | 16     | 4     | 18.50   |
| 2      | 7     | 21.00   | 17     | 6     | 16.75   |
| 3      | 4     | 19.50   | 18     | 7     | 17.00   |
| 4      | 8     | 20.50   | 19     | 8     | 19.50   |
| 5      | 7     | 19.25   | 20     | 2     | 19.25   |
| 6      | 3     | 16.75   | 21     | 2     | 22.00   |
| 7      | 10    | 19.00   | 22     | 6     | 18.50   |
| 8      | 7     | 19.75   | 23     | 11    | 19.25   |
| 9      | 6     | 17.50   | 24     | 3     | 21.50   |
| 10     | 8     | 18.50   | 25     | 3     | 22.50   |
| 11     | 4     | 19.50   | 26     | 8     | 19.00   |
| 12     | 6     | 20.50   | 27     | 4     | 19.50   |
| 13     | 5     | 19.50   | 28     | 6     | 17.25   |
| 14     | 3     | 18.00   | 29     | 5     | 19.00   |
| 15     | 8     | 18.25   | 30     | 4     | 20.75   |

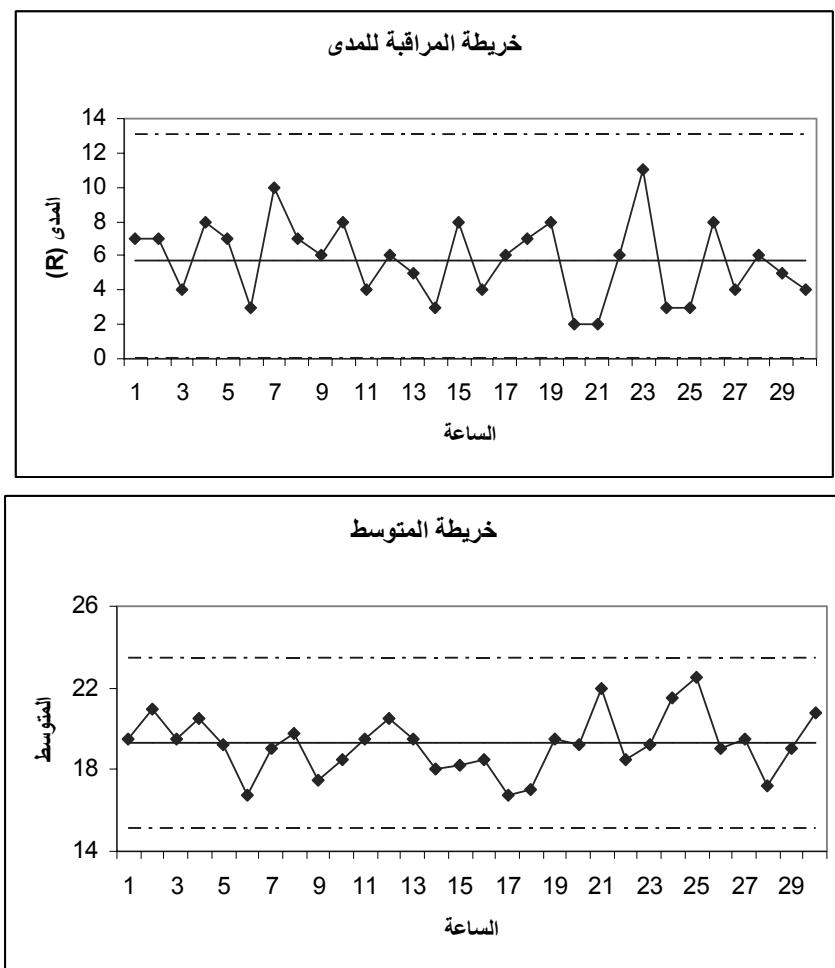
الجدول ٦-٤ قيم المدى ومتوسط كل العينات

سوف نستعمل هذا الجدول لرسم خريطي المراقبة للمدى والمتوسط باستعمال معالج المخططات الموجود مع البرنامج. هذه الخطوة موضحة من خلال الشكل (١١-٤) والتي نحصل بعدها على خرائط المراقبة الموضحة في الشكل (١٢-٤).

من خلال تحليل الخريطتين يتبين أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط في الخريطتين وبالتالي فإن العملية الخدمية في المطعم تعتبر تحت الضبط الإحصائي.



الشكل ٤-٤ تبيّنة جدول رسم الخرائط على ورقة اكسل



الشكل ١٢-٤ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى للخدمة في مطعم الفندق

#### ٢-٩ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على برنامج المينيتاب

لمراقبة الإنتاج في مصنع الخرسانة الجاهزة قام مدير الجودة بفحص عينات من المنتج خلال شهر بحيث تسحب ثلاثة عينات كل يوم وتقاس مقاومة الخرسانة للضغط (Compressive strength MPa) وتم تسجيل البيانات على الجدول (٤-٧).

| Day | Sample 1 | Sample 2 | Sample 3 | Day | Sample 1 | Sample 2 | Sample 3 |
|-----|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|
| 1   | 36.1     | 38.5     | 34.9     | 16  | 33.3     | 35.9     | 29.4     |
| 2   | 29.4     | 31.4     | 31.0     | 17  | 32.8     | 30.6     | 31.0     |
| 3   | 49.6     | 42.8     | 39.1     | 18  | 36.8     | 35.2     | 35.8     |
| 4   | 36.5     | 35.9     | 35.0     | 19  | 37.0     | 33.8     | 34.7     |
| 5   | 40.6     | 44.4     | 41.7     | 20  | 36.9     | 38.9     | 32.9     |
| 6   | 37.5     | 38.8     | 38.0     | 21  | 34.0     | 34.0     | 34.0     |
| 7   | 29.0     | 31.0     | 28.3     | 22  | 37.5     | 39.0     | 38.7     |
| 8   | 33.9     | 34.0     | 33.9     | 23  | 41.8     | 39.4     | 39.6     |
| 9   | 32.4     | 31.8     | 34.5     | 24  | 39.8     | 38.1     | 35.2     |
| 10  | 34.3     | 31.7     | 34.7     | 25  | 40.6     | 40.6     | 40.6     |
| 11  | 32.8     | 32.8     | 32.8     | 26  | 37.5     | 33.7     | 35.0     |
| 12  | 26.8     | 30.5     | 28.9     | 27  | 39.2     | 42.8     | 43.5     |
| 13  | 40.7     | 37.4     | 38.2     | 28  | 33.8     | 36.4     | 34.2     |
| 14  | 39.2     | 39.0     | 43.0     | 29  | 38.5     | 40.4     | 39.0     |
| 15  | 35.5     | 36.6     | 37.3     | 30  | 41.8     | 34.0     | 43.5     |

#### الجدول ٤-٧ نتائج مقاومة الضغط للخرسانة الجاهزة في مصنع الإنتاج لدى أحد

الموردين لمشاريع الجامعة (Aichouni, 2012)

من خلال برنامج المينيتاب تقوم بمساعدة مدير الجودة في المصنع في تحليل العملية لمعرفة مدى إستقرار العملية الإنتاجية (Process stability) وهذا هيئه لدراسة مدى قدرة العملية الإنتاجية على تحقيق مواصفات التصميم ومواصفات العملاء. إذن ستقوم بعمل خرائط المراقبة للقيمة المتوسطة والمدى لهذه العملية الإنتاجية لدراسة إستقرار العملية وإستكشاف فرص التحسين فيها. نلاحظ هنا أن خاصية الجودة التي تقوم بدراستها والمتمثلة في مقاومة الخرسانة للضغط تعتبر من المتغيرات (Variables) كونها من الخصائص المقاسة.

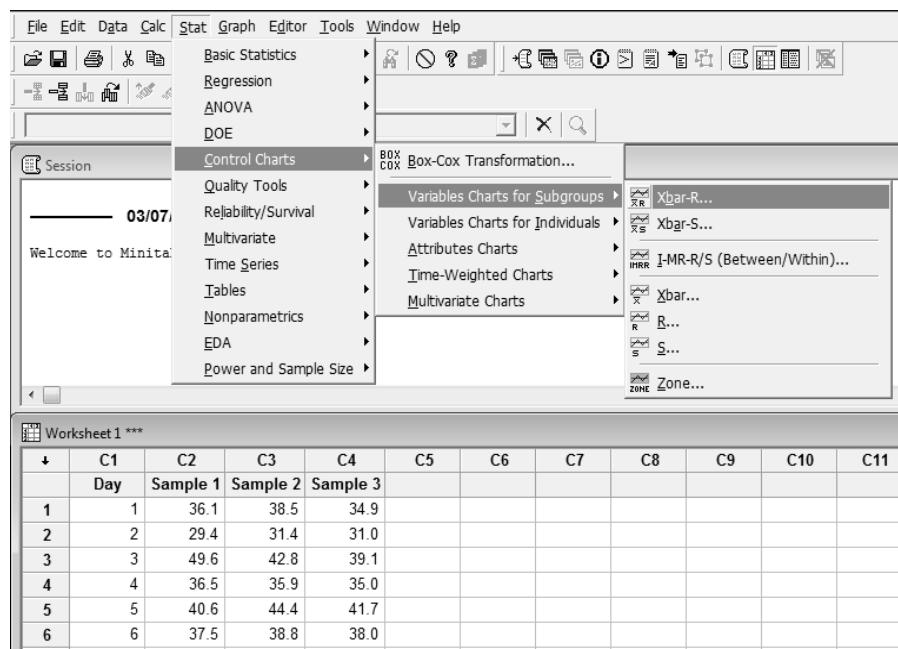
نقوم بإدخال البيانات في برنامج المينيتاب كما هو موضح على الشكل (٤-١٣).

Worksheet1 \*\*\*

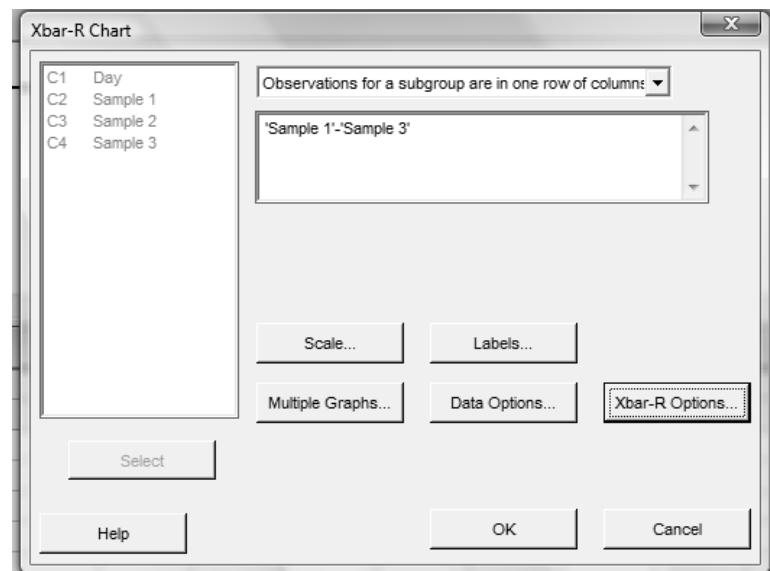
|   | C1  | C2       | C3       | C4       | C5 |
|---|-----|----------|----------|----------|----|
|   | Day | Sample 1 | Sample 2 | Sample 3 |    |
| 1 | 1   | 36.1     | 38.5     | 34.9     |    |
| 2 | 2   | 29.4     | 31.4     | 31.0     |    |
| 3 | 3   | 49.6     | 42.8     | 39.1     |    |
| 4 | 4   | 36.5     | 35.9     | 35.0     |    |
| 5 | 5   | 40.6     | 44.4     | 41.7     |    |
| 6 | 6   | 37.5     | 38.8     | 38.0     |    |
| 7 | 7   | 29.0     | 31.0     | 28.3     |    |
| 8 | 8   | 33.9     | 34.0     | 33.9     |    |
| 9 | 9   | 32.4     | 31.8     | 34.8     |    |

**الشكل ٤-١٣** إدخال بيانات المثال في ورقة عمل الميغاب

من قائمة (Stat) ثم نختار (Control Charts) ثم (Variables Charts for Subgroups) وبعدها (Xbar-R...). بعدها تفتح نافذة حوار (Xbar-R Chart) حينها نقوم بإختيار (Subgroups observations for a subgroup are in one row of columns) كون بيانات العينات لكل يوم موجودة في سطر، ومن ثم البيانات ('sample1'-'sample3') كما هو موضح على الشكل (٤-١٥) ثم نختار (OK).

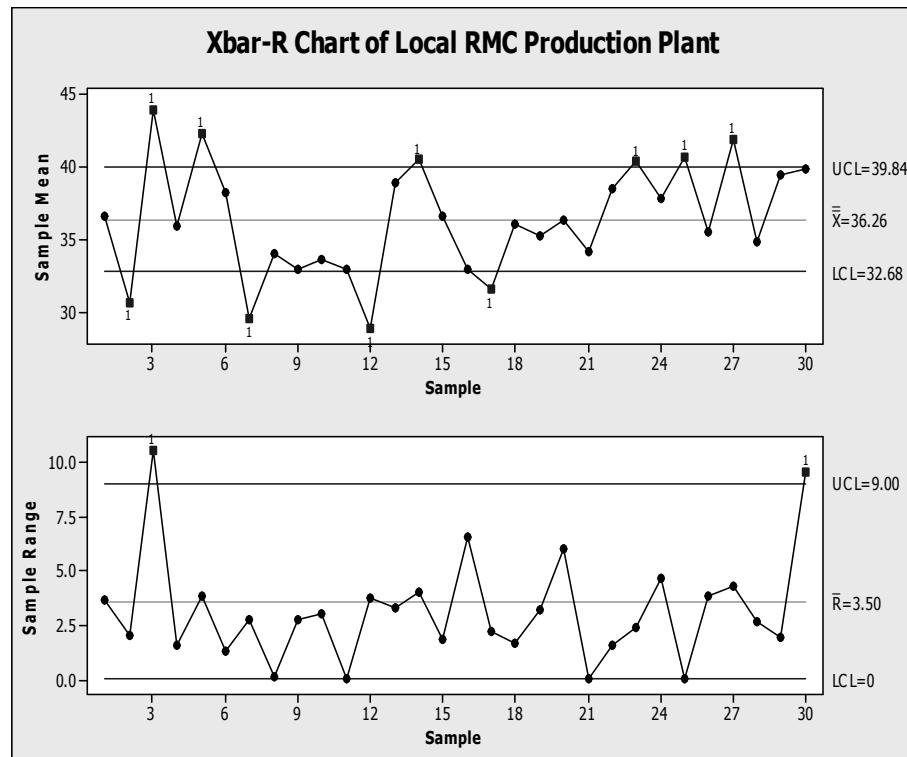


**الشكل ٤-٤** إختيار خرائط المراقبة للمتوسط والمدى على المينيتاب



**الشكل ٥-٤** إختيار البيانات

نحصل على الخريطيتين الموضحة على الشكل (١٦-٤) والتي تظهر أن العملية الإنتاجية في المصنع غير مستقرة وتقع تحت تأثير أسباب خاصة يجب البحث عنها وإزالتها من العملية.



الشكل ١٦-٤ خرائط المراقبة للمتوسط والمدى للخرسانة الجاهزة

**تحليل الخرائط:** كنا قد عرضنا في الفصل الثاني المثال من خلل عرض التوزيع التكراري للعملية الإنتاجية (الشكل ١٨-٢) والذي يبين أن توزيع العملية فيه الكثير من التشتت على الرغم من أنه مطابق لمواصفات التصميم ( $T=21\text{ MPa}$ ) حيث نلاحظ أن جل الإنتاج يتعدى المواصفة المطلوبة بسبة عالية جداً (المتوسط  $36.26$  والإنحراف المعياري  $= 4.09$ ). هنا يتأكد لنا ما وصلنا إليه من وجود تغيرات

وإختلافات كبيرة في الخرسانة تعود إلى وجود أسباب خاصة تؤثر في العملية وتجعلها غير مستقرة إحصائيا وغير متحكم فيها. حسب تحليل إيشيكawa وعمل مخطط السبب والنتيجة لشكل وجود الاختلافات الكبيرة في خصائص الخرسانة والموضع على الشكل (٢١-٢) إتضح لنا أن هناك مجموعة من الأسباب الكامنة ضمن العملية والتي تلعب دوراً رئيسياً في إحداث التغيرات في الخرسانة ولعل منها سوء تدريب العمال، وعدم معايرة أجهزة القياس والوزن المستعملة في إنتاج الخرسانة، بالإضافة إلى بعض الأسباب ذات العلاقة بعملية تصميم خلطة الخرسانة. ومن هذا التحليل فإننا ننصح إدارة المصنع بالعمل على توفير برامج تدريب (Training programs) للعمال لتزويدهم بالمهارات الضرورية في مجال عملهم وكذلك مهارات الجودة والتحسين المستمر للعمليات بالإضافة إلى عمل برامج صيانة دورية للأجهزة والمعدات ومعايرة وفحص أجهزة القياس (Calibration).

## ١٠ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري ( $\bar{X}$ -s Charts)

على الرغم من أن خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ( $\bar{X}$ -R Charts) هي الأكثر استعمالاً لمراقبة العمليات الإنتاجية والخدامية إلا أن الكثير من المؤسسات تستعمل خريطة المراقبة للانحراف المعياري (s-Chart) لمراقبة مقدار التشتت في خصائص الجودة مقترنة مع خريطة المراقبة للمتوسط لمراقبة تغيرات القيمة المتوسطة في العملية. وتعتبر خريطة المراقبة للانحراف المعياري أكثر دقة من خريطة المراقبة للمدى وهذا لأن قيمة الانحراف المعياري التي تحسب بأخذ جميع البيانات هي أكثر دقة من المدى الذي يحسب من قيمتين (أكبر قيمة ( $X_L$ ) وأصغر قيمة ( $X_S$ )) كمقاييس للتشتت. تستعمل خريطة المراقبة للانحراف المعياري مع خريطة المتوسط بصفة خاصة إذا كان حجم العينات كبيراً (١٠ وحدات فما فوق) وتسمى بخريطة المتوسط والانحراف المعياري

(Besterfield, 1998, p. 130) (  $\bar{X}-s-charts$  )  
٤٢٠ .

### ١-١٠ خطوات عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري

تبني خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري على نفس المبادئ التي استعملناها في بناء خرائط المراقبة للمتوسط والمدى، أي أننا نتبع الخطوات التالية:

**الخطوة الأولى - سحب العينات وإجراء عمليات القياس :** نقوم بسحب عدد  $g$  من العينات المتتالية بحيث تكون هذا العدد يساوي أو أكبر من ٢٠، وتحتوي كل عينة على مجموعة  $n \leq 10$  من وحدات المنتج. عادة ما نأخذ ٣، ٤ أو ٥ وحدات في كل عينة و يجب أن يكون هذا العدد ثابتا في جميع العينات، ونقوم بإجراء عمليات القياس على خاصية الجودة المراد مراقبتها.

**الخطوة الثانية - عمل خريطة المراقبة للانحراف المعياري (s Chart) :** وهذا يإتباع الخطوات العملية التالية:

١. نقوم بحساب القيمة المتوسطة  $\bar{X}$  والانحراف المعياري  $s$  لكل عينة من خلال المعادلات التالية:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

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

٢. حساب القيمة المتوسطة لقيم الانحراف المعياري للعينات:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^g s_i}{g} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_g}{g}$$

### ٣. حساب حدود الضبط للانحراف المعياري :

$$LCL_s = B_3 \cdot \bar{s} \quad \text{الحد الأدنى للانحراف المعياري :}$$

$$UCL_s = B_4 \cdot \bar{s} \quad \text{الحد الأعلى للانحراف المعياري :}$$

( ) : معاملات ثابتة يتم اختيارها من الجدول (A-2) في الملحقات وهذا حسب حجم العينة.

### ٤. رسم خريطة الانحراف المعياري مع حدود الضبط والخط المركز الممثل بقيمة $(\bar{s})$ .

٥. يميل بعض العلماء في هذه المرحلة إلى تحليل خريطة الانحراف المعياري بحيث إذا دلت هذه الخريطة على استقرار العملية فسنواصل مع عمل خريطة المراقبة للمتوسط ( $\bar{X}$  chart) في حين لا يرى البعض الآخر ذلك ضروريا.

**الخطوة الثالثة :** عمل خريطة المراقبة للمتوسط ( $\bar{X}$  - chart) وهذا باتباع الخطوات العملية التالية:

١. من قيم متوسط العينات التي قمنا بحسابها في الأول نقوم بحساب القيمة المتوسطة لهذه القيم حسب العلاقة:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_g}{g}$$

أين تمثل ( $\bar{X}_i$ ) القيمة المتوسطة في كل عينة.

٢. حساب حدود الضبط للمتوسط (يلاحظ هنا أن هذه الحدود تكون مغایرة نوعا ما عن الحدود التي حسبت لخريطة المتوسط والمدى إذ تحسب هذه الحدود هنا بدالة القيمة المتوسطة للانحرافات المعيارية) حسب المعادلات التالية :

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{s} \quad \text{الحد الأدنى للضبط للمتوسط :}$$

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{s} \quad \text{الحد الأعلى للضبط للمتوسط :}$$

- (A<sub>3</sub>) : معامل ثابت يتم اختياره من الجدول (A-2) المشار إليه آنفا.
٣. رسم خريطة المراقبة للمتوسط مع حدود الضبط والخطأ المركب.
  ٤. دراسة الخريطة وتحديد أسباب أي انحرافات قد نلاحظها فيها وهذا في ضوء القوانين التي قمنا بعرضها في الفقرة ٣ من هذا الفصل وخاصة مراقبة العمليات.

## ٢-١٠ مثال عن خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري

فرضنا أننا نود مراقبة عملية إنتاجية وبعد سحب ١٠ عينات من المنتج على فترات مختلفة أجرينا عملية قياس خاصية الجودة وتحصلنا على النتائج المدونة في الجدول (٤-٨).

| العينة | الملحوظات (نتائج القياسات) |       |       |       |  |
|--------|----------------------------|-------|-------|-------|--|
| 1      | 46.12                      | 49.43 | 53.35 | 53.38 |  |
| 2      | 50.49                      | 52.57 | 48.69 | 53.18 |  |
| 3      | 54.46                      | 48.99 | 51.94 | 44.55 |  |
| 4      | 44.34                      | 50.62 | 48.68 | 48.63 |  |
| 5      | 52.08                      | 48.53 | 48.57 | 46.23 |  |
| 6      | 51.62                      | 49.94 | 52.70 | 51.19 |  |
| 7      | 48.63                      | 50.76 | 50.40 | 48.97 |  |
| 8      | 50.94                      | 48.62 | 50.29 | 49.13 |  |
| 9      | 49.40                      | 48.87 | 48.57 | 50.60 |  |
| 10     | 50.64                      | 47.97 | 48.58 | 48.46 |  |

جدول ٤-٨ نتائج قياسات خاصية الجودة للمنتج في العملية الإنتاجية

سوف نقوم في هذا المثال بعمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري Charts ( $\bar{X}$ -s ) لمراقبة التغيرات الواقعية في العملية الإنتاجية وتحديد فيما إذا كانت العملية تقع تحت الضبط الإحصائي أم لا.

من خلال جدول البيانات يتضح أن لدينا ١٠ عينات وكل عينة تحتوي على ٤ وحدات من المنتج. يجب أن تلاحظ هنا عزيزي القارئ أن عدد العينات يعتبر قليلاً

لعمل خرائط المراقبة للمتغيرات في المجالات الإنتاجية والخدمية إذ أن المتعارف عليه هو عينة فما فوق، وإنما أخذنا هذا العدد على سبيل تبسيط طريقة عرض التقنية.

القاعدة العامة هي أنه يجب أن نبدأ أولاً بعمل خريطة المراقبة للانحراف المعياري ( $s$ )

حسب الخطوات التالية:

١. نقوم بحساب القيمة المتوسطة  $\bar{X}$  لكل عينة من خلال المعادلة التالية:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

مثلاً بالنسبة للعينة ١ :

$$\bar{X}_1 = \frac{46.12 + 49.43 + 53.35 + 53.38}{4} = 50.57$$

وبنفس الطريقة نكمل حساب المتوسطات لبقية العينات وندون النتائج على الجدول .(٨-٤)

ثم نحسب الانحراف المعياري لكل العينات :

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

فبالنسبة للعينة ١ نحسب الانحراف المعياري كما يلي:

$$s_1 = \sqrt{\frac{1}{4-1} (46.12 - 50.57)^2 + (49.43 - 50.57)^2 + (53.35 - 50.57)^2 + (53.38 - 50.57)^2} \\ s_1 = 3.50$$

وبنفس الطريقة نكمل حساب الانحراف المعياري لبقية العينات ونسجل النتائج على الجدول (٤-٩).

٢. نحسب بعد ذلك القيمة المتوسطة لقيم الانحراف المعياري للعينات:

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^g s_i}{g} = \frac{s_1 + s_2 + \dots + s_g}{g}$$

$$\bar{s} = \frac{3.50 + 2.05 + 4.26 + 2.65 + 2.41 + 1.14 + 1.04 + 1.06 + 0.89 + 1.18}{10}$$

$$\bar{s} = 2.02$$

| العينة | الملاحظات (نتائج القياسات) |       |       |       |       | المتوسط $\bar{X}$ | الانحراف المعياري s |
|--------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|---------------------|
| 1      | 46.12                      | 49.43 | 53.35 | 53.38 | 50.57 | 3.50              |                     |
| 2      | 50.49                      | 52.57 | 48.69 | 53.18 | 51.23 | 2.05              |                     |
| 3      | 54.46                      | 48.99 | 51.94 | 44.55 | 49.99 | 4.26              |                     |
| 4      | 44.34                      | 50.62 | 48.68 | 48.63 | 48.07 | 2.65              |                     |
| 5      | 52.08                      | 48.53 | 48.57 | 46.23 | 48.85 | 2.41              |                     |
| 6      | 51.62                      | 49.94 | 52.70 | 51.19 | 51.36 | 1.14              |                     |
| 7      | 48.63                      | 50.76 | 50.40 | 48.97 | 49.69 | 1.04              |                     |
| 8      | 50.94                      | 48.62 | 50.29 | 49.13 | 49.74 | 1.06              |                     |
| 9      | 49.40                      | 48.87 | 48.57 | 50.60 | 49.36 | 0.89              |                     |
| 10     | 50.64                      | 47.97 | 48.58 | 48.46 | 48.91 | 1.18              |                     |

الجدول ٤-٩ نتائج حساب المتوسط والانحراف المعياري لكل العينات

٣. نقوم الآن بحساب حدود الضبط للانحراف المعياري :

من الجدول (A-2) نقوم باختيار المعاملات الثابتة ( $B_3$  و  $B_4$ ) بحيث لدينا ( $n=4$ )

$$B_4=2.266 \quad B_3=0$$

$$LCL_s = B_3 \cdot \bar{s}$$

$$LCL_s = 0 \times 2.02 = 0 \quad \text{الحد الأدنى للضبط للانحراف المعياري :}$$

$$UCL_s = B_4 \cdot \bar{s}$$

$$UCL_s = 2.266 \times 2.02 = 4.575 \quad \text{الحد الأعلى للضبط للانحراف المعياري :}$$

بهذا تكون قد أتمينا تشكيل خريطة المراقبة للانحراف المعياري وبعد هذا فسنواصل مع

عمل خريطة المراقبة للمتوسط ( $\bar{X}$  chart) وهذا بإتباع الخطوات التالية:

١. من قيم متوسط العينات التي قمنا بحسابها في الأول نقوم بحساب القيمة

المتوسطة لهذه القيم حسب العلاقة:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_g}{g}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{50.57 + 51.23 + 49.99 + 48.07 + 48.85 + 51.36 + 49.69 + 49.74 + 49.36 + 48.91}{10}$$

$$\bar{\bar{X}} = 49.78$$

٢. نقوم بعد ذلك بحساب حدود الضبط للمتوسط كما يلي :

من الجدول (A-2) نقوم باختيار المعامل الثابت  $A_3 = 1.628$  المناسب لحجم العينة

$n=4$

الحد الأدنى للضبط للمتوسط :

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{s}$$

$$LCL_{\bar{X}} = 49.78 - (1.628 \times 2.02)$$

$$LCL_{\bar{X}} = 46.491$$

الحد الأعلى للضبط للمتوسط :

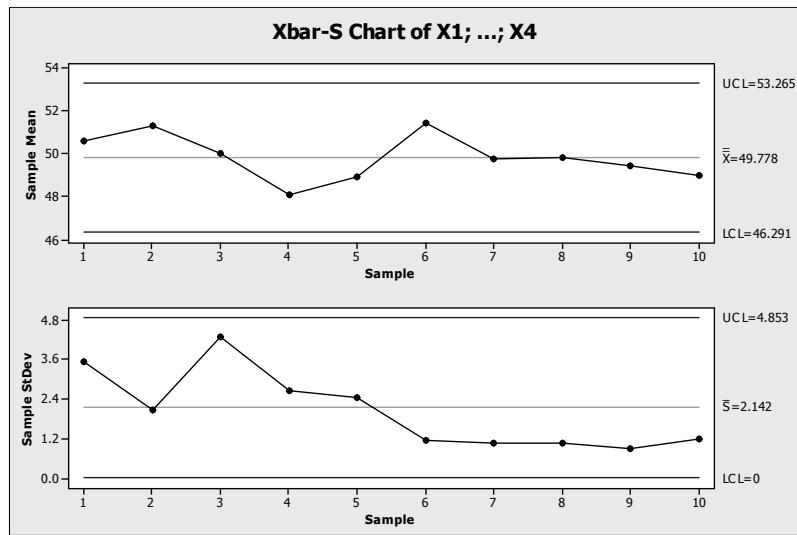
$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{s}$$

$$UCL_{\bar{X}} = 49.78 + (1.628 \times 2.02)$$

$$UCL_{\bar{X}} = 53.065$$

٣. نقوم الآن برسم الخريطتين مع بعض لمراقبة كل من الانحراف المعياري والمتوسط حسب ما هو موضح على الشكل (٤-١٧).

٤. دراسة وتحليل الخرائط : من الشكل (٤-١٧) يتضح أن جميع النقاط تقع في داخل حدود الضبط في كلا الخريطتين إلا أن خريطة المراقبة للانحراف المعياري تظهر حالة التعاقب له نقاط أسفل الخط المركز وهذا مؤشر على وجود أسباب خاصة تؤثر على استقرار العملية الإنتاجية ويتجه على فريق الجودة القائم على العملية البحث عن هذه الأسباب وإزالتها من العملية من أجل تحسين العملية وتفادي تصنيع كميات كبيرة من الإنتاج المعيب.



الشكل ١٧-٤ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري للعملية

## ١١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري بإستخدام برنامج الميكروسوفت إكسيل والمينيتاب

### ١-١١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري على برنامج الميكروسوفت إكسيل

اعتمدت إحدى الشركات العاملة مع شركة فورد للسيارات استعمال تقنيات الضبط الإحصائي للعمليات لمراقبة عملياتها بهدف تحسين جودة منتجاتها وتحفيض تكاليف التصنيع. أحد المكونات الأساسية في مقاعد السيارات هو الزنبرك أو النابض (Spring) الذي يصنع من سلك معدني قطره ٤ مم بحيث يتم قطع السلك على طول ٥٠٠ مم باستعمال آلة قطع خاصة. حسب المواصفات، فإن أي انحراف عن هذه القيمة الاسمية قد يؤثر سلبا على جودة الزنبرك مما قد يتسبب في التأثير على راحة وأمن راكب السيارة. من أجل مراقبة عملية قص السلك على الآلة، يقوم مفتش

الجودة بسحب عينات عشوائية مكونة من ٤ وحدات كل ساعة عمل ومن ثم إجراء عملية قياس الطول لكل وحدة (الجدول ٤-١٠)). سوف نقوم بعمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري لدراسة استقرار العملية الإنتاجية ونظراً لكثره الحسابات وتشابه البيانات فإن برنامج الميكروسوفت إكسيل يكون ضرورياً في هذه الحالة.

نقوم أولاً بفتح ورقة عمل إكسيل جديدة ونبدأ بإدخال البيانات بحيث نسجل أرقام العينات في العمود A وبيانات القطع في خلايا الأعمدة (B,C,D,E). يستحسن هنا إضافة عنوان للمثال في بداية الورقة وبعض العبارات التوضيحية وكذلك كتابة معطيات المثال كقيم المعاملات الثابتة التي سنستعملها لحساب حدود الضبط. تسمح هذه الإضافات بالرجوع إلى المثال وتتبع خطوات عمل الخرائط في أي وقت نشاء.

في العمود (F) سوف نحسب قيم المتوسط لجميع العينات بحيث نبدأ بالعينة ١ التي نضع قيمة متوسطها في الخلية (F4) باستعمال الصيغة الحسابية (=AVERAGE(B4:E4)) ، ولحساب متوسطات بقية العينات نقوم بتطبيق الصيغة نفسها الحسابية على الخلايا المتداة من (F5) إلى (F28).

| نتائج قياس الطول (مم) |                |                |                | العينة |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| X <sub>4</sub>        | X <sub>3</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>1</sub> |        |
| 501.10                | 504.34         | 501.65         | 501.02         | 1      |
| 500.41                | 499.47         | 498.89         | 499.80         | 2      |
| 500.41                | 500.34         | 498.35         | 497.12         | 3      |
| 499.44                | 499.74         | 501.39         | 500.68         | 4      |
| 499.44                | 498.00         | 500.92         | 495.87         | 5      |
| 500.03                | 502.10         | 499.22         | 497.89         | 6      |
| 503.51                | 498.74         | 501.04         | 497.24         | 7      |
| 505.37                | 499.06         | 504.53         | 501.22         | 8      |
| 502.39                | 497.96         | 501.11         | 499.15         | 9      |
| 499.33                | 500.05         | 505.99         | 498.90         | 10     |
| 500.72                | 497.57         | 497.8          | 497.38         | 11     |
| 496.48                | 501.35         | 500.99         | 499.70         | 12     |
| 501.27                | 495.21         | 500.46         | 501.44         | 13     |
| 501.27                | 500.32         | 495.54         | 498.26         | 14     |
| 501.22                | 500.60         | 497.00         | 497.57         | 15     |
| 500.44                | 500.60         | 502.07         | 500.95         | 16     |
| 502.36                | 501.18         | 500.56         | 499.7          | 17     |
| 504.98                | 501.18         | 502.09         | 501.57         | 18     |
| 501.84                | 498.68         | 500.92         | 504.20         | 19     |
| 501.84                | 500.67         | 501.82         | 498.61         | 20     |
| 497.36                | 500.67         | 501.82         | 499.05         | 21     |
| 501.95                | 501.79         | 494.08         | 497.85         | 22     |
| 503.56                | 503.06         | 503.12         | 501.08         | 23     |
| 502.88                | 501.09         | 501.18         | 500.75         | 24     |
| 499.39                | 498.76         | 501.44         | 502.03         | 25     |

الجدول ٤ - نتائج فحص وحدات الزنبرك (Springs) في الشركة (لير)

في العمود (J) سوف نحسب قيم الانحراف المعياري لجميع العينات بحيث نبدأ بالعينة ١ التي نضع قيمة متوسطها في الخلية (J4) باستعمال الصيغة الحسابية

حساب قيم الانحراف المعياري لبقية العينات نقوم بتطبيق (=STDEV(B4:E4))

نفس الصيغة الحسابية على الخلايا الممتدة من (J5) إلى (J28).

نحسب بعد ذلك حدود الضبط للانحراف المعياري ونبدأ بحساب الخط المركز والممثل بالقيمة المتوسطة للانحرافات المعيارية ( $\bar{s}$ ). نضع هذه القيمة في الخلية (P12)

ونستعمل الصيغة الحسابية (= AVERAGE(J4:J28))

في الخلية (P14) نحسب الحد الأعلى للانحراف المعياري حسب الصيغة (=

(P8\*P12)، وفي الخلية (P16) نحسب الحد الأدنى للانحراف المعياري حسب الصيغة

(= P7\*P12). نلاحظ هنا أننا كنا قد وضعنا في الخلايا (P7) و(P8) قيميتي

المعاملات الثابتة (B<sub>3</sub>) و(B<sub>4</sub>) المستعملة في قوانين حساب حدود الضبط للانحراف

المعياري. من خلال هذه العمليات نحصل على النتائج التالية :

$$CL = \bar{s} = 1.91$$

$$UCL_s = 4.32$$

$$LCL_s = 0$$

نقوم بعد ذلك بحساب حدود الضبط للمتوسط بحيث نبدأ بحساب الخط المركز

والممثل بالقيمة المتوسطة للمتوسطات ( $\bar{\bar{X}}$ ). نضع النتيجة في الخلية (P20)

ونستعمل الصيغة الحسابية (= AVERAGE(F4:F28))

في الخلية (P22) نحسب الحد الأعلى للمتوسط حسب الصيغة :

= P20+P6\*P12 و في الخلية (P24) نحسب الحد الأدنى للمتوسط حسب الصيغة :

نلاحظ هنا أننا كنا قد وضعنا في الخلية (P6) قيمة المعامل الثابت (A<sub>3</sub>) المستعمل

في قوانين حساب حدود الضبط للمتوسط . من خلال هذه العمليات نحصل على

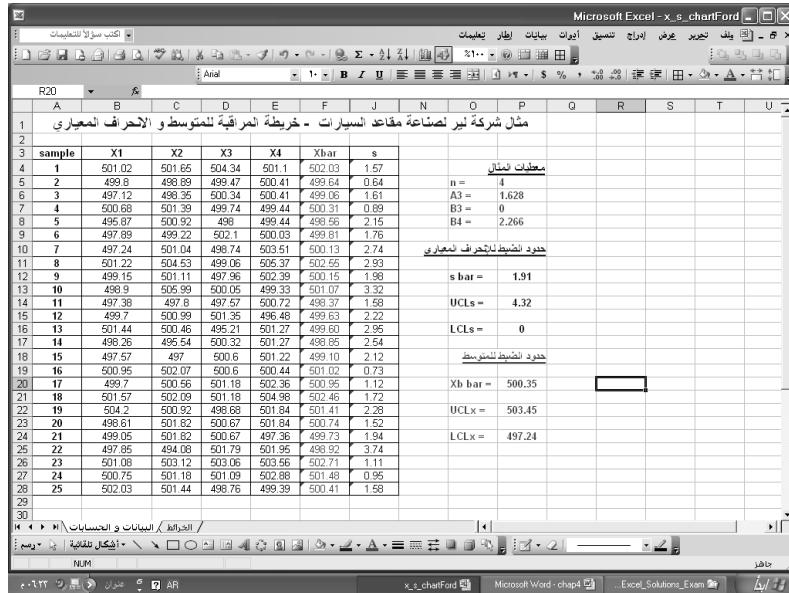
النتائج التالية :

$$CL = \bar{\bar{X}} = 500.35$$

$$UCL_{\bar{X}} = 503.45$$

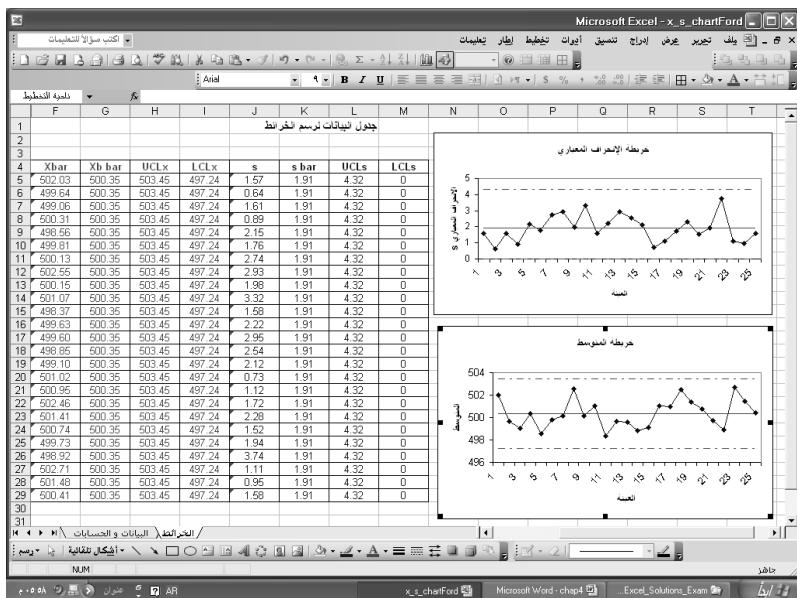
$$LCL_{\bar{X}} = 497.24$$

الشكل (٤-١٨) يلخص هذه الخطوات الأساسية في عمل خرائط المتوسط والانحراف المعياري لهذا المثال الذي نحن بصدده دراسته.



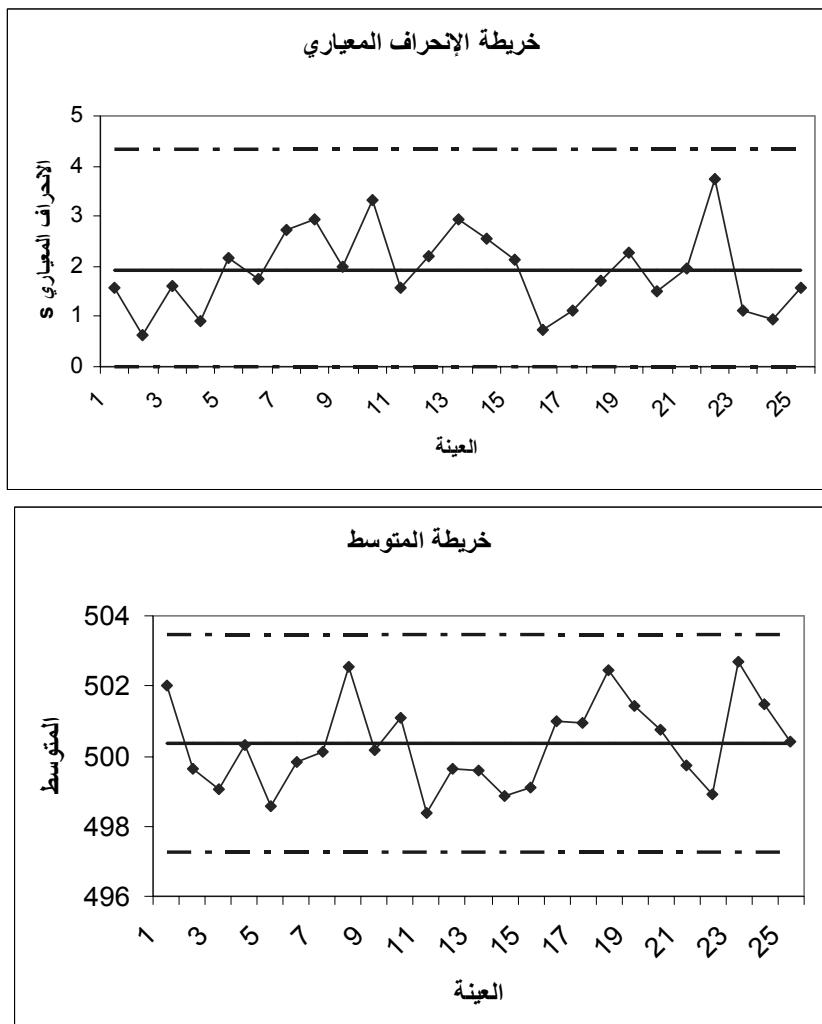
الشكل ٤-١٨ حدول بيانات المثال ونتائج حساب المتوسط ( $\bar{X}$ ) والانحراف المعياري (s) لكل العينات

بعد أن قمنا بحساب جميع البيانات الضرورية لرسم الخريطتين سوف نقوم بتحجيم حدول يساعدنا في رسم الخريطتين بحيث ننشئ ورقة عمل جديدة في نفس الملف ونضع فيها البيانات التالية متسلسلة: رقم العينة، المتوسطات ( $\bar{X}$ )، قيمة متوسط المتوسطات ( $\bar{\bar{X}}$ )، الحد الأعلى للمتوسط ( $UCL_x$ )، الحد الأدنى للمتوسط ( $LCL_x$ )، الانحرافات المعيارية (s)، متوسط الانحرافات المعيارية ( $\bar{s}$ )، الحد الأعلى ( $UCL_s$ ) والحد الأدنى للانحراف المعياري ( $LCL_s$ ). وباستعمال معالج المخططات (Chart Wizard) تقوم برسم الخريطتين وإجراء التنسيقات الالزامية لقراءتها وتحليلها وهذا ما نوضحه من خلال الشكل (٤-١٩).



**الشكل ٤-١٩** تكيبة جدول لرسم خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري

من خلال خريطي المراقبة ( $\bar{X}$ -s) الموضحتين على الشكل (٤-٢٠) يتبيّن لنا أن كل التغييرات الموجودة في العملية تعتبر تغييرات طبيعية وتعود إلى الأسباب العامة ولا يوجد أي مؤشر لوجود أسباب خاصة تؤثّر على سير العملية التصنيعية لدى الشركة، ومنه نستنتج أن العملية التصنيعية واقعة تحت المراقبة الإحصائية ويمكن استعمال حدود الضبط لمراقبة العملية في المستقبل.



الشكل ٤-٤ خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري لمنتج شركة لير

٤-١١ عمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري بإستخدام المينيتاب في أحد البنوك الوطنية خصص مدير العمليات صرافاً للعمليات السريعة (Express Teller) وحدد هدفاً يتمثل في أن تتم عملية الإيداع أو السحب في وقت قياسي لا

يتجاوز ٦٠ ثانية. لمراقبة جودة العملية قام المدير بسحب استثمارات لستة عمليات في اليوم خلال شهر وسجل الوقت المستغرق لإتمام العملية على الجدول (٤-١١).

| Day      | التاريخ<br>اليوم<br>Date | العمليات |      |      |      |      |      |
|----------|--------------------------|----------|------|------|------|------|------|
|          |                          | Op 1     | Op 2 | Op 3 | Op 4 | Op 5 | Op 6 |
| السبت    | 03/05                    | 63       | 55   | 56   | 53   | 61   | 64   |
| الأحد    | 04/05                    | 60       | 63   | 60   | 65   | 61   | 66   |
| الإثنين  | 05/05                    | 57       | 60   | 61   | 65   | 66   | 62   |
| الثلاثاء | 06/05                    | 58       | 64   | 60   | 61   | 57   | 65   |
| الأربعاء | 07/05                    | 79       | 68   | 65   | 61   | 74   | 71   |
| السبت    | 10/05                    | 55       | 66   | 62   | 63   | 56   | 52   |
| الأحد    | 11/05                    | 57       | 61   | 58   | 64   | 55   | 63   |
| الإثنين  | 12/05                    | 58       | 51   | 61   | 57   | 66   | 59   |
| الثلاثاء | 13/05                    | 65       | 66   | 62   | 68   | 61   | 67   |
| الأربعاء | 14/05                    | 73       | 66   | 61   | 70   | 72   | 78   |
| السبت    | 17/05                    | 57       | 63   | 56   | 64   | 62   | 59   |
| الأحد    | 18/05                    | 66       | 63   | 65   | 59   | 70   | 61   |
| الإثنين  | 19/05                    | 63       | 53   | 69   | 60   | 61   | 58   |
| الثلاثاء | 20/05                    | 68       | 67   | 59   | 58   | 65   | 59   |
| الأربعاء | 21/05                    | 70       | 62   | 66   | 80   | 71   | 76   |
| السبت    | 24/05                    | 65       | 59   | 60   | 61   | 62   | 65   |
| الأحد    | 25/05                    | 63       | 69   | 58   | 56   | 66   | 61   |
| الإثنين  | 26/05                    | 61       | 56   | 62   | 59   | 57   | 55   |
| الثلاثاء | 27/05                    | 65       | 57   | 69   | 62   | 58   | 72   |
| الأربعاء | 28/05                    | 70       | 60   | 67   | 79   | 75   | 68   |

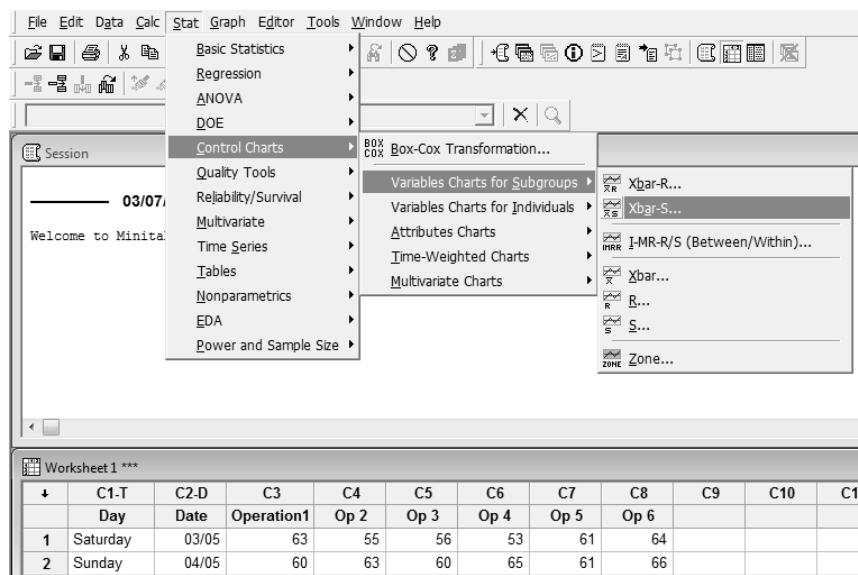
الجدول ٤-١١ الوقت المستغرق لأداء العملية البنكية (بالثانية)

من خلال عمل خرائط المراقبة للمدى والانحراف المعياري ( $s - \bar{X}$ ) عن طريق برنامج المينيتاب سنقوم بدراسة العملية البنكية ومدى إستقرارها إحصائيا. نقوم أولا بإدخال البيانات في برنامج المينيتاب كما هو موضح على الشكل (٤-٢١).

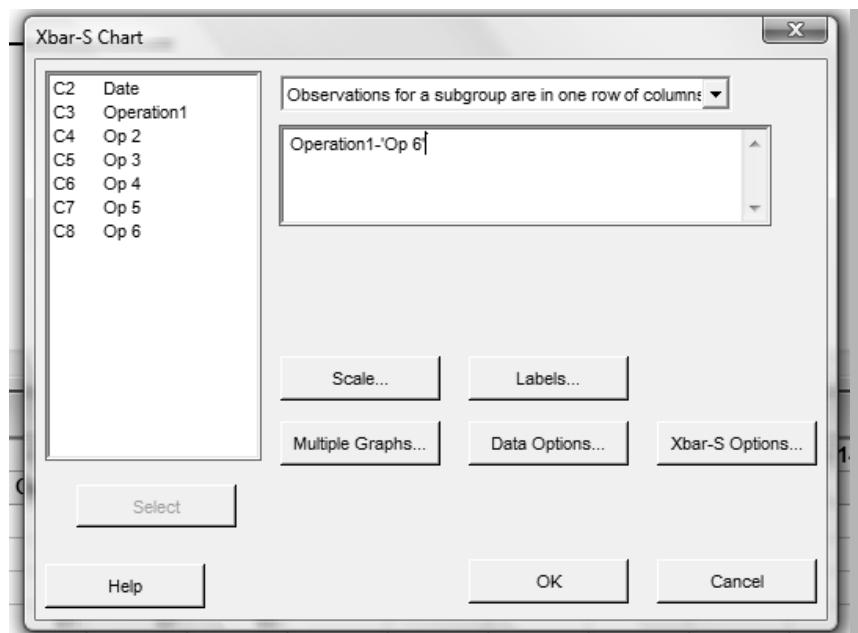
| Worksheet 1 *** |           |       |            |      |      |      |      |      |
|-----------------|-----------|-------|------------|------|------|------|------|------|
|                 | C1-T      | C2-D  | C3         | C4   | C5   | C6   | C7   | C8   |
|                 | Day       | Date  | Operation1 | Op 2 | Op 3 | Op 4 | Op 5 | Op 6 |
| 1               | Saturday  | 03/05 | 63         | 55   | 56   | 53   | 61   | 64   |
| 2               | Sunday    | 04/05 | 60         | 63   | 60   | 65   | 61   | 66   |
| 3               | Monday    | 05/05 | 57         | 60   | 61   | 65   | 66   | 62   |
| 4               | Tuesday   | 06/05 | 58         | 64   | 60   | 61   | 57   | 65   |
| 5               | Wednesday | 07/05 | 79         | 68   | 65   | 61   | 74   | 71   |
| 6               | Saturday  | 10/05 | 55         | 66   | 62   | 63   | 56   | 52   |
| 7               | Sunday    | 11/05 | 57         | 61   | 58   | 64   | 55   | 63   |
| 8               | Monday    | 12/05 | 58         | 51   | 61   | 57   | 66   | 59   |
| 9               | Tuesday   | 13/05 | 65         | 66   | 62   | 68   | 61   | 67   |
| 10              | Wednesday | 14/05 | 73         | 66   | 61   | 70   | 79   | 78   |

الشكل ٤-٢١ إدخال بيانات المثال على المينيتاب

من قائمة Variables Charts for (Stat) ثم نختار (Control Charts) وبعدها (Xbar-S... Subgroups) (الشكل ٤-٢٢). بعدها تفتح نافذة حوار (Xbar-S Chart) حينها نقوم بإختيار (one row of columns) كون بيانات العينات لكل يوم موجودة في سطر، ومن ثم (OK) كون البيانات ل('operation1'-'Op 6') كما هو موضح على الشكل (٤-٢٣) ثم نختار (OK).

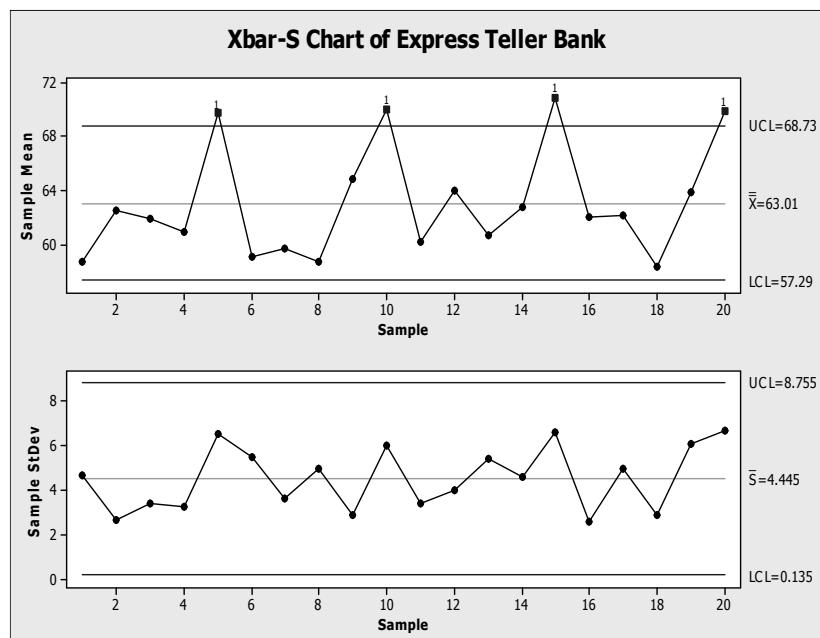


**الشكل ٤-٢٢** اختيار خرائط المراقبة للمتوسط والإنحراف المعياري على المينيتاب



**الشكل ٤-٢٣** إختيار البيانات

نحصل على الخريطيتين الموضحة على الشكل (٤-٢٤) والتي تظهر أن العملية الخدمية في البنك غير مستقرة إحصائيا (Out of control) وتقع تحت تأثير أسباب خاصة يجب البحث عنها وإزالتها من العملية. هنا ننصح مدير العمليات بالرجوع إلى سجلات العمليات للأيام (١٥ - ٢٠) والتي تمثل يوم الأربعاء من كل أسبوع لتحديد الظروف التي وقعت في العملية وكذلك استخدام مخطط عزم السمسكة (أو تحليل إيشيكاو) لتحديد الأسباب الكامنة في العملية والتي تؤدي إلى الوقوع في التفاوت الكبير بين أداء الصراف والمدف المسطر من الإدارة وحدوث حالة عدم الاستقرار والخروج عن المراقبة الإحصائية. يتوجب على مدير العمليات في البنك العمل على تحسين العملية بإزالة الأسباب المؤدية إلى هذه الحالة حتى يتحقق رضا عملائه.



الشكل ٤-٢٤ خرائط المراقبة للمتوسط والإنحراف المعياري للعملية البنكية

## ١٢ أنواع أخرى من خرائط مراقبة المتغيرات

نلاحظ عزيزي القارئ أن معظم خرائط المراقبة للمتغيرات (Control charts for variables) والتي عرضناها في الفقرات السابقة قائمة على مجموعة من الملاحظات في كل عينة (Samples) تؤخذ من العملية ومنها تحسب القيمة المتوسط ( $\bar{X}$ ) أو المدى (R) أو الإنحراف المعياري (s) للعينة. هذه الخرائط لا يمكن استعمالها للبيانات الخاصة بالتكليف مثلًا أو المخزون أو عدد الشكاوى أو في بعض الحالات الصناعية أين لا يمكن الحصول إلا على ملاحظة واحدة فقط من العملية مثل العمليات الإنتاجية المتواصلة كعمليات إنتاج الغاز الطبيعي أو البترول أو الصناعات الصيدلانية. في هذه الحالات تتوفّر لدينا أنواع أخرى من خرائط المراقبة للمتغيرات تستعمل مراقبة العملية، منها:

- خرائط التتابع (Run Charts)
- خرائط المراقبة للقيم الفردية (Individuals Control Charts)
- خرائط المراقبة للمدى المتحرك (Moving Range Charts)
- خرائط المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا (Exponentially Weighted moving average) أو (EWMA charts).

عادةً ما تستعمل خريطة القيم الفردية مع خريطة المدى المتحرك في المجالات الصناعية والخدمية (X-mR Charts) أو (I-mR charts).

### ١-١٢ خرائط التتابع (Run Charts)

#### ١-١-١٢ المفهوم العام لخريطة التتابع

خريطة التتابع هي عبارة عن تمثيل بياني يسمح برسم الملاحظات حسب الترتيب الذي حصلنا عليه من خلال مراقبة العملية الإنتاجية أو الخدمية. تستعمل هذه الخريطة لتبيان نوع التغيرات الواقعة في العملية عبر الزمن وكذلك توضيح فيما إذا كان

هناك أي تحسين قد طرأ على العملية أو بالعكس حدث تدهور في خصائص العملية مع مرور الزمن. يجب أن نلاحظ هنا عزيزي الدارس أن خريطة التتابع ليست خريطة مراقبة حسب التعريف الذي عرضناه في بداية هذا الفصل بحيث أنها لا تحتوي على حدود ضبط وإنما تم إدراجها هنا مع خرائط المراقبة لتشابه الاستعمالات وفعاليتها وسهولة استعمالها في المراقبة السريعة للعمليات الإنتاجية والخدمية. إن خريطة التتابع لا يقتصر استعمالها على مراقبة التغيرات إذ يمكن وببساطة استعمالها لمراقبة الخواص أيضا، فعلى سبيل المثال يمكن عن طريق خريطة التتابع مراقبة التغيرات الواقعة في أبعاد قطعة ميكانيكية على سير خط الإنتاج، وكذلك مراقبة درجة حرارة أو ضغط المريض، وحدوث عدد العيوب في عملية خدمية معينة.

#### **٢-١-١٢ مثال عن خريطة التتابع**

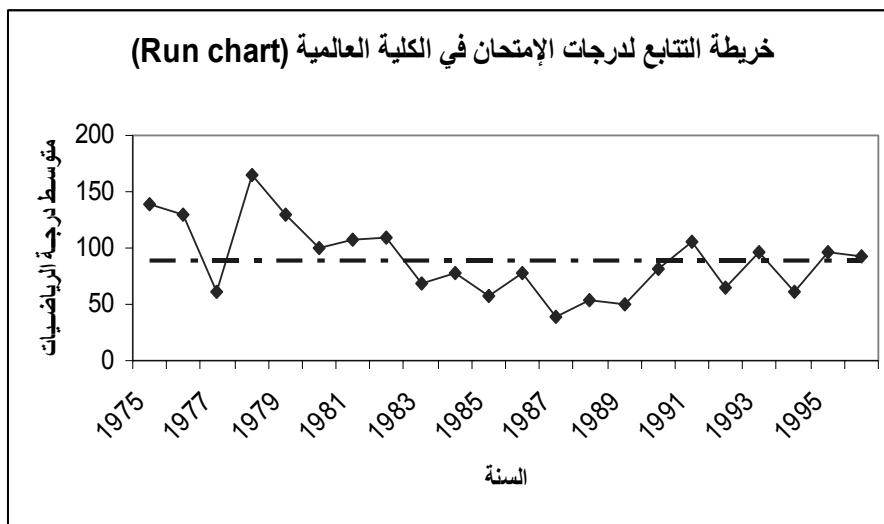
قامت إدارة إحدى الكليات العالمية بإحصاء متوسط الدرجات في مادة الرياضيات المتحصل عليها في امتحان القبول خلال فترة زمنية تمت مدتها ٢٢ سنة وحصلت على النتائج المسجلة في الجدول (٤-١٢).

| السنة  | ٨٥ | ٨٤ | ٨٣ | ٨٢  | ٨١  | ٨٠  | ٧٩  | ٧٨  | ٧٧ | ٧٦  | ١٩٧٥ |
|--------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|------|
| الدرجة | ٥٧ | ٧٨ | ٦٤ | ١١٠ | ١٠٨ | ١٠٠ | ١٢٩ | ١٦٤ | ٦١ | ١٣٠ | ١٣٩  |
| السنة  | ٩٦ | ٩٥ | ٩٤ | ٩٣  | ٩٢  | ٩١  | ٩٠  | ٨٩  | ٨٨ | ٨٧  | ٨٦   |
| الدرجة | ٩٣ | ٩٦ | ٦٢ | ٩٧  | ٦٥  | ١٠٥ | ٨١  | ٥٠  | ٥٣ | ٣٨  | ٧٧   |

**الجدول ٤-١٢ نتائج الرياضيات في امتحان الدخول إلى الكلية خلال ٢٢ سنة**

إذا لرسم خريطة التتابع لهذه القيم نقوم برسمها حسب حدوثها مرتبة في الزمن، أي أننا نرسم متوسط الدرجات بدلالة السنة ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٤-٢٥). يستحسن أن نضيف إلى الخريطة خطأً أفقياً يمثل القيمة الوسطى للبيانات  $(\bar{X} = 89.14)$  التي تم حسابها كما يلي:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{139 + 130 + 61 + \dots + 96 + 93}{22} = 89.14$$



الشكل ٤-٤ رسم خريطة التتابع لدرجات امتحان الرياضيات في الكلية

من خلال هذه الخريطة يتبين لنا أن مستوى الطلبة في مادة الرياضيات كان أحسن في فترة السبعينيات وتقهقر في الثمانينيات ثم يعود إلى التحسن في التسعينيات إلا أنه بقي دون مستوى السبعينيات.

## ٢-١٢ خرائط المراقبة للقيم الفردية (Individuals control charts)

### ١-٢-١٢ المفهوم العام لخرائط المراقبة للقيم الفردية

في كثير من العمليات الصناعية أو الخدمية لا يكون لدينا مجال لأنخذ عينة من العملية، ويكون هذا صحيحاً بالدرجة الأولى في العمليات الإنتاجية المتواصلة (Continuous processes) مثل الصناعات البتروكيمياوية أين يكون لزاماً علينا أن نراقب تغيرات الضغط أو التدفق أو درجة الحرارة، وهذا يتبع جودة المنتج ومراقبة العملية بوجه عام. مثال آخر من الحالات الخدمية أين لا يمكن الحصول إلا على ملاحظة واحدة من العملية وهو متعلق ببيانات الحاسبة أو المصارييف أو تكاليف الجودة للخدمة أو المنتج. في كل هذه الحالات لا يمكن مجدداً أن نأخذ عدة ملاحظات من العملية وهذا لبطء التغيرات في العملية، وبالتالي ففي كل فترة تقوم بأخذ قيمة واحدة للمتغير المراد مراقبته. تسمح البيانات المجمعة التي عادة ما يكون عددها ٢٠ أو أكثر وخلال مدة زمنية معينة (يوم، أسبوع أو شهر) برسم خريطة المراقبة للقيم الفردية (Individuals Control Chart (X chart)).

بخلاف خريطة المراقبة للمتوسط ( $\bar{X}$ -chart) أين قمنا بحساب حدود الضبط بناءً على الانحراف المعياري لمجموعة من البيانات ( $X_i$ ) في كل عينة فإن في خريطة القيم الفردية ليس لدينا إلا قيمة واحدة في كل عينة، ولحساب حدود الضبط لهذه الخريطة لدينا اختيارين اثنين:

١. نحسب الانحراف المعياري  $\sigma$  لمجموع البيانات المتالية والمجمعة من العملية ونقوم بحساب حدود الضبط على حدود ( $\pm 3\sigma$ ).
٢. الطريقة الثانية وهي الأكثر استعمالاً نظراً لاستقرارها وعدم تأثير النتيجة بالتغيرات الواقعية في العملية. تقوم هذه الطريقة على حساب حدود الضبط

باستعمال مفهوم المدى المتحرك (Moving Range (MR)) وهو قيمة الفرق بين قيمتين متتاليتين.

## ٢-٢-١٢ خطوات عمل خريطة المراقبة للقيم الفردية

لعمل خريطة المراقبة للقيم الفردية نقوم بإتباع الخطوات الأساسية التالية:

**الخطوة الأولى :** نقوم بتحديد خاصية الجودة التي يتوجب مراقبتها.

**الخطوة الثانية :** نجمع عدداً من الملاحظات ( $X_i$ ) بحيث يكون العدد مساوياً أو أكبر من ٢٠ ملاحظة ( $n \geq 20$ ) موزعة على فترات مختلفة لإجراء الدراسة المبدئية عن العملية. يجب أن تكون الملاحظات متباينة في الزمن بحيث يمكن الحصول على تغيرات للأسباب الخاصة في العملية.

**الخطوة الثالثة:** سوف تحسب حدود الضبط على حدود ( $\pm 3\sigma$ ) باستعمال مفهوم المدى المتحرك(MRi) المعرف بأنه القيمة المطلقة للفرق بين قيمتين متتاليتين:

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}|$$

نبدأ أولاً بحساب قيم المدى المتحرك لجميع البيانات بحيث نبدأ من العينة رقم ٢ ونحصل بذلك على ( $n-1$ ) قيمة.

نقوم بعد ذلك بحساب القيمة المتوسطة للمدى المتحرك ( $\overline{MR}$ ) :

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=2}^n MR_i}{n-1} = \frac{MR_2 + MR_3 + \dots + MR_n}{n-1}$$

**الخطوة الرابعة :** نقوم بحساب حدود الضبط للخريطة كما يلي:

- **نحسب الخط المركز (CL) للخريطة والمتمثل في القيمة المتوسطة لمجموع البيانات :**

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

وكذلك الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_X = \bar{X} + 3\sigma$$

$$UCL_X = \bar{X} + 3 \frac{\bar{MR}}{d_2} = \bar{X} + 2.66 \bar{MR}$$

ومن ثم نحسب الحد الأدنى للضبط :

$$LCL_X = \bar{X} - 3\sigma$$

$$LCL_X = \bar{X} - 3 \frac{\bar{MR}}{d_2} = \bar{X} - 2.66 \bar{MR}$$

نلاحظ هنا أن  $(d_2)$  هو معامل ثابت يتم اختياره من الجدول (A-2) في الملحق وهنا  $.(d_2=1.128)$ .

**الخطوة الخامسة :** نقوم برسم خريطة المراقبة للقيم الفردية التي يرمز إليها عادة بخريطة (X-mR Chart) وهذا برسم قيم الملاحظات بدلاًلة رقم العينة مع إضافة الخط المركز (CL) وحدود الضبط ( $UCL_X, LCL_X$ ).

**الخطوة السادسة :** نقوم بدراسة وتحليل الخريطة بحيث أنه في حالة وقوع جميع النقاط داخل حدود الضبط وعدم وجود نمط معين في تسلسل النقاط أي عدم حدوث أي حالة للخروج عن الضبط الإحصائي للعملية ففي هذه الحالة تعتمد حدود الضبط هذه لمراقبة العملية في المستقبل. أما في حالة حدوث حالة الخروج عن الضبط الإحصائي فيجب مراجعة حدود الضبط وهذا بالبحث عن الأسباب الخاصة التي أدت إلى حدوثها وإزالتها من العملية ومن ثم حساب حدود ضبط جديدة وهذا في مسعى للتحسين المستمر للعملية.

ملاحظة : فكما أشرنا سابقا يمكن حساب حدود الضبط لخريطة القيم الفردية عن طريق الانحراف المعياري للبيانات (s) بحيث :

$$UCL_X = \bar{X} + 3 \frac{s}{c_4}$$

$$LCL_X = \bar{X} - 3 \frac{s}{c_4}$$

أين  $c_4$  : معامل ثابت نحصل عليه من الجدول (A-2) في الملحقات.

### ٣-٢-١٢ مثال عن خريطة المراقبة للقيم الفردية

في مصنع بيتروكيماويات نقوم بمراقبة إنتاج الغاز الطبيعي عن طريق قياس معدل تدفق الغاز ل ١٠ ساعات ورصدنا النتائج على الجدول (٤-١٣).

| الساعة | التدفق (kg/s) |
|--------|---------------|
| 49.6   | 1             |
| 47.6   | 2             |
| 49.9   | 3             |
| 51.3   | 4             |
| 47.8   | 5             |
| 51.2   | 6             |
| 52.6   | 7             |
| 52.4   | 8             |
| 53.6   | 9             |
| 52.1   | 10            |

جدول ٤ نتائج قياس التدفق

نلاحظ هنا أنه ليس لدينا سوى قيمة واحدة في كل عينة (أي خلال كل ساعة) ومنه فإننا سنقوم باستعمال خريطة المراقبة للقيم الفردية لمراقبة هذه العملية الإنتاجية المتواصلة.

نبدأ أولاً بحساب قيم المدى المتحرك ( $MR_i$ ) لجميع البيانات حسب القانون:

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}|$$

$$MR_2 = |X_2 - X_1| = |47.6 - 49.6| = 2.0 \quad \text{و نبدأ من العينة رقم ٢ :}$$

$$MR_3 = |X_3 - X_2| = |49.9 - 47.6| = 2.3 \quad \text{و كذلك للعينة ٣ :}$$

وبنفس الطريقة لبقية العينات حتى ١٠. لاحظ هنا أننا سنحصل على ٩ قيم للمدى المتحرك، ونرصد هذه النتائج على الجدول كما هو موضح أدناه:

| الساعة | التدفق (kg/s) | المدى المتحرك MRI |
|--------|---------------|-------------------|
| 1      | 49.6          | ----              |
| 2      | 47.6          | 2.0               |
| 3      | 49.9          | 2.3               |
| 4      | 51.3          | 1.4               |
| 5      | 47.8          | 3.5               |
| 6      | 51.2          | 3.4               |
| 7      | 52.6          | 1.4               |
| 8      | 52.4          | 0.2               |
| 9      | 53.6          | 1.2               |
| 10     | 52.1          | 1.5               |

جدول ٤-١٤ نتائج حساب المدى المتحرك

حساب القيمة المتوسطة للمدى المتحرك ( $\overline{MR}$ ) :

$$\overline{MR} = \frac{\sum_{i=2}^n MR_i}{n-1} = \frac{MR_2 + MR_3 + \dots + MR_{10}}{10-1}$$

$$\overline{MR} = \frac{2.0 + 2.3 + 1.4 + 3.5 + 3.4 + 1.4 + 0.2 + 1.2 + 1.5}{9}$$

$$\overline{MR} = 1.88$$

نقوم بحساب القيمة المتوسطة لمجموع البيانات

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{49.6 + 47.6 + \dots + 52.1}{10} = \frac{508.1}{10} = 50.81$$

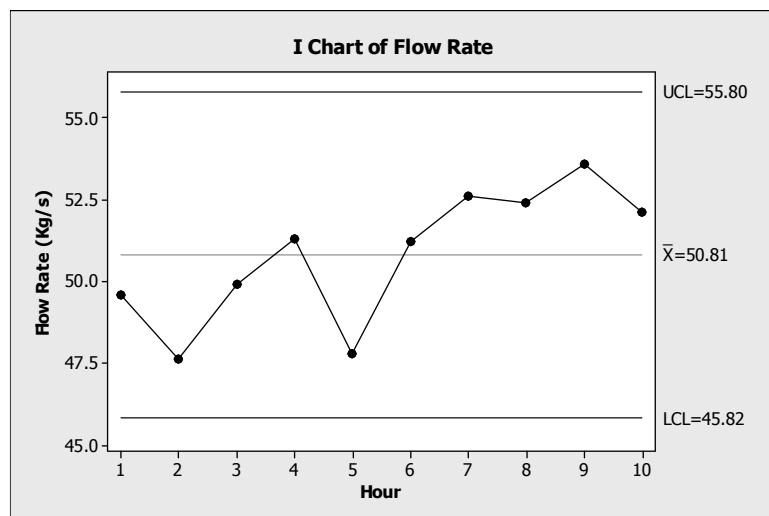
وكذلك نقوم بحساب الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_X = \bar{X} + 2.66\bar{MR} = 50.81 + 2.66 \times 1.88 = 55.80$$

ومن ثم نحسب الحد الأدنى للضبط :

$$LCL_X = \bar{X} - 2.66\bar{MR} = 50.81 - 2.66 \times 1.88 = 45.82$$

بعد أن قمنا بحساب حدود الضبط نقوم برسم خريطة المراقبة للقيم الفردية وهذا برسم قيم الملاحظات بدلالة رقم العينة مع إضافة الخط المركز (CL) وحدود الضبط (UCL<sub>X</sub>, LCL<sub>X</sub>) حيث نحصل على الخريطة المبينة على الشكل (٤-٢٦).



الشكل ٤-٢٦ خريطة المراقبة للقيم الفردية (X Chart) لتدفق الغاز

من خلال هذه الخريطة يتبيّن لنا أن كل النقاط تقع داخل حدود الضبط وأنه لا يوجد أي مؤشر عن حالة الخروج عن الضبط الإحصائي ومنه تعتبر العملية مستقرة إحصائياً ويمكن استعمال حدود الضبط هذه في عملية مراقبة العملية مستقبلاً.

#### **٤-٢-٤ عمل خرائط القيم الفردية والمدى المتحرك (ImR charts)**

##### **بـاستخدام برنامج المينيتاب**

كما قد وضحنا فيما سبق أنه يستحسن إستعمال خريطة القيم الفردية مع خريطة المدى المتحرك في مراقبة العمليات الصناعية والخدمية (X-mR charts) أو (I-mR charts) والتي يمكن عملها عن طريق برنامج المينيتاب بكل سهولة كما سيتبين معنا من خلال المثال التالي.

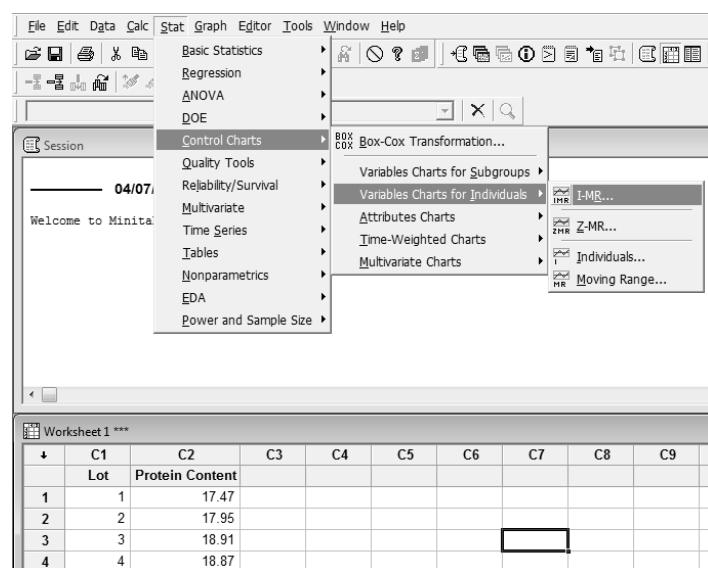
في مؤسسة صناعية رائدة في الصناعات الغذائية قام مفتش الجودة بقياس محتوى البروتينات في ٢٨ دفعه من المنتج الغذائي ورصد النتائج على الجدول (٤-١٥).

| الدفعه | محتوى البروتينات | الدفعه | محتوى البروتينات |
|--------|------------------|--------|------------------|
| 19.01  | 15               | 17.47  | 1                |
| 18.27  | 16               | 17.95  | 2                |
| 18.60  | 17               | 18.91  | 3                |
| 19.46  | 18               | 18.87  | 4                |
| 18.53  | 19               | 18.35  | 5                |
| 18.12  | 20               | 18.44  | 6                |
| 18.48  | 21               | 18.71  | 7                |
| 18.24  | 22               | 18.60  | 8                |
| 18.73  | 23               | 18.80  | 9                |
| 18.40  | 24               | 18.84  | 10               |
| 19.26  | 25               | 19.41  | 11               |
| 18.29  | 26               | 18.82  | 12               |
| 19.46  | 27               | 18.18  | 13               |
| 19.25  | 28               | 18.75  | 14               |

**الجدول ٤-١٥ بيانات محتويات البروتينات**

من خلال خرائط المراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك (ImR-charts) نقوم بدراسة إستقرار العملية الإنتاجية لدى الشركة.

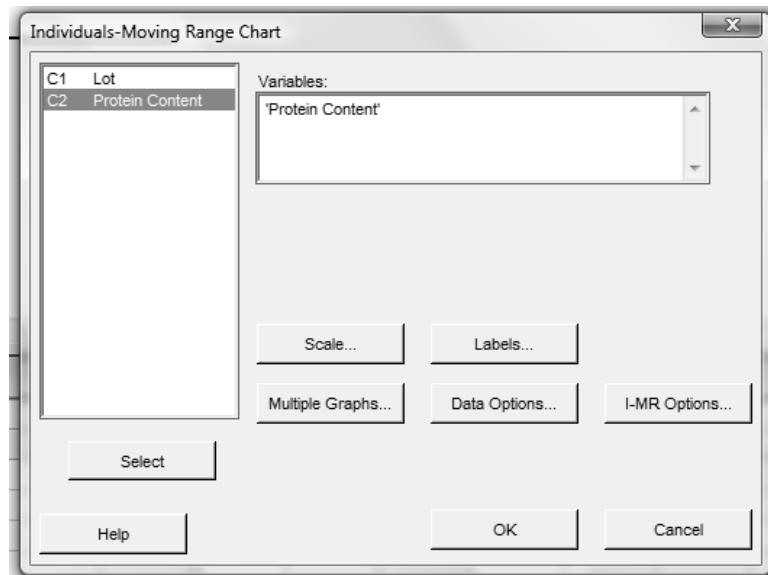
سنقوم بحل المثال على برنامج المينيتاب وهذا بإتباع الخطوات التالية:  
 من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Variables Charts for Individuals) وبعدها (I-MR...). بعدها تفتح نافذة حوار (Variables Moving Range Chart) كما هو موضح على الشكل (٤-٢٨) ثم نختار (OK).



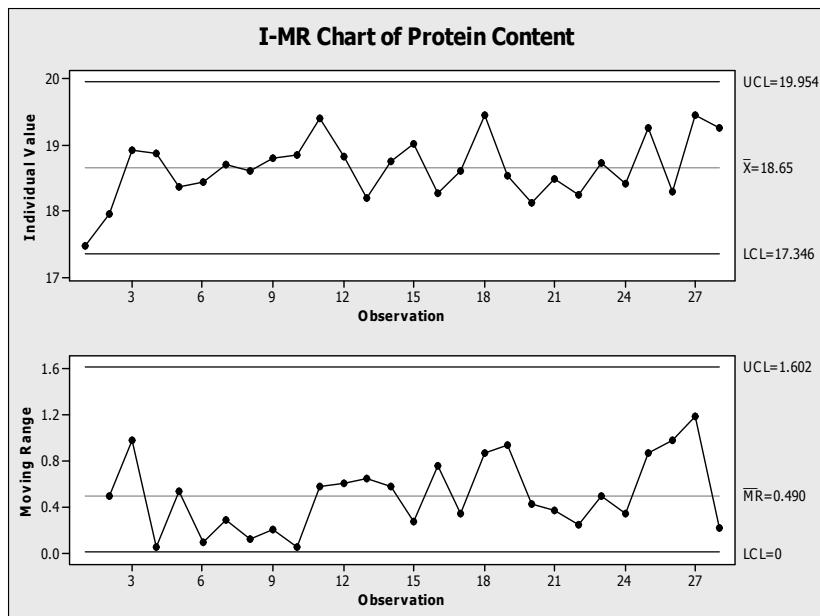
**الشكل ٤-٢٧** عمل خريطة المراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك (I-MR Chart)  
 على برنامج المينيتاب

يبين الشكل (٤-٢٩) خرائط المراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك للعملية الإنتاجية في مصنع الأغذية والتي تظهر بكل وضوح أن العملية مستقرة إحصائيا (Process in Statistical Control) ولا توجد فيها إلا التغيرات الطبيعية (Natural variations)

ولا يوجد أي مؤشر لوجود تغيرات أو اختلافات ذات أسباب خاصة (No special causes variations) .(causes variations



الشكل ٤-٤ إدخال البيانات لعمل خريطة المراقبة للقيم الفردية



الشكل ٤-٢٩ خريطة المراقبة للقيم الفردية والمدى المتحرك

### ٣-١٢ خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا (Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) Control Chart)

#### ١-٣-١٢ المفهوم العام لخريطة المتوسط المتحرك المرجح أسيًا

تستعمل خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا (EWMA) لاكتشاف حالات الخروج عن الضبط الإحصائي بسرعة في العملية وهي جيدة في اكتشاف التغيرات البسيطة التي قد تطرأ على القيمة المتوسطة في العملية. تعتبر خريطة (EWMA) أحسن من خريطة المراقبة للمدى والقيمة المتوسطة ( $\bar{X}$ - $R$  charts) في الاكتشاف المبكر لحالات الخروج عن الضبط الإحصائي في العملية، وتستعمل في العمليات الإنتاجية وكذلك في العمليات الخدمية (المالية والإدارية بوجه خاص) أين يصعب الحصول على عينات تحتوي على عدة ملاحظات في كل مرة. إذا في هذه الخريطة لا تستعمل سوى ملاحظة واحدة فقط ( $n=1$ ) في كل عينة وقد تكون قيمة هذه

الملاحظة متوسط مجموعة من البيانات الفردية، نسب وكسور أو قياسات فردية متغيرة فقط.

تقوم هذه الخريطة على رسم القيم الإحصائية للمتوسط المتحرك المرجح أسييا (EWMA) للملاحظة الحالية والملاحظات السابقة مع إعطاء أكثر وزنا وترجيحاً للملاحظات السابقة كما هو مبين من العلاقة التالية:

$$Z_t = \lambda \cdot x_t + (1 - \lambda) Z_{t-1}$$

أين يمثل ( $Z_t$ ) المتوسط المتحرك المرجح أسييا (EWMA) في الوقت الحالي (أي في الزمن  $t$ ) و( $Z_{t-1}$ ) المتوسط المتحرك المرجح أسييا في الوقت السابق مباشرةً (أي في الزمن ( $t-1$ )) وتمثل نقطة البداية ( $\mu = Z_0$ ) : القيمة المتوسطة للعملية والتي تحسب من جميع النقاط الجموعة. ( $x_t$ ) : هي الملاحظة في الزمن الحالي ( $t$ ) و  $\lambda$  : معامل الترجيح للملاحظة الحالية. بصفة عامة يكون هذا المعامل محصوراً بين 0 و 1 أي ( $0 < \lambda < 1$ ) ويستحسن استعمال قيمة ( $\lambda$ ) بين 0.2 إلى 0.3 ، في حالة ( $\lambda = 0.2$ ) فإن 80% من الوزن سوف يعطى إلى الملاحظات السابقة في حين تحظى الملاحظة الحالية بنسبة 20% من الترجيح، ونشير هنا أن هذه القيمة هي الأكثر استعمالاً في الحالات التطبيقية لمراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية.

يكون تباعين القيمة الإحصائية المتمثلة في المتوسط المتحرك المرجح أسييا (EWMA) :

$$Var(Z_t) = \sigma^2 = \left( \frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) \cdot \sigma^2$$

هنا تمثل ( $\sigma$ ) الانحراف المعياري للعملية الذي يقوم بحسابه من جميع البيانات المجمعة منها، ومنها تحسب حدود الضبط خريطة المتوسط المتحرك المرجح أسييا كما يلي:

$$UCL = \mu + 3\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda}} \quad • \text{ الحد الأعلى للضبط :}$$

$$LCL = \mu - 3\sigma \sqrt{\frac{\lambda}{2 - \lambda}} \quad • \text{ الحد الأدنى للضبط :}$$

ملاحظة : يمكن حساب قيمة تقريرية للانحراف المعياري للعملية من إحدى الطريقيتين:

أ) في الحالة العامة إذا كانت العينة لا تحتوي إلا على ملاحظة واحدة ( $n=1$ ) نستعمل

$$\sigma = \frac{\overline{MR}}{1.128}$$

العلاقة:

ب) إذا كانت العينة تحتوي على أكثر من ملاحظة واحدة ( $n > 1$ ) نستعمل إحدى

$$\sigma = \frac{\bar{s}}{c_4} \quad \sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

العلاقتين : أو . نلاحظ هنا أن هاتين العلاقتين مرتبطة علينا

عندما درسنا خرائط المراقبة للمدى والانحراف المعياري في هذا الفصل.

## ٢-٣-١٢ الخطوات العملية لعمل خريطة المتوسط المتحرك المرجح أسيًا

(EWMA chart)

لعمل خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا (EWMA) نتبع

الخطوات العملية التالية:

**الخطوة الأولى :** نقوم بحساب القيمة التقريرية للانحراف المعياري للعملية (٥) باستعمال إحدى العلاقات السالفة الذكر ونحسب كذلك القيمة المتوسطة للعملية من البيانات المجمعة.

**الخطوة الثانية :** نحدد قيمة معامل الترجيح ( $\lambda$ ) بحيث تكون ( $0 < \lambda < 1$ ).

**الخطوة الثالثة :** نحسب قيم المتوسطات المتحركة المرجحة ( $Z_t$ ) بداية من الزمن ( $t=1$ ) آخذين بعين الاعتبار أن ( $Z_0 = \mu$ ).

**الخطوة الرابعة :** نقوم بحساب حدود الضبط للخريطة حسب المعادلات السابقة.

**الخطوة الخامسة :** نرسم خريطة المراقبة بإسقاط قيم ( $Z_t$ ) بدلاً رقمن العينة أو الزمن ( $t$ ) مع رسم الخط المركز ( $Z_0 = \mu$ ) وحدود الضبط .

**الخطوة السادسة :** تحليل خريطة المراقبة لتحديد فيما إذا كانت العملية منضبطة إحصائيا (Process in control) أم لا (Process out of control).

### ٣-٣-١٢ مثال على عمل خريطة المراقبة (EWMA)

لتوضيح طريقة رسم خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا نقوم بتسجيل ٢٠ ملاحظة متسلسلة في الزمن من عملية إنتاجية متواصلة علماً بأن المعلومات السابقة عن العملية تشير أن متوسط العملية يساوي ٥٠ والانحراف المعياري بها يساوي ٤.

| الزمن      | الملاحظة   | الزمن      | الملاحظة   |            |            |            |            |            |            |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 10<br>50.5 | 9<br>51.2  | 8<br>50.1  | 7<br>51.0  | 6<br>47.0  | 5<br>50.1  | 4<br>49.3  | 3<br>53.0  | 2<br>47.0  | 1<br>52.0  |
| 20<br>52.1 | 19<br>53.6 | 18<br>52.4 | 17<br>52.6 | 16<br>51.2 | 15<br>47.8 | 14<br>51.3 | 13<br>49.9 | 12<br>47.6 | 11<br>49.6 |

الجدول ٤ بيانات عن عملية إنتاجية متواصلة لرسم خريطة (EWMA)

سوف نقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية عن طريق رسم خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا، لذلك فستتبع الخطوات التي عرضناها في الفقرة السابقة. نلاحظ هنا أنه لدينا من تاريخ العملية كل من القيمة المتوسطة في العملية :  $\mu=50$  والانحراف المعياري :  $\sigma=2.054$

نحدد الآن قيمة معامل الترجيح وليكن مثلاً  $\lambda=0.2$  ، نلاحظ أنه بالإمكانأخذ أي قيمة أخرى بين ٠ و ١.

نحسب بعد ذلك قيم:  $Z_0 = \mu = 50$   $Z_t = \lambda x_t + (1-\lambda)Z_{t-1}$  علماً بأن

فمثلاً للزمن  $t=1$  تكون قيمة  $Z_1$ :

$$Z_1 = \lambda x_1 + (1 - \lambda) Z_0$$

$$Z_1 = 0.2 \times 52.0 + (1 - 0.2) \times 50$$

$$Z_1 = 10.4 + 40.0$$

$$Z_1 = 52.47$$

و كذلك للزمن  $t=2$  تكون قيمة  $Z_2$

$$Z_2 = \lambda x_2 + (1 - \lambda) Z_1$$

$$Z_2 = 0.2 \times 47.0 + (1 - 0.2) \times 50.4$$

$$Z_2 = 48.45$$

وبنفس الطريقة نواصل مع بقية البيانات حتى آخر قيمة وهي  $Z_{20}$ .

ندون النتائج على جدول الحسابات (الجدول ١٧-٤) كما هو موضح أدناه.

| الزمن | الملاحظة | المتوسط المتحرك ( $Z_t$ ) |
|-------|----------|---------------------------|
| 1     | 52       | 50.40                     |
| 2     | 47       | 49.72                     |
| 3     | 53       | 50.38                     |
| 4     | 49.3     | 50.16                     |
| 5     | 50.1     | 50.15                     |
| 6     | 47       | 49.52                     |
| 7     | 51       | 49.82                     |
| 8     | 50.1     | 49.87                     |
| 9     | 51.2     | 50.14                     |
| 10    | 50.5     | 50.21                     |
| 11    | 49.6     | 50.09                     |
| 12    | 47.6     | 49.59                     |
| 13    | 49.9     | 49.65                     |
| 14    | 51.3     | 49.98                     |
| 15    | 47.8     | 49.55                     |
| 16    | 51.2     | 49.88                     |
| 17    | 52.6     | 50.42                     |
| 18    | 52.4     | 50.82                     |
| 19    | 53.6     | 51.37                     |
| 20    | 52.1     | 51.52                     |

الجدول ١٧-٤ نتائج حساب المتوسط المتحرك المرجح آسيا (EWMA)

**حساب حدود الضبط حسب العلاقات التالية:**

$$UCL = \mu + 3\sigma \sqrt{\lambda/(2-\lambda)} \quad \text{الحد الأعلى للضبط :}$$

$$LCL = \mu - 3\sigma \sqrt{\lambda/(2-\lambda)} \quad \text{الحد الأدنى للضبط :}$$

قصد تبسيط عملية الحساب وتفادي الوقوع في أخطاء حسابية ينصح بحساب قيمة الجذر التربيعي أولاً ومن ثم حساب حدود الضبط:

$$\sqrt{\lambda/(2-\lambda)} = \sqrt{0.2/(2-0.2)} = \sqrt{0.2/1.8} = \sqrt{0.111} = 0.333$$

ونحسب الحد الأعلى للضبط :

$$UCL = \mu + 3\sigma \sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$$

$$UCL = 50 + 3 \times 2.054 \times 0.333$$

$$UCL = 52.054$$

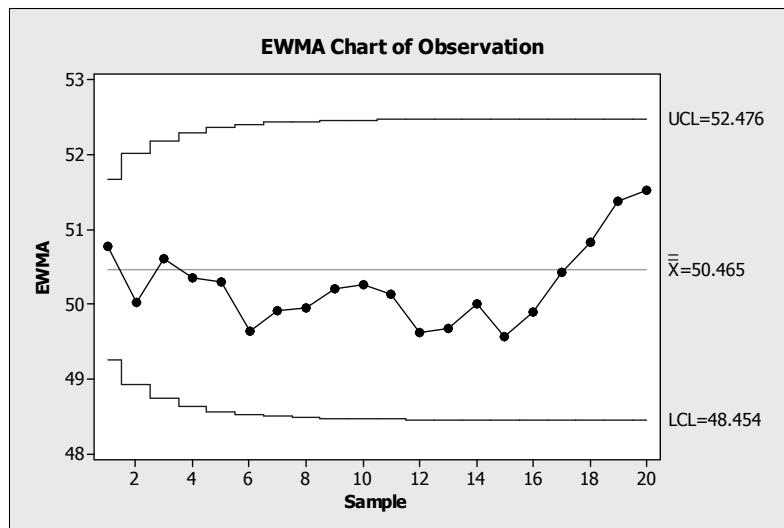
وكذلك الحد الأدنى للضبط :

$$LCL = \mu - 3\sigma \sqrt{\lambda/(2-\lambda)}$$

$$LCL = 50 - 3 \times 2.054 \times 0.333$$

$$LCL = 47.946$$

بعد أن قمنا بحساب قيم ( $Z_t$ ) وحدود الضبط للخريطة نشرع الآن في رسم الخريطة وهذا بإسقاط هذه القيم ( $Z_t$ ) بدالة الزمن أو رقم العينة ( $t$ ) وبإضافة حدود الضبط والخط المركز ونحصل على الخريطة المبينة على الشكل (٤-٣٠).



**الشكل ٤-٣٠** خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسييا (EWMA)

**تحليل الخريطة :** يتبيّن من خريطة المراقبة هذه أن جميع النقاط للمتوسطات المتحركة المرجحة ( $Z_t$ ) تقع داخل حدود الضبط، إلا أن حدوث حالة التعاقب في إتجاه الحد الأعلى للضبط خلال الفترات الخمس الأخيرة في العملية تشير أن العملية غير منضبطة إحصائياً (Process out of Control) نتيجة أسباب خاصة (causes) يجب على فريق تحسين الجودة العمل على تحديدها وإزالتها من العملية.

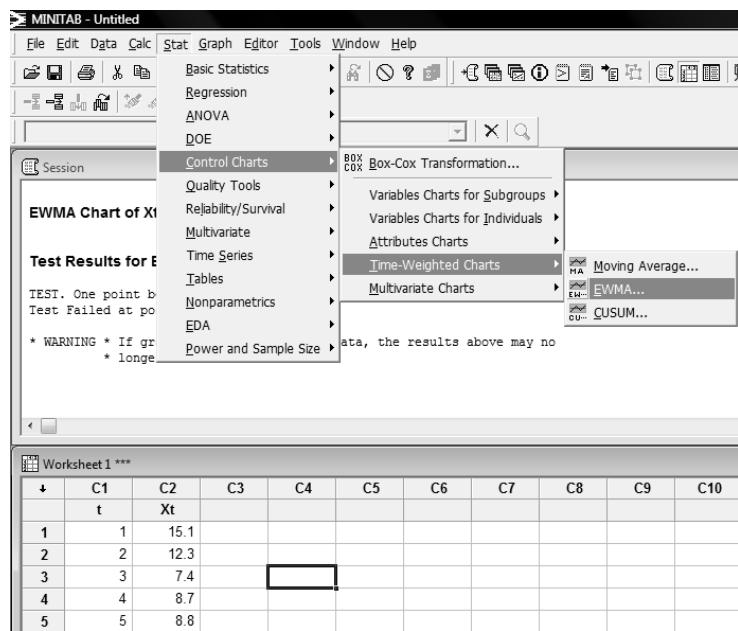
#### ٤-٣-٤ عمل خريطة المتوسط المتحرك المرجح أسييا (EWMA chart) بإستخدام برنامج المينيتاب

في إحدى العمليات الإنتاجية تم قياس خاصية الجودة للمنتج خلال ٢٠ فترة زمنية من مدة الإنتاج (المدول ٤-١٨)، ومن خلال عمل خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك أسييا لهذه البيانات نجد دراسة إستقرار العملية الإنتاجية.

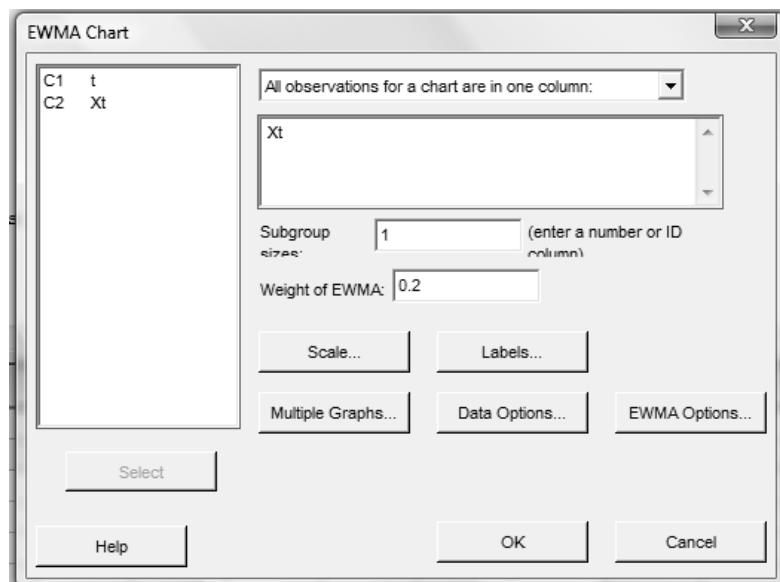
| الزمن | قيمة الخاصية (Xt) | الزمن | قيمة الخاصية (Xt) |
|-------|-------------------|-------|-------------------|
| 1     | 15.1              | 11    | 7.6               |
| 2     | 12.3              | 12    | 6.2               |
| 3     | 7.4               | 13    | 8.2               |
| 4     | 8.7               | 14    | 7.8               |
| 5     | 8.8               | 15    | 6.8               |
| 6     | 11.7              | 16    | 6.1               |
| 7     | 10.2              | 17    | 4.3               |
| 8     | 11.5              | 18    | 8.5               |
| 9     | 11.2              | 19    | 7.7               |
| 10    | 10.2              | 20    | 9.7               |

#### الجدول ٤-١٨ بيانات المثال مدة الإنتاج

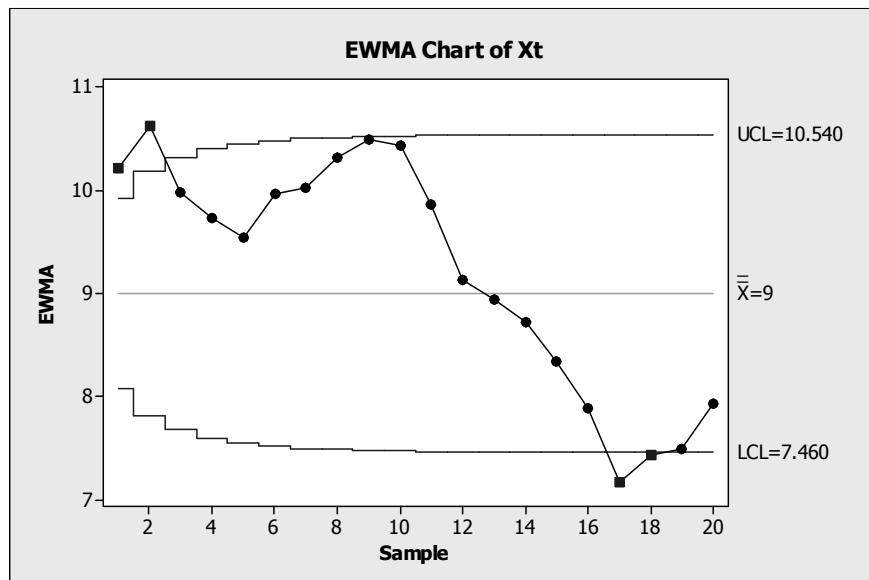
الخل : من قائمة Stat (Control Charts) ثم نختار EWMA Chart (الشكل ٤-٣١). بعدها تفتح نافذة حوار (All observations for a chart are in one column) كون حينها نقوم بإختيار 'observations' كما هو بيان المثال موجودة في عمود واحد، ومن ثم البيانات ('observations')، لنحصل على خريطة EWMA (OK)، لنحصل على خريطة (chart) الموضحة على الشكل (٤-٣٢).



**الشكل ٤-٣١** طريقة عمل خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا على برنامج المينيتاب



**الشكل ٤-٣٢** إدخال البيانات خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا



الشكل ٤-٣٣ خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا (EWMA)

تحليل الخريطة : يتبع من خريطة المراقبة للمتوسط المتحرك المرجح أسيًا (EWMA) أن هناك نقاط خارجة حدود الضبط، مما يدل أن العملية غير منضبطة إحصائياً (Process out of Control) نتيجة وجود أسباب خاصة (Assignable causes) يجب على فريق تحسين الجودة العمل على تحديدها وإزالتها من العملية.

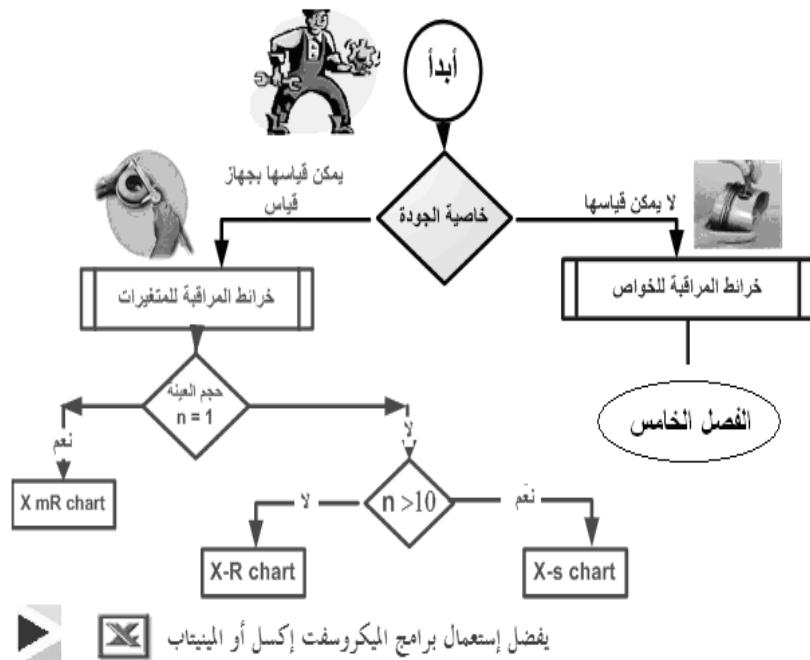
## ١٢ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات

لقد قمنا في هذا الفصل بعرض تقنية المراقبة الإحصائية للعمليات بإستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات (Control charts for variables) كما تم توضيح الطريقة العملية لإنشاء هذه الخرائط واستعمالاتها في مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية من خلال

أمثلة من الواقع العملي تشمل مجالات الصناعات الميكانيكية والغذائية وكذلك الخدمات البنكية.

يمكن استعمال الجدول (٤-١٩) والشكل (٤-٣٤) كدليل مساعد في تحديد الخريطة المناسبة للعملية التي نود مراقبتها حيث تم تلخيص أهم المعلومات التي وردت في الفقرات السابقة حول خصائص خرائط المراقبة للمتغيرات وظروف استعمالها، كما يقدم الجدول (٤-٢٠) ملخصاً للقوانين المستعملة في حساب حدود الضبط لخرائط المراقبة للمتغيرات.

يوفر كل من برنامج الميكروسوفت إكسيل وبرنامج المينيتاب إمكانيات قيمة لرسم وتحليل خرائط المراقبة للمتغيرات بكل سهولة ويسر وينصح كثيراً باستعمالهما في عمل وتحليل هذه الخرائط خلال العمل على برامج التحسين المستمر للعمليات في المنظمات الإنتاجية والخدمية.



الشكل ٤-٤ المخطط العملي لاختيار خريطة المراقبة للمتغيرات المناسبة

| حجم العينة               | ظروف استعمالها  | خريطة المراقبة                          |
|--------------------------|---|---|
| $n = 2 - 8$              | وجود وحدة من المنتج أو ملاحظة من العملية.   | <b>خرائط المتوسط والمدى</b>             |
| $n = 3 - 5$              | ترسم خاصية جودة واحدة.<br>يستخدم في العمليات ذات الإنتاج الكثيف<br>(High Production Rate Processes) | $(\bar{X} - R \text{ charts})$          |
| عادة                     | نفس الظروف لخريطة المدى والمتوسط.   | <b>خرائط المتوسط والانحراف المعياري</b> |
| $n \geq 10$              | تستحسن إذا كانت الاختلافات قليلة  | $(\bar{X} - s \text{ charts})$          |
| وحدة واحدة فقط           | وجود وحدة من المنتج أو ملاحظة من العملية.   | <b>خريطة القيم الفردية</b>              |
| $(n = 1)$                | ترسم خاصية جودة واحدة.<br>تستعمل في العمليات ذات الإنتاج القليل<br>(Low Production Rate Processes)  | $(X-mR \text{ chart})$                  |
| بصفة عامة                |   |   |
| $(n = 1)$                | ترسم خاصية جودة واحدة.<br>الخريطة حساسة للتغيرات المتوسط في العملية.                                | <b>خريطة المتوسط المتحرك المرجح</b>     |
| و يمكن استعمالها في حالة | و يمكن استعمالها في حالة<br>حسابات الخريطة معقدة نوعاً ما و ينصح باستعمال برامج حاسوبية.            | <b>أسيما (EWMA)</b>                     |
| $(n > 1)$                |   |   |

#### الجدول ٤-١٩ خصائص وظروف استعمال خرائط المراقبة للمتغيرات

| الحد الأعلى للضبط                                   | الحد الأدنى للضبط                                   | الخط المركز     | خريطة المراقبة                |
|---|---|-----------------|-------------------------------|
| خريطة   |   |                 |                               |
| $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$ | $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$ | $\bar{\bar{X}}$ | المتوسط<br>( $\bar{X}$ chart) |
| خريطة المدى   |   |                 |                               |
| $UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$                         | $LCL_R = D_3 \cdot \bar{R}$                         | $\bar{R}$       | ( $R$ chart)                  |
| خريطة   |   |                 |                               |
| $UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_3 \cdot \bar{s}$ | $LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_3 \cdot \bar{s}$ | $\bar{\bar{X}}$ | المتوسط<br>( $\bar{X}$ chart) |
| خريطة   |   |                 |                               |
| $UCL_s = B_4 \cdot \bar{s}$                         | $LCL_s = B_3 \cdot \bar{s}$                         | $\bar{s}$       | المعياري<br>( $s$ chart)      |
| خريطة القيم   |   |                 |                               |
| $UCL_X = \bar{X} + 2.66 \bar{MR}$                   | $LCL_X = \bar{X} - 2.66 \bar{MR}$                   | $\bar{X}$       | الفردية<br>X-mR (chart)       |

الجدول ٤ - ٢٠ قوانين حساب حدود الضبط في خرائط المراقبة للمتغيرات

# الفصل الخامس

## المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص

- 
- ١ مقدمة .
  - ٢ أنواع خرائط المراقبة للخواص .
  - ٣ خريطة المراقبة لعدد العيوب (c Chart) .
  - ٤ خريطة المراقبة لسبة المعيب (p Chart) .
  - ٥ خريطة المراقبة لعدد الوحدات غير المطابقة (np chart) .
  - ٦ خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) .
  - ٧ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص .
  - ٨ خارطة الطريق في استعمال خرائط المراقبة في عمليات التحسين .



لقد تبين لنا فيما مضى من الفصول أن الاختلافات في العمليات (Process variations) والتغيرات في خصائص المنتج أو الخدمة هي العدو للجودة ويتوجب علينا العمل على فهمها والتقليل من أثرها في العمليات. عرفنا أيضاً أن خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts for Variables) تستعمل لمراقبة تغيرات خصائص الجودة (Quality characteristics) التي يمكن قياسها وتحديد كمياتها بقيم عديدة ووحدات قياس مثل المتر (m) والكيلوجرام (kg) والثانية(s). فمن بين هذه الخصائص التي من الممكن قياسها نجد الوزن، الطول، الارتفاع، الزمن وإلى غير ذلك من المعاملات الفيزيائية المؤثرة على جودة المنتجات والخدمات. في كثير من العمليات الإنتاجية أو الخدمية فإنه يكون من الصعب أو غير العملي أن نحدد خاصية الجودة للمنتج أو الخدمة عن طريق عمليات القياس، ففي هذه الحالة نلجأ إلى مقارنة خاصية الجودة مع معيار أو مواصفة معينة بحيث يتم تصنيف وحدة المنتج المفحوصة على أنها وحدة مطابقة (conforming unit) أو وحدة غير مطابقة (non-conforming unit)، كما يمكن تصنيف الوحدات كوحدة معيبة (defective unit) أو وحدة غير معيبة (non-defective unit). تسمى هذه الخصائص بالخواص (attributes) ومن بينها نذكر على سبيل المثال لا الحصر عدد الوحدات المنتجة بعيوب معينة كالكراسي الموجودة في الفصل الدراسي بدون مسامير تثبيت أو أقلام بدون غطاء أو عدد الأخطاء الفنية في عملية ما، ونسبة الأخطاء في الفواتير وعدد شكاوى العملاء لدى مصلحة خدمية معينة. عادة ما تكون لدى المنظمات الإنتاجية والخدمية معلومات متوفرة عن هذه الخواص من خلال تقارير الفحص والاختبار أو السجلات اليومية للإنتاج أو استبيانات العملاء، ومن خلال خرائط المراقبة للخواص يمكن مراقبة العملية قصد الكشف المبكر عن أسباب وقوع مشاكل

في جودة مخرجاتها واتخاذ الإجراءات التحسينية التي تؤهل العملية لأن تكون مستقرة وقدرة على تحقيق مواصفات العميل.

## ٢ أنواع خرائط المراقبة للخواص

من أكثر خرائط المراقبة للخواص استعمالاً في الحالات الصناعية والخدمية ما يلي:

أ- خريطة المراقبة لعدد العيوب (c-Chart) : تختص هذه الخريطة عدد العيوب في المنتج أو الخدمة (number of defects or non-conformities).

ب- خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p-Chart) : تختص هذه الخريطة نسبة المعيب في المنتج أو الخدمة (Proportion of defective).

ت- خريطة المراقبة لعدد الوحدات غير المطابقة (np-Chart) : وتحدف هذه الخريطة إلى مراقبة عدد الوحدات الغير مطابقة (number of nonconforming items) في العملية الإنتاجية أو الخدمية.

ث- خريطة المراقبة لعدد المعيب للوحدة الواحدة (u-Chart) : تختص هذه الخريطة دراسة عدد العيوب في الوحدة الواحدة من المنتج أو الخدمة (defects per unit).

سوف يخصص هذا الفصل لعرض الأسس العلمية لهذه الخرائط وطرق إنشائها وتحليلها لمراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية عن طريق أمثلة تطبيقية.

## ٣ خريطة المراقبة لعدد العيوب (c Chart)

من خلال هذه الخريطة يمكن مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية ذات البيانات الغير متصلة وذلك بحساب عدد العيوب في كل الوحدات المنتجة والمفحوصة بالعينة المدروسة (total number of non-conformities (defects) for the

الحالات الملاحظات أكبر من عدد الوحدات في العينة المفحوصة. في هذه الحالة عندما يكون التركيز على عدد العيوب في الوحدة الواحدة من المنتج أو الخدمة، فإن الوحدة قد تكون سيارة أو صفيحة نحاس أو جهاز حاسب كما يمكن أن تكون قسماً في منشأة خدمية أو استئمارة تمت تبعيتها من طرف موظف، وتكون العيوب (non-conformities or defects) التي يمكن تحديدها في الوحدة مثلاً أعداد الأخطاء الموجودة في الاستئمارة أو عدد العيوب في السيارة كالخدوش على الجسم أو عدد الأجزاء الغير مثبتة بالطريقة الصحيحة.

### ١-٣ طريقة عمل خريطة المراقبة لعدد العيوب (c Chart)

بعد رصد نتائج الفحص على العينات المسحوبة من العملية في جدول للبيانات الخام، نقوم بعمل خريطة عدد العيوب بإتباع الخطوات التالية:

#### الخطوة الأولى: حساب متوسط عدد العيوب $\bar{C}$

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^g C_i}{g} = \frac{C_1 + C_2 + \dots + C_g}{g}$$

أين تمثل ( $C_i$ ) عدد العيوب في كل عينة و( $g$ ) عدد العينات المفحوصة.  
يمثل متوسط عدد العيوب  $\bar{C}$  الخط المركب CL للخريطة.

#### الخطوة الثانية: حساب حدود الضبط لعدد العيوب (Control Limits)

لحساب حدود الضبط لعدد العيوب يجب الإشارة إلى أن توزيع عدد العيوب يخضع للتوزيع الاحتمالي ل بواسون (Poisson Distribution) الذي يعتبر حالة خاصة لتوزيع ذي حددين (Binomial Distribution)، ويتميز توزيع بواسون بكون متوسطه  $\bar{C}$  يساوي تباينه ( $s_c^2$ ) وبالتالي فإن الانحراف المعياري لعدد العيوب يكون :

$$\sigma = s_c = \sqrt{\bar{C}}$$

و منه نقوم بحساب حدود الضبط لعدد العيوب كما يلي:

$$UCL_c = \bar{C} + z\sqrt{\bar{C}} \quad \text{أ- الحد الأعلى للضبط :}$$

$$LCL_c = \bar{C} - z\sqrt{\bar{C}} \quad \text{ب- الحد الأدنى للضبط :}$$

يجب أن نلاحظ هنا أن  $z$  معامل ثابت يأخذ قيمة ٢ أو ٣ ويستعمل لتحديد الحدود المراد تحقيقها بحيث نستعمل  $z = 3$  إذا أردنا العمل على حدود الضبط على ٣ أضعاف الانحراف المعياري (٣٥) والتي تحقق نسبة ٩٩.٧٪ مع افتراض أن توزيع بواسون يكون قريبا من التوزيع الطبيعي (Normal Distribution). لقد أثبتت بعض الدراسات أنه يستحسن في بعض الأحيان استعمال  $z = 2$  في حساب حدود الضبط لعدد العيوب (حدود الضبط تتحقق نسبة ٩٥.٥٪)، وهذا نظرا للطابع الملتوى للتوزيع التكراري لعدد العيوب. لاحظ هنا أننا سوف نبقى من خلال هذا الكتاب على القاعدة العامة وهي حساب حدود الضبط على حدود (٣٥) إلا في بعض الحالات الخاصة التي سنشير إليها في حينها.

**الخطوة الثالثة - رسم الخريطة :** بعد حساب الحد الوسط  $\bar{C}$  والحدود العليا والسفلى للضبط ( $UCL_c$ ,  $LCL_c$ ) تقوم برسم الخريطة وهذا بإسقاط قيم عدد العيوب على الخريطة بدلالة رقم العينة وكذلك رسم حدود الضبط.

**الخطوة الرابعة - دراسة وتحليل الخريطة :** تقوم بدراسة الخريطة بحيث نحدد وجود أي نقاط تقع خارج حدود الضبط أو حدوث أي نمط من التغيرات وهذا حسب ما قمنا بعرضه في الفقرة الثالثة من الفصل الرابع والخاص بمراقبة العمليات.

### ٢-٣ أمثلة تطبيقية لخريطة عدد العيوب

من أجل توضيح طريقة عمل خريطة المراقبة لعدد العيوب فسوف نبدأ بعرض مثال بسيط يتم حله عن طريق الحسابات اليدوية ثم بعد ذلك نعرض الطرق العملية باستخدام برامج الميكروسوفت إكسل واللينيتاب.

### ١-٢-٣ مثال لخريطة عدد العيوب

تقوم شركة تجارية بت تصنيع ورق طباعة الجرائد، وقصد التفتيش عن جودة المنتج ومراقبة العملية التصنيعية قام مفتش الجودة بفحص ٥ لفات من الورق المنتج ورصد عدد العيوب (نقاط صبغة، أو ثقوب) الموجودة في كل لفة ورق على الجدول (١-٥).

| اللغة | ٥  | ٤  | ٣  | ٢  | ١  | عدد العيوب |
|-------|----|----|----|----|----|------------|
|       | 24 | 22 | 17 | 21 | 16 |            |

الجدول ١-٥ عدد العيوب في لفات الورق

من خلال خريطة المراقبة لعدد العيوب سوف نقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية للشركة ولهذا فسوف نقوم بتتبع الخطوات التي ذكرناها في الفقرة السابقة.  
**الخطوة الأولى :** نقوم بحساب متوسط عدد العيوب في كل الوحدات المفحوصة والذي يمثل الخط المركز:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^k C_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^5 C_i}{5} = \frac{16 + 21 + 17 + 22 + 24}{5}$$
$$\bar{C} = \frac{100}{5} = 20$$

**الخطوة الثانية :** حساب حدود الضبط

$$\sigma = s_c = \sqrt{\bar{C}} = \sqrt{20} = 4.472$$

قيمة الانحراف المعياري هي :

نقوم بحساب حدود للضبط في مجال  $(3\sigma)$ ، ويكون الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_c = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$$

$$UCL_c = 20 + 3 \times 4.472$$

$$UCL_c = 33.42$$

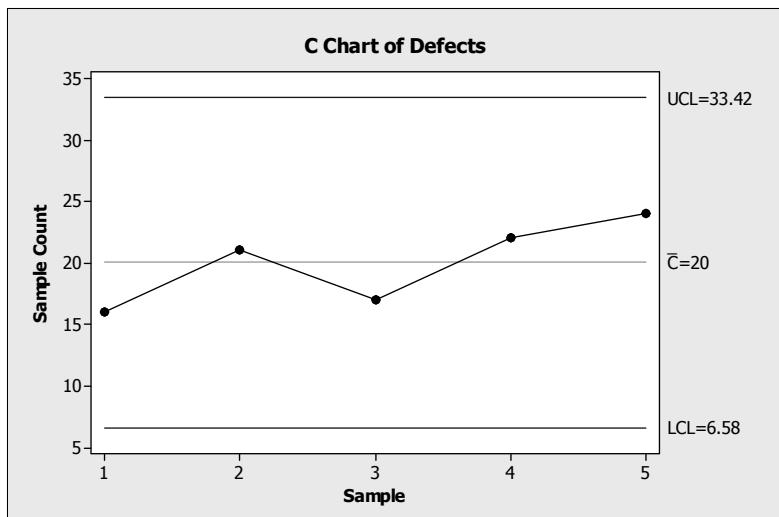
و الحد الأدنى للضبط :

$$LCL_c = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$$

$$LCL_c = 20 - 3 \times 4.472$$

$$LCL_c = 6.58$$

**الخطوة الثالثة :** نقوم برسم خريطة المراقبة وهذا بإسقاط عدد العيوب  $C_i$  بدلالة رقم العينة وكذلك رسم كل من الخط المركز CL والحد الأعلى للضبط UCL والحد الأدنى للضبط LCL كما هو موضح على الشكل (١-٥).



الشكل ١-٥ خريطة عدد العيوب لمثال شركة ورق طباعة الجرائد

**الخطوة الرابعة - دراسة الخريطة :** من خلال خريطة المراقبة لعدد العيوب الموضحة على الشكل (١-٥) يمكن أن نلاحظ أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط وأن التغيرات في العملية الإنتاجية هي تغيرات طبيعية ولا يوجد أي مؤشر لوقوع أسباب خاصة في العملية. من هذا يمكن استخلاص أن العملية منضبطة إحصائياً (in stable process) ويكون استعمال حدود الضبط هذه كمعايير لمراقبة العملية وضبطها في المستقبل.

### ٤-٢-٣ عمل خريطة عدد العيوب على برنامج الميكروسوفت إكسيل

تقوم شركة لتصنيع ديكور المنازل بإنتاج أحجار مربعة الشكل وعليها نقوشات تزيينية ونظراً لزيادة الطلب على منتجاتها، قررت إدارة الشركة استعمال أساليب الضبط الإحصائي للعمليات (Statistical Process Control) لمراقبة عملياتها التصنيعية. قام مفتش الجودة لدى الشركة بسحب ٤ عينة من المنتج بحيث تحتوي العينة على ٦ قطع منتجة خلال ساعة زمن ورصد عدد العيوب في الوحدات الستة (العيوب هي خدوش أو عدم تناسق في النقوشات) على الجدول (٢-٥). من خلال عمل خريطة عدد العيوب (c-Chart) عن طريق برنامج الميكروسوفت إكسيل سوف تقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية للشركة.

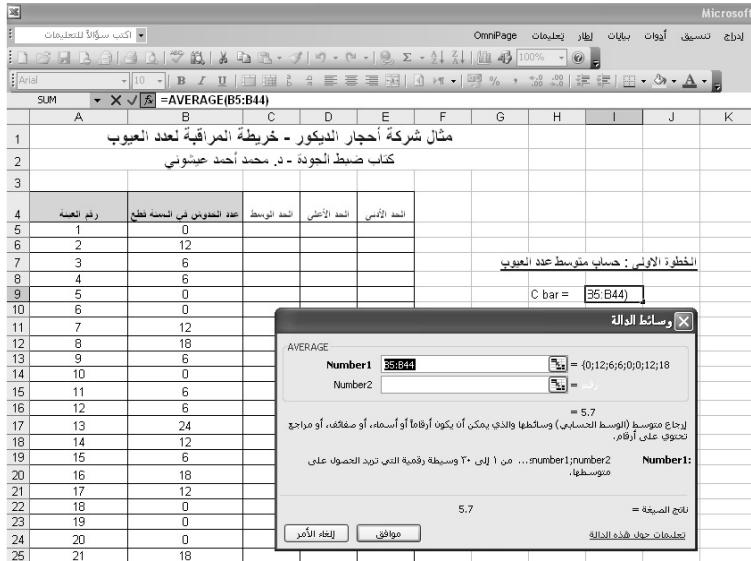
أولاً نفتح ورقة عمل إكسيل جديدة ونقوم بإدخال بيانات الجدول (٢-٥) بحيث نسجل أرقام العينات في العمود A وعدد العيوب في كل عينة في العمود B كما هو موضح على الشكل (٢-٥). يستحسن هنا إضافة عنوان للمثال في بداية الورقة وبعض العبارات التوضيحية حتى يتسمى لك عزيزي القارئ الرجوع إلى المثال بسهولة في أي وقت تشاء.

نبدأ الآن بحساب متوسط عدد العيوب  $\bar{C}$  وهذا باستعمال شريط الصيغ الحسابية ( $f_x$ ). سوف نضع نتيجة متوسط عدد العيوب في الخلية (I9) وهذا بالنقر عليها

بالفأرة. نضغط بالفأرة في خانة شريط الصيغ ونكتب = ونختار الدالة (AVERAGE) التي تمثل القيمة المتوسطة لمجموعة بيانات التي تقوم بتحديد مجالها (B5:B44) بالضغط على الفأرة، ومن ثم نضغط على موافق أو (Enter) ونحصل على النتيجة ( $\bar{C} = 5.7$ )، ويوضح الشكل (٢-٥) هذه العملية.

| رقم العينة | عدد الخدوش في ٦ قطع | رقم العينة | عدد الخدوش في ٦ قطع |
|------------|---------------------|------------|---------------------|
| 1          | 0                   | 21         | 18                  |
| 2          | 12                  | 22         | 0                   |
| 3          | 6                   | 23         | 6                   |
| 4          | 6                   | 24         | 0                   |
| 5          | 0                   | 25         | 6                   |
| 6          | 0                   | 26         | 12                  |
| 7          | 12                  | 27         | 0                   |
| 8          | 18                  | 28         | 0                   |
| 9          | 6                   | 29         | 6                   |
| 10         | 0                   | 30         | 0                   |
| 11         | 6                   | 31         | 0                   |
| 12         | 6                   | 32         | 6                   |
| 13         | 24                  | 33         | 6                   |
| 14         | 12                  | 34         | 0                   |
| 15         | 6                   | 35         | 0                   |
| 16         | 18                  | 36         | 6                   |
| 17         | 12                  | 37         | 12                  |
| 18         | 0                   | 38         | 0                   |
| 19         | 0                   | 39         | 0                   |
| 20         | 0                   | 40         | 6                   |

الجدول ٢-٥ بيانات عدد العيوب في وحدات قطع الديكور المنزلي



**الشكل ٢-٥ إدخال البيانات في ورقة إكسل وحساب متوسط عدد العيوب**

بنفس الطريقة نقوم بحساب قيمة الأحرف المعياري ونضع قيمته في الخلية (I13)

$$sc = \text{SQRT}(I9) \quad \text{و تكون النتيجة } sc = 2.387$$

في الخلية (I18) نحسب الحد الأعلى للضبط باستعمال الصيغة :  $I9 + 3*I13$

$$\text{و تكون النتيجة } UCLc = 12.862$$

في الخلية (I21) نحسب الحد الأدنى للضبط باستعمال الصيغة :  $I9 - 3*I13$

و تكون النتيجة  $LCLc = -1.4624$  وبما أن القيمة سالبة وهذا غير ممكن

$$\text{منطقيا فإننا نأخذ قيمة } LCLc = 0$$

يستحسن تسجيل قيم كل من  $\bar{C}$  و  $UCLc$  و  $LCLc$  في خلايا الأعمدة C, D, E

على التوالي وهذا لاستعمالها في رسم الخريطة كما هو موضح على الشكل (٣-٥).

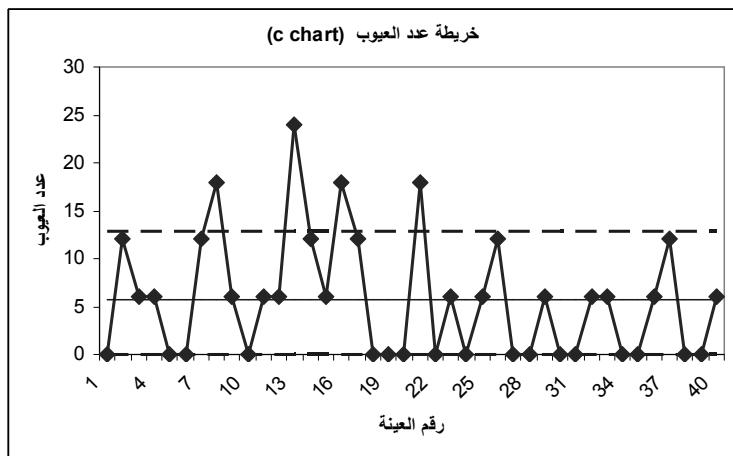
مثال شركة أحجار الديكور - خريطة المراقبة لعدد العيوب

كتاب ضبط الجودة - د. محمد أحمد عيشونى

|    | A          | B          | C                        | D           | E           | F           | G | H | I | J |
|----|------------|------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|---|---|---|---|
| 1  |            |            |                          |             |             |             |   |   |   |   |
| 2  |            |            |                          |             |             |             |   |   |   |   |
| 3  |            |            |                          |             |             |             |   |   |   |   |
| 4  | رقم العينة | رقم العيوب | عدد العيوب في النسخة نظر | الحد الوسيط | الحد الأعلى | الحد الأسفل |   |   |   |   |
| 5  | 1          | 6          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 6  | 2          | 12         | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 7  | 3          | 6          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 8  | 4          | 6          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 9  | 5          | 0          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 10 | 6          | 0          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 11 | 7          | 12         | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 12 | 8          | 18         | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 13 | 9          | 6          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 14 | 10         | 0          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 15 | 11         | 6          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 16 | 12         | 6          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 17 | 13         | 24         | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 18 | 14         | 12         | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 19 | 15         | 6          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 20 | 16         | 18         | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 21 | 17         | 12         | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 22 | 18         | 0          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 23 | 19         | 0          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 24 | 20         | 0          | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |
| 25 | 21         | 18         | 5.7                      | 12.86       | 0           |             |   |   |   |   |

### ٣-٥ حساب حدود الضبط وكتلة الجدول لرسم خريطة عدد العيوب

بعد ذلك ننتقل إلى الخطوة الثالثة والخاصة برسم الخريطة وهذا باستعمال معالج التخطيطات (Chart Wizard) أين اختيار نوع التخطيط خططي ملائمة استعماله. سوف نتبع الأوامر التي تصدر عن المعالج وهذا بتحديد البيانات وإجراء التنسيقات المناسبة للخريطة ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٤-٥).



**الشكل ٥-٤** خريطة المراقبة لعدد العيوب في أحجار الديكور

**الخطوة الرابعة - دراسة وتحليل الخريطة:** يلاحظ من خريطة المراقبة لعدد العيوب وجود ٤ نقاط خارجة حدود الضبط، بحيث أن هذه الأربع عينات يوجد بها عدد إجمالي للعيوب أكبر من الحد الأعلى للضبط. يعتبر هذا مؤشرا قويا على وجود تغيرات تعود لأسباب خاصة (special causes variations) تؤدي إلى عدم استقرار العملية الإنتاجية (Unstable Process) وعلى الطاقم الفني والإداري القائم على العملية مراجعة سجلات العمليات للبحث عن الأسباب التي أدت إلى حدوث هذه النقاط خارج حدود الضبط، وإذا تم تحديد هذه الأسباب الخاصة وإزالتها يمكن إعادة حساب حدود ضبط جديدة وهذا بحذف الأربع نقاط الخارجة عن حدود الضبط واستعمال القيم ٣٦ الباقية. من خلال دراسة الخريطة يمكن كذلك ملاحظة أن العملية توجد في حالة ضبط إحصائي (Process in statistical control) بعد العينة ٢٢ بحيث لا توجد إلا التغيرات الطبيعية (Common causes variations) في العملية ومنه يمكن للقائمين على العملية الإنتاجية أن يقوموا بسحب ١٥ عينة إضافية مثلا وإعادة حساب حدود ضبط جديدة.

### ٣-٢-٣ عمل خريطة عدد العيوب باستخدام برنامج المينيتاب

لاحظ مدير العمليات في شركة نقل جوي داخلية أن هناك مشكل مع تزايد أعداد المسافرين الذين يحملون معهم أمتعة يدوية داخل الطائرة. طلب من موظفيه تجميع بيانات خاصة عن أعداد الحقائب التي تم حملها داخل الطائرة يومياً لفترة شهر وكانت النتيجة البيانات الموضحة على الجدول التالي:

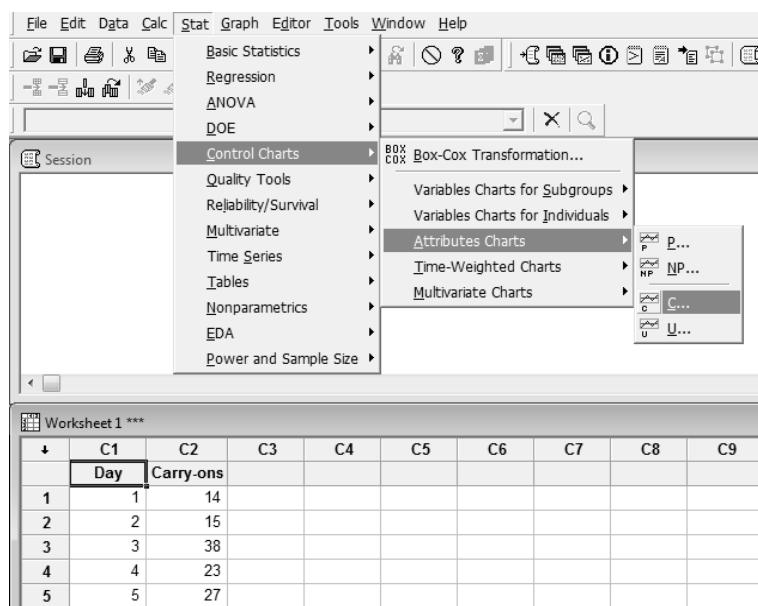
| اليوم | عدد الأئمدة المحمولة | اليوم | عدد الأئمدة المحمولة |
|-------|----------------------|-------|----------------------|
| 1     | 14                   | 16    | 27                   |
| 2     | 15                   | 17    | 28                   |
| 3     | 38                   | 18    | 42                   |
| 4     | 23                   | 19    | 29                   |
| 5     | 27                   | 20    | 30                   |
| 6     | 23                   | 21    | 35                   |
| 7     | 28                   | 22    | 41                   |
| 8     | 19                   | 23    | 50                   |
| 9     | 26                   | 24    | 37                   |
| 10    | 14                   | 25    | 40                   |
| 11    | 23                   | 26    | 42                   |
| 12    | 28                   | 27    | 13                   |
| 13    | 35                   | 28    | 47                   |
| 14    | 29                   | 29    | 14                   |
| 15    | 13                   | 30    | 50                   |

الجدول ٣-٥ عدد الأئمدة المحمولة داخل مقصورة الطائرة

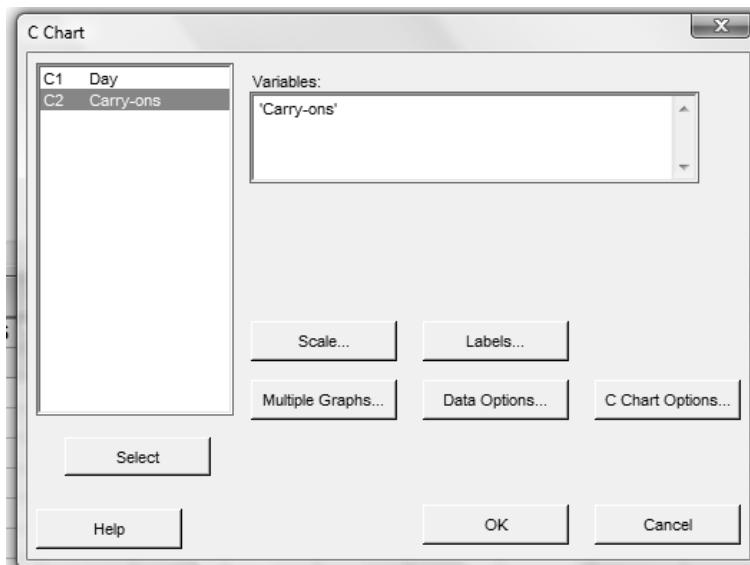
من خلال برنامج المينيتاب سنقوم برسم خريطة عدد الحقائب التي تحمل داخل الطائرة يومياً (c chart) وندرس إستقرار العملية إحصائياً.

الحل : بعد إدخال البيانات في برنامج المينيتاب، من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (C Charts). بعدها تفتح نافذة حوار (C Chart) ثم (Attributes Charts) (...). كما هو موضح على حينها نقوم بإختيار البيانات ('Variables') في (carry-ons') كما هو موضح على

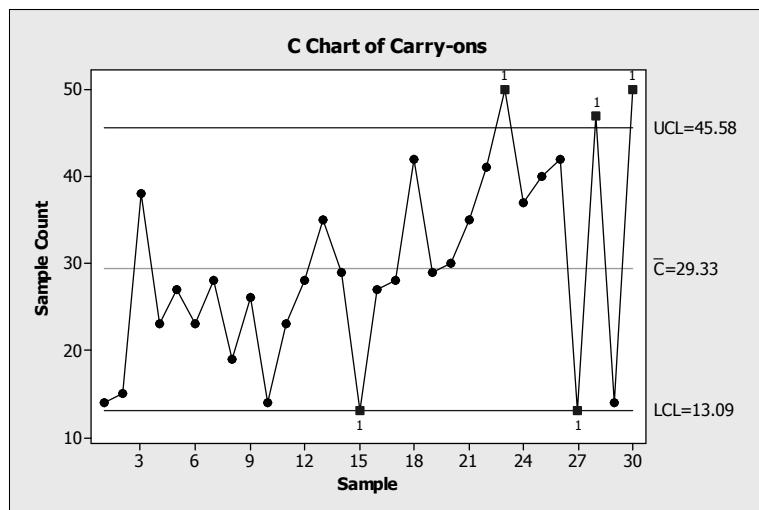
الشكل (الشكل ٥-٥ و ٦-٥) ثم نختار (OK). لنحصل على خريطة عدد الحقائب (C Chart) لعدد الحقائب المحمولة في مقصورة الطائرة (الشكل ٧-٥).



الشكل ٥-٥ عمل خريطة عدد العيوب على برنامج المينيتاب



الشكل ٦-٥ إدخال بيانات على برنامج المينيتاب



الشكل ٧-٥ خريطة المراقبة لعدد الحقائب المحمولة في مقصورة الطائرة

يلاحظ من خلال الخريطة أن العملية غير مستقرة إحصائياً (Out of statistical control) وهذا لوجود ثلاث نقاط أعلى من الخط الأعلى للمراقبة، ومنه فعلى الإداره العمل على الكشف عن الأسباب التي أدت إلى ذلك وإزالتها من العملية حتى توفر أكثر راحة وأمناً للمسافرين على متن طائراتها.

#### ٤ خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p Chart)

تستعمل خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p chart) التي يطلق عليها بعض الباحثين خريطة نسبة المعيب للعينة المتغيرة (القزار، ١٩٩٧) في حالة سحب عينات ذات أحجام متغيرة أو ثابتة في حين يقتصر استعمال خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) في حالة ما إذا كان حجم العينة ثابتًا فقط. وبالمقارنة مع خريطة المراقبة لعدد العيوب (c chart) التي تم التطرق إليها في الفقرة السابقة فإن

خريطة المراقبة لنسبة المعيب تستعمل في حالة إذا كان عدد الملاحظات أصغر من عدد الوحدات المفحوصة في العينة.

#### ٤- خطوات عمل خريطة نسبة المعيب

لعمل هذه الخريطة تقوم بسحب عدد ( $g$ ) من العينات من العملية المراد مراقبتها ويتم فحص الوحدات ويرصد عدد الوحدات الغير مطابقة (أو المعيبة) ( $non$ ) في كل عينة وتسجل على جدول البيانات. تتم عملية رسم خريطة المراقبة لنسبة المعيب باتباع الخطوات التالية:

**الخطوة الأولى:** تقوم بحساب نسبة المعيب في كل عينة ( $p$ ) وهو ناتج قسمة عدد الوحدات المعيبة في كل عينة ( $x_i$ ) على عدد الوحدات في كل عينة مفحوصة ( $n_i$ ):

$$p_i = \frac{x_i}{n_i}$$

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g p_i}{g} : \bar{p}$$

يجب التأكيد هنا أن ( $g$ ) تمثل عدد العينات المفحوصة و ( $P_i$ ) تمثل نسبة المعيب في كل عينة.

**الخطوة الثانية :** حساب حدود الضبط لنسبة المعيب (Control Limits)

من المعلوم أن توزيع نسبة المعيب في العمليات الإنتاجية والخدمية يكون توزيعا احتماليا ذي حدين (Binomial Distribution) مع معاملاته ( $n,p$ ) بحيث ( $p$ ) هو احتمال أن تكون الوحدة المنتجة غير مطابقة للمواصفة من بين ( $n$ ) وحدة في العينة المدروسة . في هذه الحالة وتحت الظروف العاديّة لسير العملية، فإن متوسط التوزيع هو :

$$\mu = \bar{p}$$

$$\sigma_p^2 = \frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n} \quad \text{و التباين } (\sigma_p^2) :$$

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

و بالتالي فإن الانحراف المعياري لنسبة المعيب هو

و منه نقوم بحساب حدود الضبط لنسبة المعيب على النحو التالي:

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sigma_p$$

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

أ- الحد الأعلى للضبط لنسبة المعيب:

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sigma_p$$

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

ب- الحد الأدنى للضبط لنسبة المعيب:

يجب أن نلاحظ هنا عزيزي القارئ أن (n) تمثل عدد الوحدات المفحوصة في كل عينة وقد تكون ثابتة ( $n=n_i$ ) أو متغيرة ( $n=cte$ ) حسب الحالة المدروسة. ففي الحالة الأولى نحصل على حدود ضبط ثابتة لجميع العينات في حين نحصل في الحالة الثانية على حدود ضبط متغيرة لكل عينة، وسوف يتم توضيح الفكرة من خلال الأمثلة接下來的內容。

**الخطوة الثالثة - رسم الخريطة :** بعد حساب متوسط نسبة المعيب  $\bar{p}$  الذي يمثل الخط المركز للخريطة والحدود العليا والسفلى للضبط (UCLp, LCLp) نقوم برسم الخريطة وهذا بإسقاط قيم نسبة المعيب على الخريطة بدلاله رقم العينة وكذلك رسم حدود الضبط.

**الخطوة الرابعة - دراسة وتحليل الخريطة :** نقوم بدراسة الخريطة بحيث نحدد وجود أي نقاط تقع خارج حدود الضبط أو حدوث أي نمط من التغيرات وهذا حسب ما قمنا بعرضه في الفقرة ٣ من الفصل الرابع والخاص بمراقبة العمليات.

#### ٤- أمثلة تطبيقية عن خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p chart)

#### ٤-٢-١ مثال عن خريطة المراقبة لنسبة المعيب مع الحال اليدوي

لدى شركة صناعية تصنع قطع ميكانيكية دقيقة لمحركات الدiesel، ومن أجل مراقبة عمليتها الإنتاجية قام مفتش الحودة بسحب ١٠ عينات على فترات مختلفة بحيث تحتوي كل عينة على ١٠٠ قطعة ثم قام بفحصها وهذا بمقارنتها مع محدد قياس يمثل المواصفة القياسية ورصد عدد الوحدات الغير مطابقة لهذه المعاصفة على جدول البيانات (٤-٥).

| العينة                 | ١٠ | ٩ | ٨ | ٧ | ٦ | ٥ | ٤ | ٣ | ٢ | ١ |
|------------------------|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| عدد القطع غير المطابقة | ٤  | ٣ | ٦ | ٢ | ١ | ٤ | ٨ | ٣ | ٢ | ٥ |

جدول ٤-٥ بيانات عدد القطع الغير مطابقة في شركة diesel

من خلال هذه البيانات نود دراسة استقرار العملية الإنتاجية للشركة، لهذا فسنقوم بعمل وتحليل خريطة المراقبة لنسبة المعيب حسب الخطوات التالية:

**الخطوة الأولى :** من معطيات المثال نلاحظ أن عدد الوحدات في كل العينات ثابت وهي  $n = 100$  وأن عدد العينات المدروسة :  $g = 10$

نقوم بحساب نسبة المعيب وهي حاصل قسمة عدد الوحدات الغير مطابقة في كل عينة على عدد الوحدات في كل عينة (حجم العينة)، فمثلاً نحسب نسبة المعيب للعينات ١ و ٢ و ١٠ كما يلي :

$$p_1 = \frac{5}{100} = 0.05$$

$$p_2 = \frac{2}{100} = 0.02$$

.....

$$p_{10} = \frac{4}{100} = 0.04$$

- نسجل نتائج حساب نسبة المعيب لجميع العينات كما هو موضح على الجدول (٥).

| العينة |      |      |      |      |      |      |      |      |      |            |             |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------|-------------|
| 10     | 9    | 8    | 7    | 6    | 5    | 4    | 3    | 2    | 1    | عدد المعيب | نسبة المعيب |
| 4      | 3    | 6    | 2    | 1    | 4    | 8    | 3    | 2    | 5    |            |             |
| 0.04   | 0.03 | 0.06 | 0.02 | 0.01 | 0.04 | 0.08 | 0.03 | 0.02 | 0.05 |            |             |

جدول ٥-٥ نتائج حساب نسبة المعيب في شركة дизيل

ونحسب بعد ذلك متوسط نسبة المعيب :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g p_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^{10} p_i}{10}$$

$$\bar{p} = \frac{0.05 + 0.02 + 0.03 + 0.08 + 0.04 + 0.01 + 0.02 + 0.06 + 0.03 + 0.04}{10}$$

$$\bar{p} = 0.038$$

الخطوة الثانية : حساب حدود الضبط

المد الأعلى للضبط لنسبة المعيب:

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$UCL_p = 0.038 + 3\sqrt{\frac{0.038(1-0.038)}{100}}$$

$$UCL_p = 0.095$$

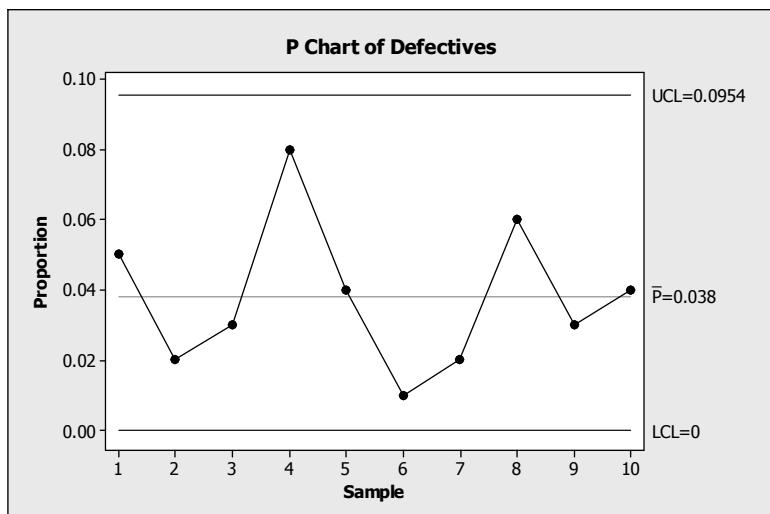
**الحد الأدنى للضبط لنسبة المعيب :**

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$$

$$LCL_p = 0.038 - 3\sqrt{\frac{0.038(1-0.038)}{100}} = -0.02 \rightarrow 0$$

**الخطوة الثالثة :** بعد إتمام حساب حدود الضبط تقوم برسم خريطة المراقبة لنسبة المعيب وهذا بإسقاط قيم نسبة المعيب في كل عينة بدلاًلة رقم العينة مع إضافة الحد الأعلى للضبط والحد الأدنى للضبط والخط المركز كما هو موضح على الشكل (٨-٥)

.(٨)



**الشكل ٨-٥** خريطة المراقبة لنسبة المعيب في شركة تصنيع قطع محركات дизيل

**الخطوة الرابعة – تحليل الخريطة :** من خلال الشكل (٨-٥) يمكن أن نلاحظ أن جميع النقاط مخصوصة بين حدود الضبط وأن التغيرات الموجودة في العملية تعتبر تغيرات طبيعية (Natural variations) ولا يوجد أي نمط معين ومنه نستنتج أن العملية

الإنتاجية تسير تحت الضبط الإحصائي (Process in statistical control)، وبعken اعتبار حدود الضبط المتحصل عليها هنا كحدود قياسية تستعمل لمراقبة العملية الإنتاجية في المستقبل.

#### ٤-٢-١ عمل خريطة المراقبة لنسبة المعيب (chart p) باستخدام برنامج الميكروسوفت إكسيل

في شركة خدمية لاحظ المدير وجود أعداد كبيرة من الفواتير التي يعيدها العملاء بسبب وقوع أخطاء فيها، ومن أجل دراسة الوضع قام المدير بفحص عينات تحتوي على أعداد مختلفة من الفواتير يومياً وخلال مدة ٢٠ يوماً ورصد أعداد الفواتير التي بها أخطاء على الجدول (٦-٥).

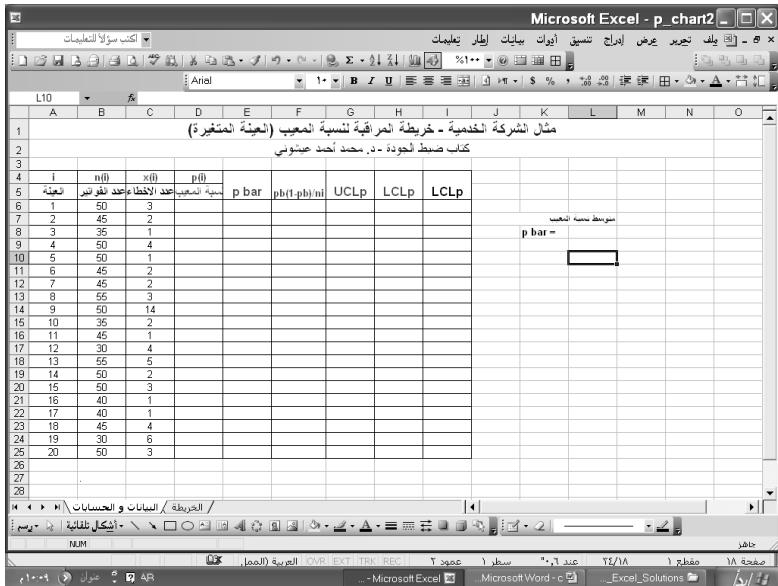
| اليوم | عدد الفواتير المفحوصة | عدد الأخطاء | اليوم | عدد الفواتير المفحوصة | عدد الأخطاء | اليوم |
|-------|-----------------------|-------------|-------|-----------------------|-------------|-------|
|       | في الفواتير           | في الفواتير |       | في الفواتير           | في الفواتير |       |
| 1     | 45                    | 11          | 3     | 50                    | 1           |       |
| 4     | 30                    | 12          | 2     | 45                    | 2           |       |
| 5     | 55                    | 13          | 1     | 35                    | 3           |       |
| 2     | 50                    | 14          | 4     | 50                    | 4           |       |
| 3     | 50                    | 15          | 1     | 50                    | 5           |       |
| 1     | 40                    | 16          | 2     | 45                    | 6           |       |
| 1     | 40                    | 17          | 2     | 45                    | 7           |       |
| 4     | 45                    | 18          | 3     | 55                    | 8           |       |
| 6     | 30                    | 19          | 14    | 50                    | 9           |       |
| 3     | 50                    | 20          | 2     | 35                    | 10          |       |

جدول ٦-٥ بيانات عدد الأخطاء في الفواتير لدى الشركة الخدمية

نلاحظ هنا أن حجم العينة متغير لذلك فيجب الانتباه عند حساب حدود الضبط لخريطة نسبة المعيب التي ستكون متغيرة، ونظراً لكثرة الحسابات فإن برنامج الأكسل

والملينيتاب سيوفر لنا الوقت والجهد في إجراء هذه العمليات وبالتالي يمكن التركيز أكثر على تحليل الخريطة.

حل المثال على برنامج الميكروسوفت أكسل: نبدأ بفتح ورقة إكسل جديدة ونشر حل عملية إدخال البيانات بحيث ندخل أرقام العينات ( $i$ ) (اليوم) في خلايا العمود A وحجم العينات (أي عدد الفواتير المفحوصة) ( $n(i)$ ) في العمود B وعدد الأخطاء ( $x(i)$ ) في العمود C. ننصحك عزيزي الدارس أن تضيف في بداية الورقة بعض العبارات التوضيحية للمثال حتى يتسمى لك الرجوع إليها مستقبلاً وكما هو موضح على الشكل (٦-٥).



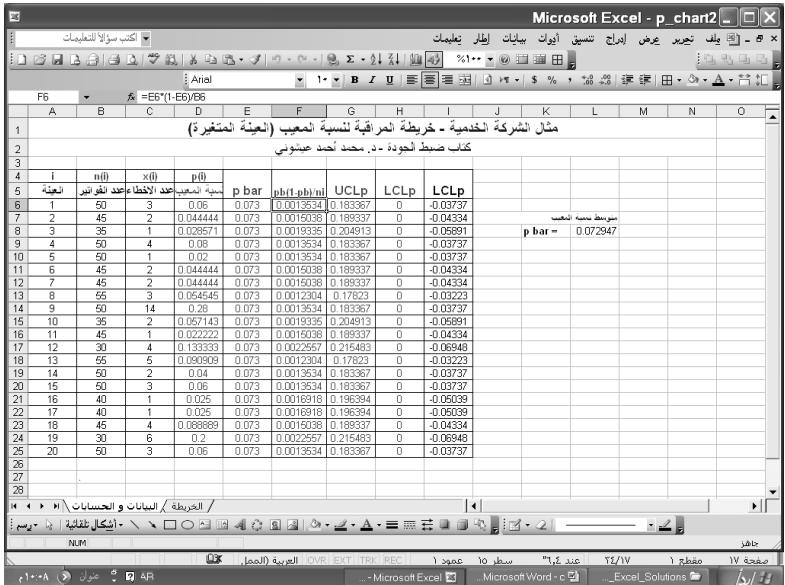
الشكل ٩-٥ إدخال بيانات المثال على ورقة الأكسل وتحيتها لعمل خريطة (p chart)

نقوم بحساب نسبة المعيب (هنا نسبة الأخطاء في الفواتير)  $p(i) = x(i) / n(i)$  لكل عينة في العمود D بحيث نبدأ بالعينة ١ ونضع نتيجتها في الخلية D6 . نستعمل هنا

شريط الصيغ الحسابية بحيث نكتب الصيغة  $C6/B6 =$  ومن ثم نطبق نفس الصيغة الحسابية على بقية العينات وهذا بجر الفأرة مضغوططة من الخلية D6 إلى الخلية D25 .  
 نحسب متوسط نسبة المعيوب  $\bar{P}$  ونضع النتيجة في الخلية K8 وهذا باستعمال الصيغة  $=AVERAGE(D6:D25)$  ونحصل على نتيجة  $=\bar{P} = 0.073$  . نسجل هذه القيمة في خلايا عمود E لجميع العينات.

و قصد تبسيط عملية حساب حدود الضبط نقوم بحساب قيمة  $\bar{P}(1-\bar{P})/n$  لكل عينة في العمود F حيث نبدأ بالعينة ١ ونضع نتيجتها في الخلية F6 وهذا باستعمال الصيغة  $=E6*(1-E6)/B6$  = ومن ثم نقوم بتطبيق نفس الصيغة على بقية العينات.  
 نقوم بعد ذلك بحساب الحد الأعلى للضبط لكل عينة في العمود G ، حيث نبدأ بالعينة ١ وهذا بالضغط في الخلية G6 ونستعمل الصيغة :  
 $=E6+3*SQRT(F6)$  = وثم نقوم بتطبيق نفس الصيغة على بقية خلايا العمود G لكل العينات.

و بنفس الطريقة نقوم بحساب الحد الأدنى للضبط لكل عينة في العمود I ، حيث نبدأ بالعينة ١ وهذا بالضغط في الخلية I6 ونستعمل الصيغة :  
 $=E6-3*SQRT(F6)$  = وثم نقوم بتطبيق نفس الصيغة على بقية خلايا العمود I لكل العينات. نلاحظ هنا أن نتائج حساب حدود الضبط الدنيا هي قيم سالبة وهذا غير منطقي لهذا فإننا نأخذ الحد الأدنى لجميع العينات يساوي (صفر) حيث تقوم تسجيلها في العمود H. يمكن متابعة هذه الخطوات عن طريق الشكل (٥-١٠) الموضح أدناه.

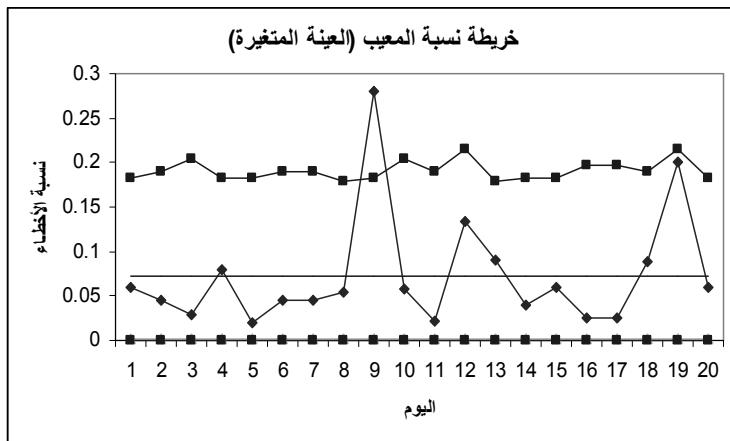


**الشكل ١٠-٥ خطوات عمل خريطة المراقبة لسبة المعيب على برنامج الأكسل**

بعد إجراء جميع الحسابات نقوم برسم **الخريطة لسبة المعيب (p chart)** مستعينين بمعالج التخطيطات (Chart Wizard) ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل .(١١-٥)

**مناقشة وتحليل الخريطة :** نلاحظ أنه وكما تمت الإشارة إليه سابقاً فإن حدود الضبط في هذه الخريطة متغيرة وهذا راجع لكون حجم العينة يتغير من عينة لأخرى في حين رأينا في المثال الأول أن حدود الضبط ثابتة وهذا لأن حجم العينة كان ثابتاً. من خلال هذه الخريطة لمراقبة نسبة المعيب في الشركة الخدمية، نلاحظ وجود النقطة الخاصة باليوم ٩ خارجة عن حدود الضبط وهذا مؤشر على وجود أسباب خاصة (Assignable causes) يجب على الإدارة البحث عنها وإنخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة لإزالتها من العملية التي تعتبر خارجة عن المراقبة الإحصائية (Process out of statistical control). بعد ذلك يمكن للطاقم الإداري إعادة

حساب حدود الضبط جديدة بدون هذه النقطة واعتمادها للمراقبة المستقبلية للعملية الخدمية حتى تتفادى شكاوى من عملائها.



الشكل ١١-٥ خريطة المراقبة لنسبة المعيب لشركة الخدمات

#### ٤-٢-١ عمل خريطة المراقبة لنسبة المعيب باستخدام برنامج المينيتاب ( p chart using Minitab )

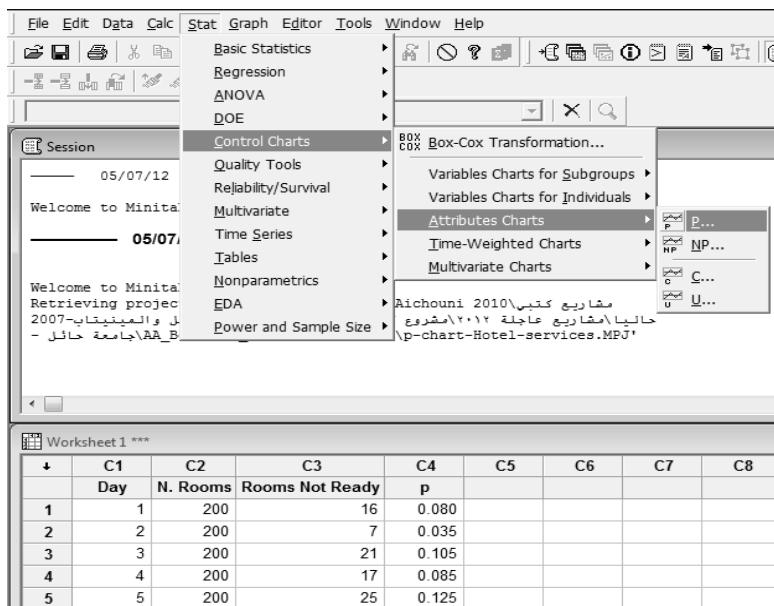
في إطار عمليات التحسين المستمر للعمليات قام مدير أحد الفنادق الراقية بتعداد أعداد الغرف التي لم تتم تهيئتها للعملاء خلال ٢٨ يوماً، ومن خلال خريطة نسبة المعيب (p chart) يود دراسة إستقرار العملية الخدمية في الفندق.

| اليوم<br>Day | عدد الغرف<br>N. Rooms | عدد الغرف<br>التي لم تجهز<br>Rooms Not Ready | اليوم<br>Day | عدد الغرف<br>N. Rooms | عدد الغرف<br>التي لم تجهز<br>Rooms Not Ready |
|--------------|-----------------------|--|--------------|-----------------------|--|
| 1            | 200                   | 16   | 15           | 200                   | 18   |
| 2            | 200                   | 7  | 16           | 200                   | 13   |
| 3            | 200                   | 21   | 17           | 200                   | 15   |
| 4            | 200                   | 17   | 18           | 200                   | 10   |
| 5            | 200                   | 25   | 19           | 200                   | 14   |

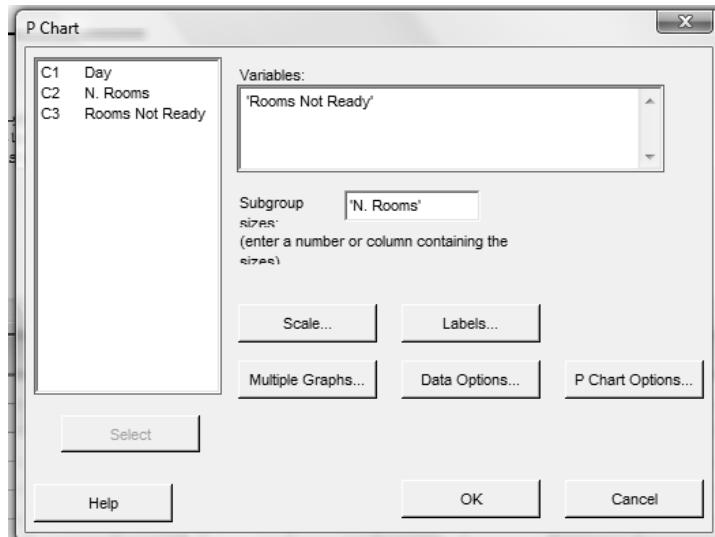
| اليوم | عدد الغرف | عدد الغرف<br>التي لم تجهز | اليوم | عدد الغرف | عدد الغرف<br>التي لم تجهز |
|-------|-----------|---------------------------|-------|-----------|---------------------------|
| 6     | 200       | 19                        | 20    | 200       | 25                        |
| 7     | 200       | 16                        | 21    | 200       | 19                        |
| 8     | 200       | 15                        | 22    | 200       | 12                        |
| 9     | 200       | 11                        | 23    | 200       | 6                         |
| 10    | 200       | 12                        | 24    | 200       | 12                        |
| 11    | 200       | 22                        | 25    | 200       | 18                        |
| 12    | 200       | 20                        | 26    | 200       | 15                        |
| 13    | 200       | 17                        | 27    | 200       | 20                        |
| 14    | 200       | 26                        | 28    | 200       | 22                        |

### الجدول ٧-٥ بيانات الفندق السياحي

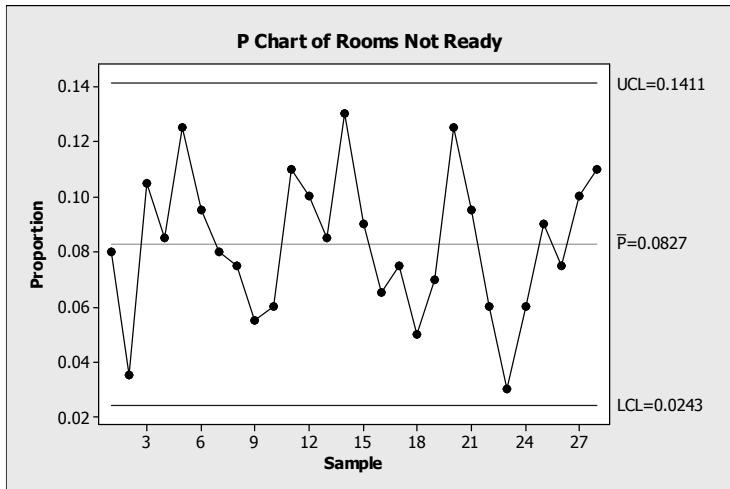
الحل: بعد إدخال البيانات في برنامج المينيتاب، من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (Attributes Charts) ثم (P...). بعدها تفتح نافذة حوار (P Chart) حينها نقوم بإختيار البيانات ('Rooms Not Ready') في (Variables) و (N.) كما هو موضح على الشكل (١٣-٥ و ١٢-٥) في (Subgroup size) ثم نحصل على خريطة نسبة الغرف الغير جاهزة (p Chart) الموضحة على الشكل (١٤-٥) والتي تبين أن كل التغيرات في العملية تعتبر تغيرات طبيعية ومنه فإن العملية الخدمية في الفندق مستقرة وتقع تحت المراقبة الإحصائية، إلا أنه بإمكان إدارة الفندق العمل على التقليل من هذه الاختلافات كأن تحدد معيارا للأداء أن لا تتجاوز نسبة الغرف غير الجاهزة ١٠ بالمائة مثلا وهذا من خلال إيجاد فرص تحسين الأداء في النظام.



**الشكل ١٢-٥** عمل خريطة نسبة المعيب بإستخدام برنامج المينيتاب



**الشكل ١٣-٥** إدخال بيانات خريطة نسبة المعيب في المينيتاب



**الشكل ١٤-٥** خريطة نسبة المعيب للغرف غير الجاهزة في الفندق

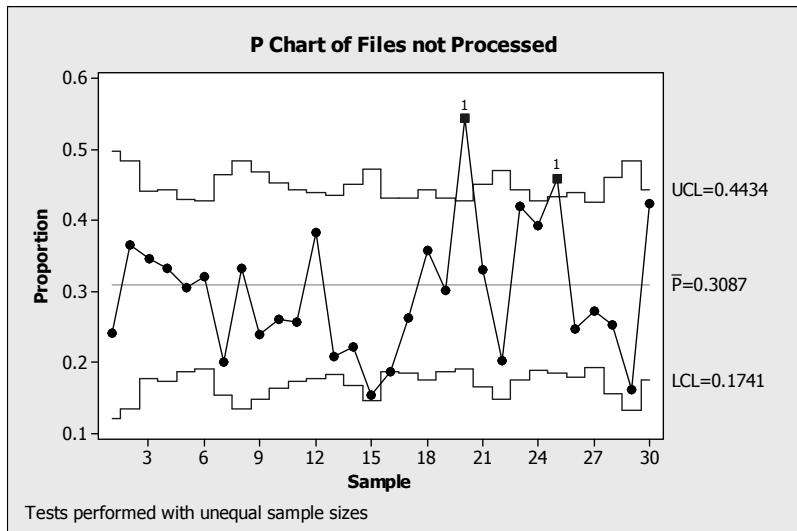
مثال آخر: حدد مدير الجودة في المستشفى أن تتم كتابة التقارير الطبية ووضعها في ملف المريض خلال خمسة أيام من خروجه من المستشفى، ولمراقبة مدى فعالية الإدارة في تحقيق ذلك، قام بمراقبة العملية خلال شهر وهذا بتسجيل البيانات الموضحة على الجدول (٨-٥).

| اليوم | عدد المرضى المغادرين للمستشفى | عدد الملفات والتقارير |
|-------|-------------------------------|-----------------------|
| 1     | 54                            | 13                    |
| 2     | 63                            | 23                    |
| 3     | 110                           | 38                    |
| 4     | 105                           | 35                    |
| 5     | 131                           | 40                    |
| 6     | 137                           | 44                    |
| 7     | 80                            | 16                    |
| 8     | 63                            | 21                    |
| 9     | 75                            | 18                    |
| 10    | 92                            | 24                    |
| 11    | 105                           | 27                    |
| 12    | 112                           | 43                    |
| 13    | 120                           | 25                    |
| 14    | 95                            | 21                    |
| 15    | 72                            | 11                    |

| الاليوم | عدد المرضى المغادرين للمستشفى | عدد الملفات والتقارير |
|---------|-------------------------------|-----------------------|
| 16      | 128                           | 24                    |
| 17      | 126                           | 33                    |
| 18      | 106                           | 38                    |
| 19      | 129                           | 39                    |
| 20      | 136                           | 74                    |
| 21      | 94                            | 31                    |
| 22      | 74                            | 15                    |
| 23      | 107                           | 45                    |
| 24      | 135                           | 53                    |
| 25      | 124                           | 57                    |
| 26      | 113                           | 28                    |
| 27      | 140                           | 38                    |
| 28      | 83                            | 21                    |
| 29      | 62                            | 10                    |
| 30      | 106                           | 45                    |

**الجدول ٨-٥** عدد التقارير غير المكتملة بعد ٥ أيام من مغادرة المريض المستشفى

بعد إدخال البيانات على برنامج المينيتاب وإتباع خطوات عمل خريطة (p chart) تحصلنا على الخريطة الموضحة في الشكل (١٥-٥) والتي تبين بوضوح أن العملية في المستشفى غير مستقرة إحصائياً مع وجود نقاط أعلى من خط الضبط الأعلى، وهذا مؤشر قوي على وجود أسباب خاصة في العملية تؤثر على إستقرارها وعلى مدير الجودة العمل على كشف هذه الأسباب وإزالتها من العملية حتى يتمكن من تحقيق أهدافه الرامية إلى التحسين المستمر في العمليات الصحية التي يقدمها المستشفى للمرضى الذين يراجعونه.



**الشكل ١٥-٥** خريطة نسبة الملفات والتقارير غير المكتملة بعد ٥ أيام من مغادرة المريض من المستشفى

## ٥ خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart)

### ١-٥ المفهوم العام للخريطة وطريقة عملها

يهدف هذا النوع من خرائط مراقبة الخواص إلى دراسة عدد الوحدات الغير مطابقة في كل عينة (Number of nonconforming items). عند تطبيقنا لخريطة نسبة المعيب (p chart) قمنا بحساب النسبة على أنها قسمة عدد الوحدات الغير مطابقة لعدد الوحدات في كل عينة ( $p = x/n$ ) ومنه يمكن أن نستنتج أن عدد الوحدات الغير مطابقة هو ( $x = n.p$ ). هنا نشير إلى أن ( $n$ ) يمثل عدد الوحدات في العينة (أي حجم العينة) ويجب أن يكون ثابتاً وغير متغير إذا أردنا العمل على خريطة عدد الوحدات غير المطابقة والمعروفة بخرائط (np). يميل بعض المؤلفون مثل الفزار (١٩٩٧) إلى تسمية هذا النوع من الخرائط إلى لوحة عدد المعيبات للعينة الثابتة. نلاحظ أن الخريطة تتناول الأرقام المطلقة لعدد الوحدات المعيبة (أو الغير

مطابقة) في العينات بدلاً من النسب وهذا ما يجعلها أيسر للفهم والتفسير خاصة بالنسبة للأشخاص الذين ليست لديهم الخبرة في خرائط المراقبة ولذلك فيمكن استعمالها بسهولة كوسيلة إقناع في متناول الكادر الفني والإداري للإشارة إلى وجود مشاكل فية في العمليات الإنتاجية أو الخدمية.

يتم عمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) حسب الخطوات التالية:

**الخطوة الأولى :** نحدد أولاً حجم العينة  $n$  حيث يجب أن يكون كبيراً بما يكفي للحصول على وحدات معيبة في كل عينة مفحوصة. في حالة ما إذا كانت لدينا فكرة من ماض العملة الإنتاجية عن نسبة المعيب (أو نسبة الغير مطابقة)  $p$  فإنه بالإمكان إجراء حساب تقريري لحجم العينة حسب العلاقة :  $n=3/p$ .

نقوم بسحب عدد معين من العينات من المنتج في فترات مختلفة وليكن هذا العدد  $g$ . نؤكد هنا على ضرورة الحافظة على حجم العينة ثابتًا خلال عمليات السحب. نسجل عدد وحدات المنتج الغير مطابقة للمواصفة  $(i)x$  في كل عينة.

**الخطوة الثانية :** نقوم بحساب متوسط نسبة المعيب :  $(\bar{p})$  حسب العلاقة :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x(i)}{g.n} = \frac{x(1) + x(2) + \dots + x(g)}{g.n}$$

نحسب قيمة  $n \times \bar{p} = n\bar{p}$  والتي تمثل الخط المركز للخريطة.

**الخطوة الثالثة :** نحسب حدود الضبط لهذه الخريطة على نفس أساس خريطة نسبة المعيب بحيث أن الحد الأعلى للضبط هو:

$$UCL_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

و الحد الأدنى للضبط هو:

$$UCL_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

**الخطوة الرابعة :** نقوم برسم الخريطة حيث نرسم عدد الوحدات غير المطابقة ( $x$ ) بدلاًلة رقم العينة  $N$  كما سنضع الخط المركز  $\bar{np}$  والحد الأعلى للضبط  $UCL_{np}$  والحد الأدنى للضبط  $LCL_{np}$ .

**الخطوة الخامسة :** نقوم بدراسة وتحليل الخريطة للاحظة أي نقاط خارجة عن حدود الضبط.

**٢-٥ أمثلة عن خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart)**

**١-٢-٥ مثال خريطة المراقبة (np chart) مع الحل اليدوي**

قصد دراسة استقرار العملية الإنتاجية لدى شركة صناعة معدات وآلات كهربائية، قام مشرف الإنتاج باختيار عينات تحتوي كل واحدة منها على ١٠٠ وحدة من المنتج وهذا خلال ٢٧ يوماً وسجل عدد الوحدات الغير مطابقة على الجدول (٩-٥).

| اليوم | عدد الآلات الغير مطابقة np | اليوم | عدد الآلات الغير مطابقة np |
|-------|----------------------------|-------|----------------------------|
| 2     | 15                         | 4     | 1                          |
| 7     | 16                         | 6     | 2                          |
| 6     | 17                         | 7     | 3                          |
| 8     | 18                         | 10    | 4                          |
| 10    | 19                         | 11    | 5                          |
| 3     | 20                         | 12    | 6                          |
| 4     | 21                         | 5     | 7                          |
| 2     | 22                         | 7     | 8                          |
| 9     | 23                         | 8     | 9                          |
| 10    | 24                         | 9     | 10                         |
| 11    | 25                         | 13    | 11                         |
| 2     | 26                         | 16    | 12                         |
| 2     | 27                         | 20    | 13                         |
|       |                            | 1     | 14                         |

**المجدول ٩-٥ نتيجة فحص ١٠٠ وحدة خلال ٢٧ يوماً**

الحل: من خلال معطيات المثال لدينا ما يلي: عدد العينات المفحوصة هو  $g = 27$

وعدد الآلات المفحوصة في كل عينة  $n = 100$

نبدأ بحساب متوسط نسبة المعيب (أو نسبة الآلات الغير مطابقة) :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^g x_i}{g \cdot n} = \frac{4 + 6 + 7 + \dots + 2 + 2}{27 \times 100}$$

$$\bar{p} = \frac{205}{2700} = 0.076$$

نحسب كذلك :  $n\bar{p} = n \times \bar{p} = 100 \times 0.076 = 7.6$  الذي يمثل الخط المركز (CL)

للخريطة. ومن ثم نقوم بحساب الحد الأعلى للضبط

$$UCL_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$UCL_{np} = 7.6 + 3\sqrt{7.6(1 - 0.076)}$$

$$UCL_{np} = 15.54$$

والحد الأدنى للضبط هو:

$$LCL_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1 - \bar{p})}$$

$$LCL_{np} = 7.6 - 3\sqrt{7.6(1 - 0.076)}$$

$$LCL_{np} = -0.35 \rightarrow 0$$

بعد حساب حدود الضبط نقوم برسم خريطة المراقبة وهذا بتحديد عدد الآلات الغير مطابقة بدلالة الزمن (اليوم) الذي يمثل تسلسل العينات المدروسة ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (١٦-٥).

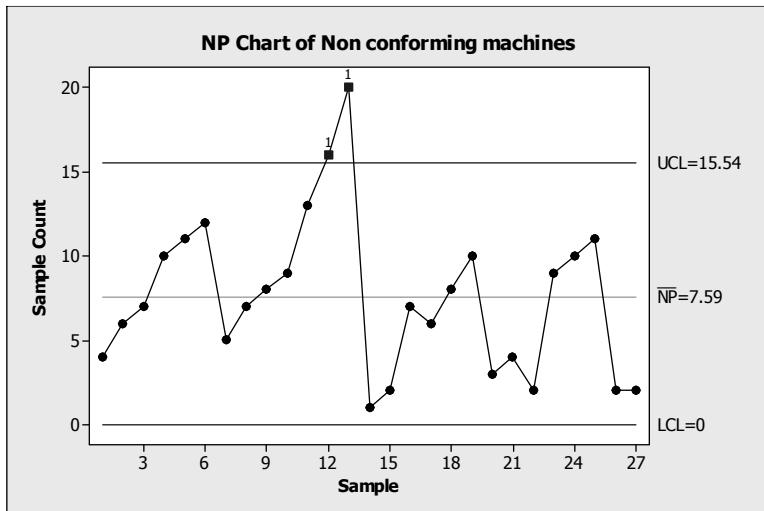
دراسة وتحليل الخريطة : نلاحظ من خلال الخريطة وجود أكثر من مؤشر على عدم

استقرار العملية الإنتاجية (Unstable process) وأهمها:

• وجود نقطتين (خاصة باليوم ١٢ و ١٣) خارج حدود الضبط.

• وجود حالة التعاقب (run) في الفترات الممتدة بين اليوم الأول واليوم ١٢ .

هذه مؤشرات قوية على أن العملية تقع خارج المراقبة الإحصائية (Process out of statistical control) وهذا ناتج عن وجود أسباب خاصة (Special causes) يجب البحث عنها وإزالتها من العملية قصد تحسين أدائها وضمان جودةمنتجاتها.



الشكل ١٦-٥ خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) لشركة المعدات الكهربائية

## ٢-٢-٥ مثال لخريطة (np chart) مع الحل على برنامج الأكسل

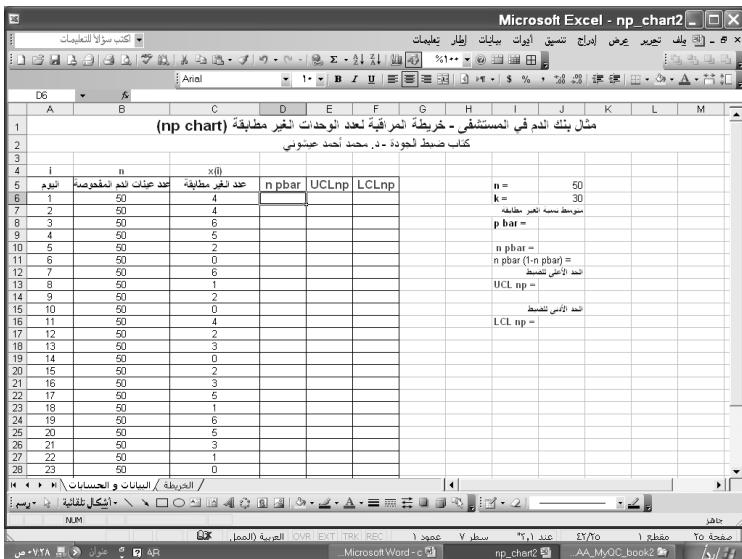
المثال التالي خاص ببيانات مستقطعة من بنك للدم في أحد المستشفيات حيث كانت تفحص ٥٠ عينة من الدم يومياً ولمدة شهر وتم تصنيف عينات الدم غير الصالحة ورصدت النتائج في الجدول (١٠-٥). من خلال هذه البيانات نود مراقبة العملية في المستشفى وسوف نستعمل برنامج الميكروسوفت أكسل لعمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة (np chart) وهذا بتبع الخطوات التالية:

أولاً نقوم بفتح ورقة عمل إكسل جديدة ونقوم بإدخال بيانات الجدول (٧-٥) بحيث نسجل أرقام الأيام (i) في العمود A وحجم العينات المسحوبة يومياً (n) في

العمود B وعدد الوحدات المعيية أو الغير مطابقة (i)  $x$  في كل عينة في العمود C كما هو موضح على الشكل (١٧-٥). يستحسن هنا إضافة عنوان وعبارات توضيحية للمثال في بداية الورقة حتى يسهل العودة إليها ومراجعتها في المستقبل.

| العينة (اليوم) | حجم العينة | عدد المعيي |
|----------------|------------|------------|
| 1              | 50         | 4          |
| 2              | 50         | 4          |
| 3              | 50         | 6          |
| 4              | 50         | 5          |
| 5              | 50         | 0          |
| 6              | 50         | 6          |
| 7              | 50         | 1          |
| 8              | 50         | 2          |
| 9              | 50         | 0          |
| 10             | 50         | 4          |
| 11             | 50         | 2          |
| 12             | 50         | 3          |
| 13             | 50         | 0          |
| 14             | 50         | 2          |
| 15             | 50         | 3          |
| 16             | 50         | 5          |
| 17             | 50         | 1          |
| 18             | 50         | 6          |
| 19             | 50         | 5          |
| 20             | 50         | 3          |
| 21             | 50         | 1          |
| 22             | 50         | 0          |
| 23             | 50         | 4          |
| 24             | 50         | 3          |
| 25             | 50         | 5          |
| 26             | 50         | 6          |
| 27             | 50         | 2          |
| 28             | 50         | 3          |
| 29             | 50         | 1          |
| 30             | 50         |            |

جدول ١٠-٥ نتائج فحص عينات الدم في بنك الدم في المستشفى



الشكل ١٧-٥ إدخال بيانات مثال بنك الدم في ورقة الأكسل وتحقيقها لعمل خريطة (np chart)

نبدأ الآن بحساب متوسط نسبة المعيب وهذا باستعمال شريط الصيغ الحسابية (fx). سوف نضع نتيجة متوسط نسبة المعيب في الخلية (J8) وهذا بالنقل عليها بالفأرة ونكتب الصيغة :  $= \text{SUM}(C6:C35)/(J6*n)$  وتكون نتيجة هذه العملية  $\bar{p} = 0.059$ . نلاحظ هنا أننا كنا قد وضعنا قيمة n في الخلية J5 وقيمة g في الخلية J6.

نحسب بعد ذلك قيمة  $n.\bar{p}$  ونضعها في الخلية J10 وهذا باستعمال الصيغة الحسابية  $= J5*n.\bar{p}$  = 2.967. تمثل هذه القيمة الخط المركز (CL)

للخريطة، لذلك فسنسجلها في خلايا العمود D لكل العينات لاستعمالها في رسم الخريطة.

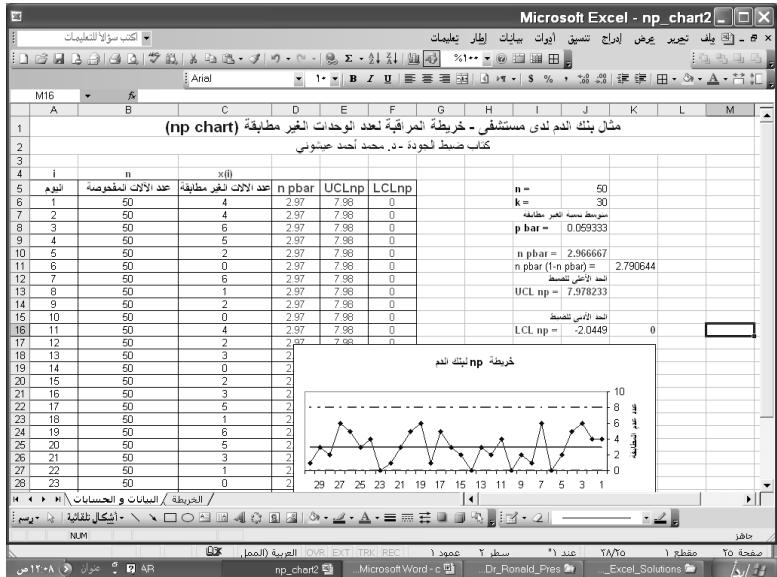
نحسب قيمة التباين  $n\bar{p}(1 - \bar{p})$  ونضع نتيجته في الخلية K11 حسب الصيغة  
 $n\bar{p}(1 - \bar{p}) = 2.79$  . وتكون النتيجة  $J10^*(1-J8)$

في الخلية J13 نحسب الحد الأعلى للضبط باستعمال الصيغة :  
 $J10 + 3 * SQRT(K11) = 7.97$  .  $UCL_{np}$

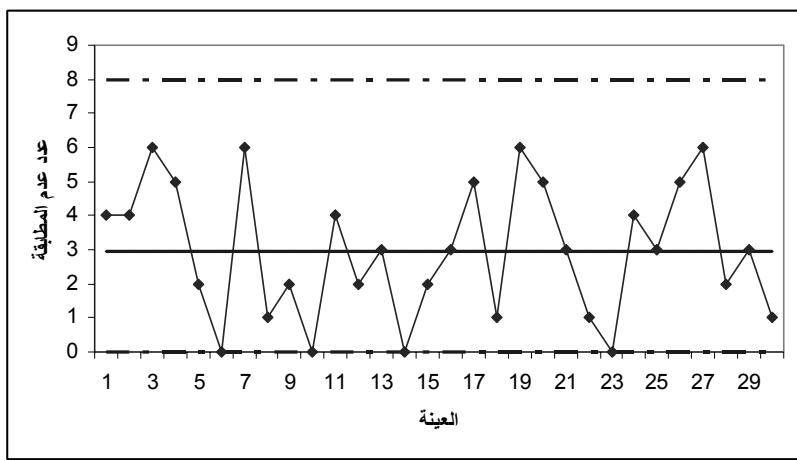
نسجل هذه القيمة في خلايا العمود E لكل العينات لاستعمالها في رسم الخريطة.

في الخلية J16 نحسب الحد الأدنى للضبط باستعمال الصيغة :  
 $J10 - 3 * SQRT(K11) = 2.04$  ، وبما أن القيمة سالبة وهذا غير ممكن منطقيا فإننا نأخذ قيمة  $LCL_{np} = 0$ ، ونسجل كذلك هذه القيمة في خلايا العمود F لكل العينات.

بعد ذلك ننتقل إلى الخطوة الثالثة وهي تخص رسم الخريطة باستعمال معالج التخطيطات (Chart Wizard) أين نختار نوع التخطيط خطى ملائمة استعماله. سوف نتبع الأوامر التي تصدر عن المعالج وهذا بتحديد البيانات وإجراء التنسيقات المناسبة للخريطة ونحصل على الخريطة كما هو موضح على الشكلين (١٨-٥) و (١٩-٥).



الشكل ١٨-٥ خطوات عمل خريطة (np chart) على برنامج الإكسيل



الشكل ١٩-٥ خريطة المراقبة للوحدات الغير مطابقة لبنت الدم في المستشفى

دراسة وتحليل الخريطة : يلاحظ من الخريطة عدم وجود أي نقطة خارجة عن حدود الضبط ، خاصة من جهة الحد الأعلى وهذا مؤشر جيد على أن العملية في قسم

بنك الدم بالمستشفى تقع تحت المراقبة الإحصائية (Statistical Process under Control).

**ملاحظة هامة :** في هذا المثال وبما أن حجم العينة ثابت فإنه بإمكانك أيضاً عزيزي الدارس، عمل خريطة نسبة المعيب (chart p) بحيث تحسب نسبة المعيب بقسمة

عدد الوحدات المعيبة على حجم العينة  $p = \frac{x(i)}{n}$  ومن ثم تتبع خطوات عمل خريطة نسبة المعيب التي تم التطرق إليها في الفقرة السابقة.

### ٣-٢-٥ عمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات غير المطابقة بإستخدام برنامج المينيتاب (np chart using Minitab)

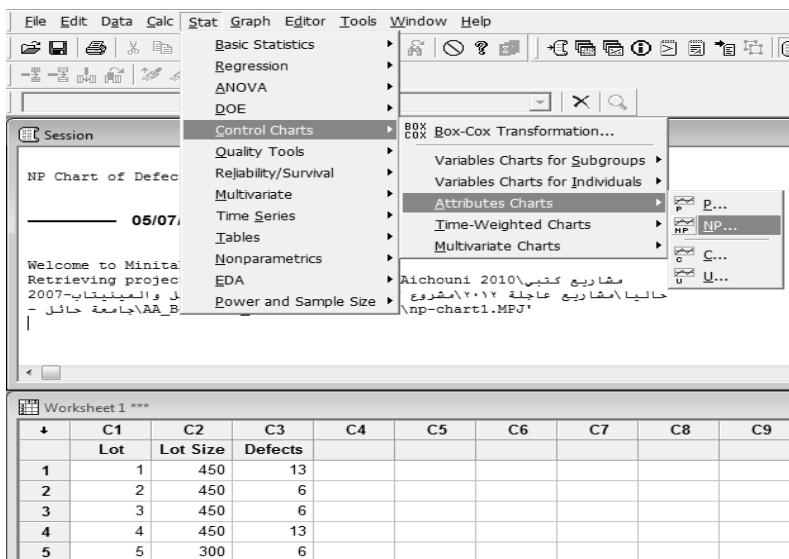
قصد دراسة العملية الإنتاجية في شركة تصنيع قطع ميكانيكية لمضخات هيدروليكيه قام مفتش الجودة بسحب عينات ذات أحجام مختلفة من ٢٠ دفعه من الإنتاج ورصد عدد القطع المعيبة على الجدول (١١-٥).

| الدفعة | حجم العينة | عدد العيوب | الدفعة | حجم العينة | عدد العيوب | الدفعة |
|--------|------------|------------|--------|------------|------------|--------|
| 1      | 450        | 13         | 11     | 450        | 12         | 12     |
| 2      | 450        | 6          | 12     | 450        | 9          | 13     |
| 3      | 450        | 6          | 13     | 450        | 7          | 14     |
| 4      | 450        | 13         | 14     | 450        | 5          | 15     |
| 5      | 300        | 6          | 15     | 300        | 8          | 16     |
| 6      | 300        | 5          | 16     | 300        | 7          | 17     |
| 7      | 300        | 7          | 17     | 300        | 6          | 18     |
| 8      | 600        | 16         | 18     | 600        | 10         | 19     |
| 9      | 600        | 21         | 19     | 600        | 18         | 20     |
| 10     | 600        | 8          | 21     | 600        | 10         |        |

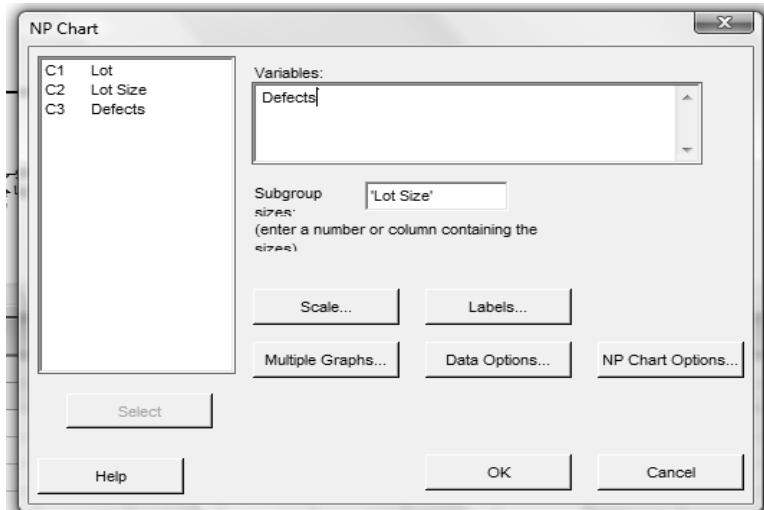
الجدول ١١-٥ عدد العيوب في المضخات الهيدروليكيه

عن طريق رسم خريطة المراقبة (np chart) سنقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية لدى الشركة.

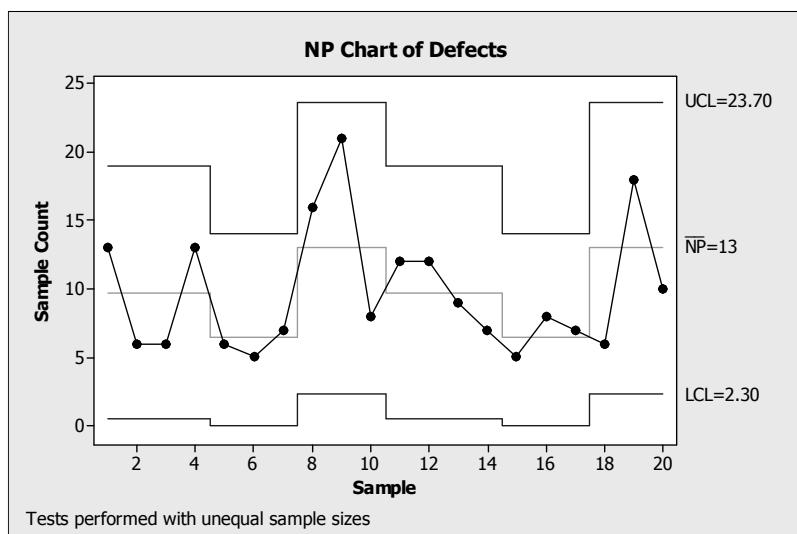
**الحل :** بعد إدخال البيانات في برنامج المينيتاب، من قائمة (Stat) نختار (Control Charts) ثم (NP...) ثم (Attributes Charts). بعدها تفتح نافذة حوار (Chart) حينها نقوم بإختيار البيانات (Defects) في (Lot size) و(Variables) في (Subgroup size) كما هو موضح على الشكل (٢٠-٥ و ٢١-٥) ثم نختار np. لنحصل على خريطة عدد الوحدات غير المطابقة للعملية التصنيعية (OK). الموضحة على الشكل (٢٢-٥) والتي تبين أن كل التغيرات في العملية تعتبر تغيرات طبيعية ومنه فإن العملية الخدمية التصنيعية مستقرة وتقع تحت المراقبة الإحصائية.



**الشكل ٢٠-٥** عمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة بإستخدام برنامج المينيتاب



**الشكل ٢١-٥** إدخال البيانات لعمل خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة



**الشكل ٢٢-٥** خريطة المراقبة لعدد الوحدات الغير مطابقة في العملية التصنيعية

## ٦ خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart)

### ١-٦ المفهوم العام للخريطة والخطوات العملية لعملها

تسمى هذه الخريطة أيضاً بالخريطة المعيارية لعدد العيوب Standardized (c chart) وتستعمل حينما يكون من الصعب الحصول على وحدة منتج بحجم أو أبعاد ثابتة مثال قطع من القماش بأبعاد مختلفة تحتوي على أعداد من الأخطاء والعيوب (١٢ عيب في المتر المربع من القماش) ويتم هنا حصر عدد العيوب في الوحدة المفحوصة (أي قطعة القماش) وليس في المتر المربع منه. كما تستعمل أيضاً خريطة (u chart) لما تكون العينة المفحوصة تحتوي على أكثر من وحدة واحدة من المنتج بحيث أن كل وحدة تحتوي على أكثر من عيب. نلاحظ هنا، عزيزي الدارس، أنه يعكس خريطة عدد العيوب (c chart) أين يكون حجم العينة ثابتة، فإن حجم العينة في خريطة (u chart) قد يكون متغيراً بمعنى أن عدد الوحدات المفحوصة مختلف من عينة لأخرى. تتلخص الطريقة العملية لإنشاء خريطة المراقبة لعدد العيوب في الوحدة الواحدة (u chart) في الخطوات الأساسية التالية:

**الخطوة الأولى:** نقوم بسحب  $g$  عينة من العملية خلال فترات مختلفة بحيث تحتوي كل عينة على  $(i)$   $n$  وحدة منتج ونقوم برصد عدد العيوب  $(i)$   $c$  في كل عينة  $(i)$ . تسجل هذه البيانات في جدول النتائج.

**الخطوة الثانية :** نحسب عدد العيوب لكل وحدة منتج وهو حاصل قسمة عدد العيوب في كل عينة على عدد الوحدات في العينة أي:

$$u(i) = \frac{c(i)}{n(i)}$$

**الخطوة الثالثة :** نحسب متوسط عدد العيوب لكل وحدة ويمثل هذا الخط المركز للخريطة :

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^g c(i)}{\sum_{i=1}^g n(i)} = \frac{c(1) + c(2) + \dots + c(g)}{n(1) + n(2) + \dots + n(g)}$$

نقوم بعد ذلك بحساب حدود الضبط خريطة (u chart) وهذا حسب المعادلات التالية:

$$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}} \quad \text{الحد الأعلى للضبط :}$$

$$LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}} \quad \text{والحد الأدنى للضبط :}$$

يجب أن نلاحظ هنا أن هذه الحدود فردية و الخاصة لكل عينة، أي أن لكل عينة حدا للضبط خاصة بها وهو يتغير من عينة لأخرى.

**الخطوة الرابعة :** نقوم بعد ذلك برسم الخريطة والتي نرسم فيها عدد العيوب لكل وحدة منتج (i) u بدلاًلة رقم العينة (i) مع تحديد الخط المركز وحدود الضبط العليا والسفلى.

**الخطوة الخامسة :** نقوم بدراسة وتحليل الخريطة ملاحظة أي انحراف في العملية.

## ٢-٦ أمثلة تطبيقية لخريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart)

لتوضيح طريقة إنشاء خريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) سوف نقوم بعرض أمثلة حيث نقوم بحل المثال الأول حالاً يدوياً في حين نقوم بحل الثاني والثالث باستخدام برامج الميكروسوفت إكسيل والمينيتاب وهذا حتى ترسيخ لدينا طريقة عمل هذه الخريطة للمراقبة وكيفية إستعمالها لدراسة إستقرار العمليات الإنتاجية والخدمية وإجراء التحسينات المستمرة فيها بما يحقق الجودة في المنتجات والخدمات و يؤدي إلى رضا العملاء والتميز في الأداء.

## ١-٢-٦ عمل خريطة (u chart) مع الحل اليدوي

في مصنع للقماش، وقصد دراسة استقرار العملية الإنتاجية قام مفتش الجودة بسحب عشرة لفات من القماش المصنوع ذات مقاسات مختلفة ورصد عدد العيوب في كل لفة على الجدول (١٢-٥).

| العينة (لفة القماش) | مساحة قطعة القماش (م <sup>٢</sup> ) | عدد العيوب |
|---------------------|-------------------------------------|------------|
| 1                   | 200                                 | 5          |
| 2                   | 80                                  | 7          |
| 3                   | 100                                 | 3          |
| 4                   | 300                                 | 15         |
| 5                   | 120                                 | 4          |
| 6                   | 90                                  | 6          |
| 7                   | 250                                 | 10         |
| 8                   | 50                                  | 1          |
| 9                   | 100                                 | 6          |
| 10                  | 70                                  | 2          |

الجدول ١٢-٥ نتائج فحص ١٠ لفات قماش ذات أحجام مختلفة

الحل: يجب أن نلاحظ هنا عزيزي الطالب أن حجم العينة (مقاسات لفات القماش) مختلف من عينة إلى أخرى وفي هذه الحالة إذا درسنا هذه العملية الإنتاجية من خلال رسم خريطة عدد العيوب (c chart) فهذا سيؤدي بنا إلى أخطاء جسيمة حيث أن القيم المطلقة لعدد العيوب لا تعطي الدلالة الكافية عن التغيرات في العملية وقد تعطي دلالات عكسية، لهذا فإن الخريطة المناسبة هنا هي خريطة (u chart) التي تتعامل مع عدد العيوب للوحدة الواحدة والتي سنأخذها هنا وحدة المتر المربع من القماش، لذلك فإننا سنبدأ بحساب عدد العيوب لكل متر مربع في كل العينات المفحوصة وهذا حسب العلاقة:

$$u(i) = \frac{c(i)}{n(i)}$$

أين لدينا عدد العيوب في كل عينة : (i) وعدد الوحدات في كل عينة (مساحة اللفة) :  $n(i)$

و منه نحسب مثلا للعينة ١ و ٢ و ٣ :

$$u(1) = \frac{c(1)}{n(1)} = 5 / 200 = 0.025$$

$$u(2) = \frac{c(2)}{n(2)} = 7 / 80 = 0.088$$

$$u(3) = \frac{c(3)}{n(3)} = 3 / 100 = 0.030$$

و بنفس الطريقة نقوم بحساب (i) لبقية العينات حتى العينة ١٠ وندون النتائج على

الجدول (١٣-٥) كما هو موضح أدناه.

| العينة (لفة القماش) | مساحة اللفة (م <sup>٢</sup> ) | عدد العيوب | العينة (لفة القماش) |
|---------------------|-------------------------------|------------|---------------------|
| 1                   | 200                           | 5          | 0.025               |
| 2                   | 80                            | 7          | 0.088               |
| 3                   | 100                           | 3          | 0.030               |
| 4                   | 300                           | 15         | 0.050               |
| 5                   | 120                           | 4          | 0.033               |
| 6                   | 90                            | 6          | 0.067               |
| 7                   | 250                           | 10         | 0.040               |
| 8                   | 50                            | 1          | 0.020               |
| 9                   | 100                           | 6          | 0.060               |
| 10                  | 70                            | 2          | 0.029               |

جدول ١٣-٥ حساب عدد العيوب لكل وحدة (م<sup>٢</sup>)

نحسب الآن **متوسط عدد العيوب** لكل وحدة والذي سيكون هو الخط المركز للخريطة :

$$\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^g c(i)}{\sum_{i=1}^g n(i)} = \frac{c(1) + c(2) + \dots + c(10)}{n(1) + n(2) + \dots + n(10)}$$

$$\bar{u} = \frac{5 + 7 + 3 + 15 + 4 + 6 + 10 + 1 + 6 + 2}{200 + 80 + 100 + 300 + 120 + 90 + 250 + 50 + 100 + 70}$$

$$\bar{u} = \frac{59}{1360} = 0.043$$

بعدها نقوم بحساب حدود الضبط خريطة (u chart) مع العلم أن حدود الضبط ستكون مختلفة من عينة لأخرى بحيث نحسب الحد الأعلى للضبط لكل عينة حسب العلاقة:

$$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}}$$

$$UCL_u(1) = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(1)}} = 0.043 + 3\sqrt{\frac{0.043}{200}} = 0.087 \quad \text{العينة ١ :}$$

$$UCL_u(2) = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(2)}} = 0.043 + 3\sqrt{\frac{0.043}{80}} = 0.113 \quad \text{والعينة ٢ :}$$

وبالطريقة نفسها نحسب الحد الأعلى للضبط لباقي العينات.

ثم نحسب الحد الأدنى للضبط لكل عينة حسب العلاقة:

$$LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}}$$

$$LCL_u(1) = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(1)}} = 0.043 - 3\sqrt{\frac{0.043}{200}}$$

$$LCL_u(1) = -0.0007 \rightarrow 0 \quad \text{العينة ١ :}$$

$$LCL_u(2) = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(2)}} = \quad \text{والعينة ٢ :}$$

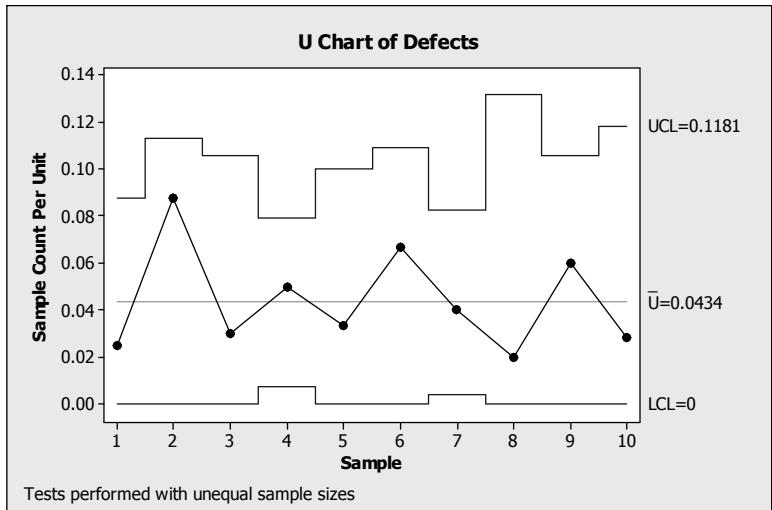
$$LCL_u(2) = 0.043 - 3\sqrt{\frac{0.043}{80}} = -0.026 \rightarrow 0$$

وكذلك تقوم بحساب الحد الأدنى للضبط لبقية العينات بنفس الطريقة. بعد إجراء حسابات حدود الضبط لجميع العينات نسقط هذه النتائج على الجدول (١٤-٥) كما هو موضح أدناه:

| LCL <sub>u</sub> | UCL <sub>u</sub> | $\bar{u}$ | العينة i |
|------------------|------------------|-----------|----------|
| 0                | 0.088            | 0.043     | 1        |
| 0                | 0.113            | 0.043     | 2        |
| 0                | 0.106            | 0.043     | 3        |
| 0                | 0.079            | 0.043     | 4        |
| 0                | 0.100            | 0.043     | 5        |
| 0                | 0.109            | 0.043     | 6        |
| 0                | 0.083            | 0.043     | 7        |
| 0                | 0.132            | 0.043     | 8        |
| 0                | 0.106            | 0.043     | 9        |
| 0                | 0.118            | 0.043     | 10       |

جدول ١٤-٥ حساب حدود الضبط لخريطة (u chart)

نقوم بعد ذلك برسم الخريطة والتي نرسم فيها عدد العيوب لكل وحدة منتج (i) بدلاًلة رقم العينة (i) مع تحديد الخط المركز  $\bar{u}$  وحدود الضبط ( $UCL_u$ ,  $LCL_u$ ) ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٢٣-٥).



الشكل ٢٣-٥ خريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) لقطع القماش

**دراسة وتحليل الخريطة:** من خلال خريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) الموضحة على الشكل (٢٣-٥) يتبيّن لنا أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط وأن التغييرات التي تجري في العملية تعتبر تغيرات طبيعية (Natural variations) ومنه يمكن استنتاج أن العملية مستقرة (Stable Process) وأنها تقع تحت المراقبة الإحصائية (in Statistical Control).

## ٢-٢-٦ عمل خريطة (u chart) على برنامج إلإكسيل

في شركة شحن جوي قام مفتش الجودة بفحص مجموعة من الفواتير لتحديد الأخطاء التي يرتكبها موظفوه كل يوم ولمدة شهر كامل ورصد النتائج على الجدول (١٥-٥). من خلال خريطة المراقبة (u chart) للعملية الخدمية للشركة نود دراسة استقرار هذه العملية، ونظراً لكثرة البيانات وطول الحسابات في هذا المثال فسوف نستعمل برنامج الميكروسفت إكسيل.

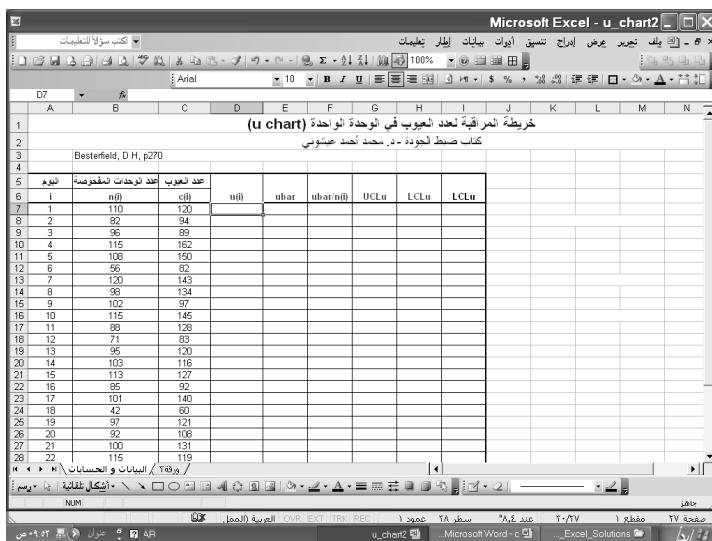
لعمل خريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (chart u) على برنامج الميكروسفت أكسل ابدأ بفتح ورقة عمل جديدة وأدخل البيانات بحيث تدخل رقم اليوم i في العمود A وعدد الفواتير المفحوصة (i) n في العمود B وعدد الأخطاء في كل عينة (i) c في العمود C. ننصحك عزيزي الدارس أن تضيف في بداية الورقة بعض العبارات التوضيحية للمثال حتى يتسعى لك الرجوع إليها مستقبلاً كما هو موضح على الشكل .(٢٤-٥)

نقوم الآن بحساب عدد العيوب لكل وحدة حسب العلاقة  $u(i) = c(i)/n(i)$  وهذا باستعمال شريط الصيغ الحسابية حيث أنها نحسب للعينة ١ قيمة  $u(1) = c(1)/n(1)$  ولذلك نضغط بالفأرة على الخلية D7 ونضع علامة = ونستعمل الصيغة C7/B7 بعد ذلك نطبق نفس الصيغة على بقية العينات وهذا بجر الفأرة مضغوطة من الخلية D36 إلى الخلية D7

**حساب القيمة المتوسطة لعدد العيوب لكل وحدة**  $\bar{u}$  نحسب أولاً بسط المعادلة والذي نضع نتيجته في الخلية C37 حسب الصيغة  $=SUM(C7:C36)$  وكذلك مقام المعادلة والذي نضع نتيجته في الخلية B37 حسب الصيغة " $=SUM(B7:B36)$ " ومن ثم قيمة  $\bar{u}$  ونضع نتيجتها في الخلية C39 وباستعمال الصيغة " $=C37/B37$ " تكون نتيجة الحساب  $1.2005 = \bar{u}$  نقوم بتسجيل هذه القيمة في خلايا العمود E لاستعمالها في رسم الخريطة وحساب حدود الضبط لكل عينة.

| اليوم | عدد الفواتير | الإخطاء | اليوم | عدد الفواتير | الإخطاء |
|-------|--------------|---------|-------|--------------|---------|
| i     | n(i)         | c(i)    | i     | n(i)         | c(i)    |
| 1     | 110          | 120     | 16    | 85           | 92      |
| 2     | 82           | 94      | 17    | 101          | 140     |
| 3     | 96           | 89      | 18    | 42           | 60      |
| 4     | 115          | 162     | 19    | 97           | 121     |
| 5     | 108          | 150     | 20    | 92           | 108     |
| 6     | 56           | 82      | 21    | 100          | 131     |
| 7     | 120          | 143     | 22    | 115          | 119     |
| 8     | 98           | 134     | 23    | 57           | 93      |
| 9     | 102          | 97      | 24    | 25           | 88      |
| 10    | 115          | 145     | 25    | 89           | 107     |
| 11    | 150          | 128     | 26    | 101          | 105     |
| 12    | 82           | 83      | 27    | 122          | 143     |
| 13    | 120          | 120     | 28    | 105          | 132     |
| 14    | 98           | 116     | 29    | 98           | 100     |
| 15    | 102          | 103     | 30    | 48           | 60      |
| 16    | 115          | 127     |       |              |         |
| 17    | 93           | 116     |       |              |         |
| 18    | 63           | 111     |       |              |         |
| 19    | 63           | 111     |       |              |         |
| 20    | 120          | 116     |       |              |         |
| 21    | 113          | 111     |       |              |         |
| 22    | 95           | 116     |       |              |         |
| 23    | 60           | 92      |       |              |         |
| 24    | 60           | 101     |       |              |         |
| 25    | 42           | 101     |       |              |         |
| 26    | 60           | 97      |       |              |         |
| 27    | 121          | 108     |       |              |         |
| 28    | 100          | 131     |       |              |         |
| 29    | 115          | 119     |       |              |         |

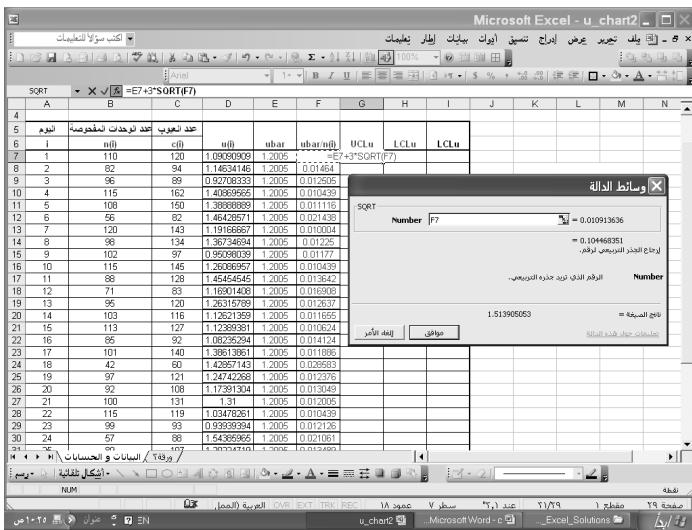
جدول ٥ - بيانات عن عدد الأخطاء في الفواتير لدى شركة الشحن الجوي



الشكل ٤-٥ إدخال البيانات وتحيئه ورقة الأكسل لعمل خريطة (u chart)  
لشركة الشحن الجوي

قصد تبسيط حساب حدود الضبط العليا والدنيا لكل عينة يستحسن حساب قيمة  $\bar{u} / n(i)$  لكل عينة والتي سنضع نتيجتها في العمود F، حيث نبدأ بالعينة ١ حيث نضغط في الخلية F7 ونكتب علامة = ونستعمل الصيغة الحسابية  $=E7/D7$  ، ومن ثم نطبق نفس الصيغة على بقية العينات أي من الخلية F7 إلى الخلية F36.

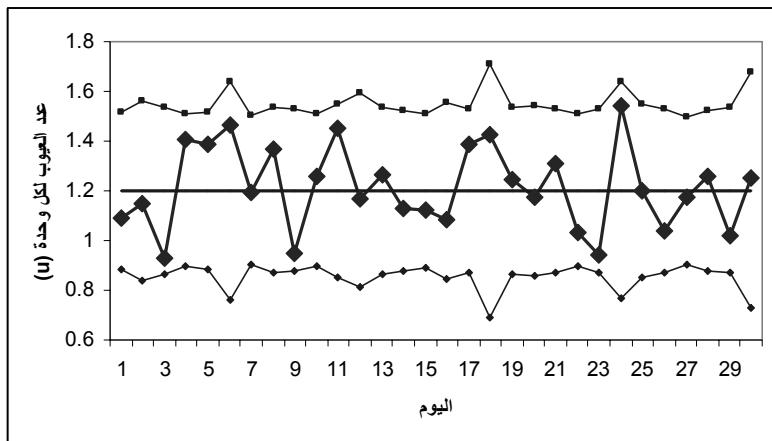
نقوم الآن بعملية حساب الحد الأعلى لكل عينة ونبدأ بالعينة ١ وهذا بالضغط على الفأرة في الخلية G7 ونكتب الصيغة  $=E7+3*SQRT(F7)$  كما هو موضح على الشكل (٢٥-٥) وبعدها نطبق نفس الصيغة على بقية خلايا العمود G.



الشكل ٢٥-٥ حساب حدود الضبط لخريطة (u chart) لشركة الشحن الجوي

وبالطريقة نفسها نحسب الحد الأدنى للضبط لكل عينة ونبدأ بالعينة ١ وهذا بالضغط على الفأرة في الخلية H7 ونكتب الصيغة  $=E7-3*SQRT(F7)$  وبعدها نطبق نفس الصيغة على بقية خلايا العمود H لحساب الحد الأدنى لبقية العينات.

إلى هذه النقطة نكون قد قمنا بإجراء جميع العمليات الحسابية الضرورية لرسم الخريطة التي سنستعمل لرسمها معالج التخطيطيات (chart wizard) كما تم شرحه سابقاً ونحصل على الخريطة الموضحة على الشكل (٢٦-٥).



الشكل ٢٦-٥ خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart) لشركة الشحن الجوي

**دراسة وتحليل الخريطة :** من خلال هذه الخريطة نلاحظ أن جميع النقاط تقع داخل حدود الضبط وأن نمط التغيرات في العملية يعتبر طبيعياً (Natural Variations) ومنه يستنتج أن العملية مستقرة (Stable Process) وتقع تحت المراقبة الإحصائية (In Statistical Control).

### ٣-٢-٦ عمل خريطة المراقبة لعدد العيوب للوحدة الواحدة بإستخدام برنامج المينيتاب (u chart using Minitab)

سجل مدير الجودة في أحد المستشفيات عدد الشكاوى بنوعيها العادية (Typical complaints) والخطيرة (Serious complaints) التي تم تسجيلها من طرف المرضى الذين غادروا المستشفى في كل يوم خلال شهر وكانت النتائج المسجلة على الجدول

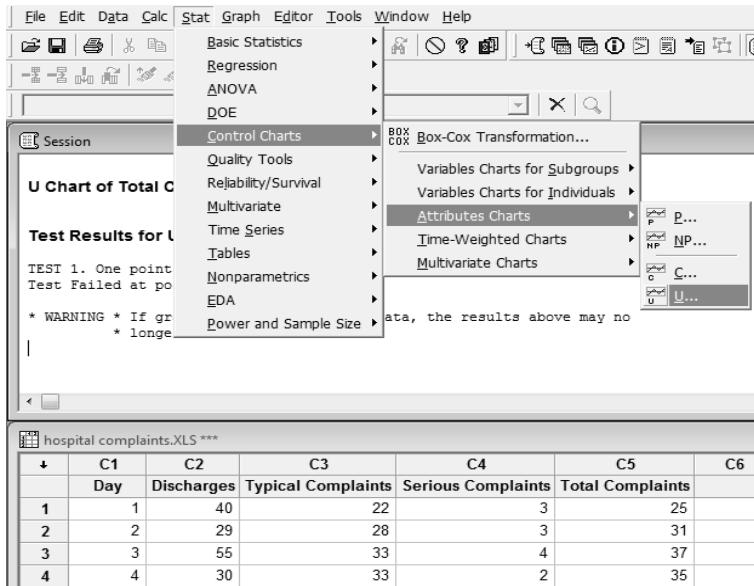
(١٦-٥). عن طريق رسم خريطة المراقبة (u chart) سنقوم بدراسة استقرار العملية الخدمية في المستشفى.

| ال يوم | عدد المرضى المغادرين | عدد الشكاوى العادية | عدد الشكاوى الخطرة |
|--------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Day    | Discharges           | Typical Complaints  | Serious Complaints |
| 1      | 40                   | 22                  | 3                  |
| 2      | 29                   | 28                  | 3                  |
| 3      | 55                   | 33                  | 4                  |
| 4      | 30                   | 33                  | 2                  |
| 5      | 22                   | 3                   | 0                  |
| 6      | 33                   | 32                  | 1                  |
| 7      | 40                   | 23                  | 2                  |
| 8      | 35                   | 38                  | 2                  |
| 9      | 34                   | 23                  | 2                  |
| 10     | 50                   | 33                  | 1                  |
| 11     | 22                   | 32                  | 2                  |
| 12     | 30                   | 39                  | 4                  |
| 13     | 21                   | 23                  | 2                  |
| 14     | 45                   | 22                  | 3                  |
| 15     | 30                   | 22                  | 3                  |
| 16     | 30                   | 33                  | 1                  |
| 17     | 30                   | 44                  | 1                  |
| 18     | 35                   | 27                  | 2                  |
| 19     | 25                   | 33                  | 1                  |
| 20     | 40                   | 34                  | 4                  |
| 21     | 55                   | 44                  | 1                  |
| 22     | 55                   | 33                  | 1                  |
| 23     | 70                   | 52                  | 2                  |
| 24     | 34                   | 24                  | 2                  |
| 25     | 40                   | 45                  | 2                  |

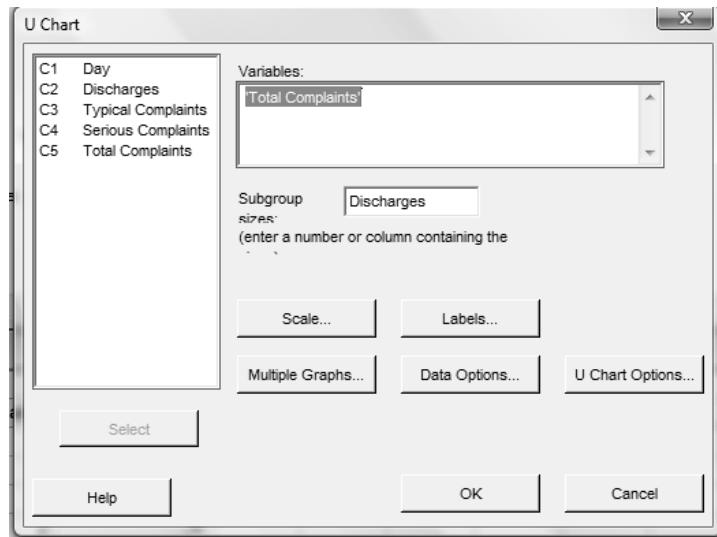
### الجدول ١٦-٥ بيانات الشكاوى لمرضى المستشفى

الحل: بعد إدخال البيانات في برنامج المينيتاب، من قائمة (Stat) اختار (Control Charts) ثم (U Chart) (Attributes Charts) ثم (...). بعدها تفتح نافذة حوار (Variables) في حينها تقوم بإختيار البيانات (Total Complaints) في الفصل الخامس - المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص

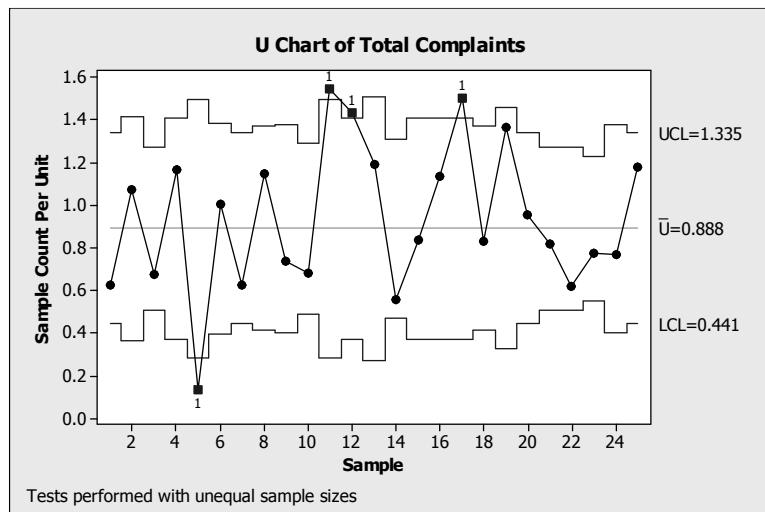
٢٧-٥) كما هو موضح على الشكل (Discharges) في (Subgroup size) و(OK) ثم نختار (OK). لنحصل على خريطة عدد الشكاوى لكل مريض في المستشفى (U Chart) الموضحة على الشكل (٢٩-٥).



الشكل ٢٧-٥ خطوات عمل خريطة المراقبة لعدد الشكاوى لكل مريض (U Chart) على برنامج المينيتاب



**الشكل ٢٨-٥** إدخال البيانات لخريطة المراقبة لعدد الشكاوى لكل مريض



**الشكل ٢٩-٥** خريطة المراقبة لعدد الشكاوى لكل مريض (u Chart) في المستشفى

يتضح من الخريطة وجود نقاط خارجة عن حدود الضبط وهذا مؤشر على أن العمليات الخدمية في المستشفى تقع تحت تأثير أسباب خاصة وهي غير مستقرة إحصائياً

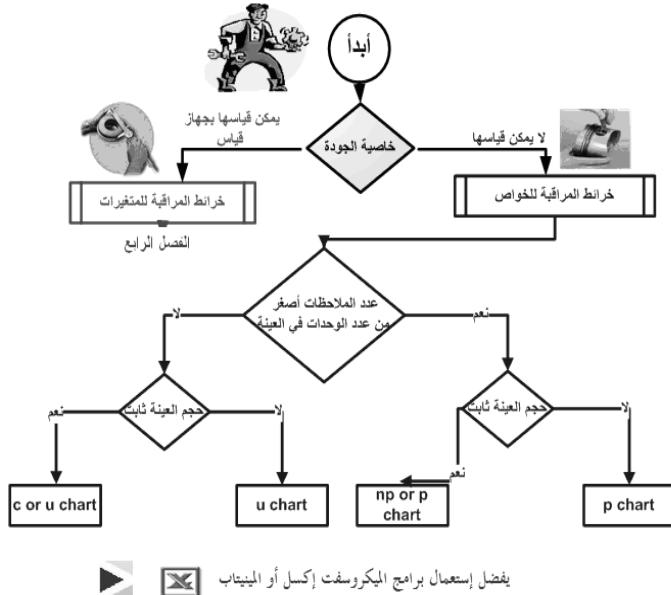
ويتوجب على إدارة المستشفى العمل على إزالة الأسباب الخاصة التي أدت إلى التغيرات والاختلافات الكبيرة في عدد الشكاوى من المرضى وتفعيل دور قسم علاقات المرضى للباحث معهم حول سبل تحسين الخدمات المقدمة لهم بما يحقق رضاهما ويتحقق أعلى معايير التميز في الأداء.

## ٧ ملاحظات ختامية عن المراقبة الإحصائية للعمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص

لقد قمنا في هذا الفصل بعرض تقنية خرائط المراقبة للخواص (Control charts for Attributes) حيث وضمنا الطريقة العملية لإنشاء هذه الخرائط واستعمالاتها في مراقبة العمليات الإنتاجية والخدمية. في هذه الفقرة، سنعرض الجدول (١٧-٥) الذي نلخص فيه أهم المعلومات التي وردت في الفقرات السابقة حول خصائص خرائط المراقبة للخواص وظروف استعمالاتها ويعتبر هذا هذا الجدول كدليل مساعد في تحديد الخريطة المناسبة للعملية التي نود مراقبتها مع الاستفادة من المخطط الموضح على الشكل (٣٠-٥) كما نقدم خلاصة لقوانيين المستعملة في حساب حدود الضبط لخرائط مراقبة الخواص في الجدول (١٨-٥).

| خرائط المراقبة للخواص |                  |               |            |
|-----------------------|------------------|---------------|------------|
| العيوب                | وحدات غير مطابقة | ثابت          | حجم العينة |
| c chart (n=1)         | np chart         | ثابت          |            |
| u chart               | p chart          | ثابت أو متغير |            |

المجدول ١٧-٥ اختيار نوع خريطة المراقبة للخواص (Besterfield, p.273)



**الشكل ٣٠-٥** المخطط العملي لاختيار خريطة المراقبة للخواص المناسبة

| الحد الأعلى للضبط  | الحد الأدنى للضبط  | الخط المركز   | خربيطة المراقبة |
|--|--|---|-----------------|
| $UCL_c = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}}$                      | $LCL_c = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}}$                      | $\bar{C}$   | c chart         |
| $UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ | $LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ | $\bar{p}$   | p chart         |
| $UCL_{np} = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$      | $LCL_{np} = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$      | $n\bar{p} = n \times \bar{p}$                           | np chart        |
| $UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}}$         | $LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n(i)}}$         | $\bar{u} = \frac{\sum_{i=1}^g c(i)}{\sum_{i=1}^g n(i)}$ | u chart         |

**المجدول ١٨-٥** جدول قوانين حساب حدود الضبط في خرائط المراقبة للخواص

## ٨ خارطة الطريق في استعمال خرائط المراقبة في عمليات التحسين

عزيزي القارئ، لقد تعرفنا مع بعض من خلال الفصل الرابع والخامس على أهم أنواع خرائط المراقبة (Control Charts) كأهم الأدوات العملية المستعملة في مراقبة وضبط العمليات الإنتاجية والخدمية والتي أدرجت ضمن فلسفات التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement) كإدارة الجودة الشاملة (Total Quality Management) والستة سيجما (Six Sigma)، وتعتبر خرائط المراقبة العمود الفقري للمراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Control Quality) التي تعتبر بدورها أحد العناصر الأساسية لضبط الجودة (Control).

### ١-٨ الخطوات الأساسية في استعمال خرائط المراقبة

لقد وضمنا في الفقرة ٢ من الفصل السابق بأنه من خلال استعمال خرائط المراقبة للمتغيرات أو الخواص يمكن للمنشأة الإنتاجية أو الخدمية تحقيق أهداف مهمة تكمن فيما يلي:

- الاكتشاف المبكر لمشاكل الجودة قبل الاسترسال في إنتاج كميات كبيرة من المنتج دون المواصفات وبالتالي تخفيض التكاليف.
- التحسين المستمر للعمليات (Continuous Process Improvement).
- تحليل مقدرة العمليات (Process Capability Analysis).
- تحديد مواصفات المنتج (Product Specifications).
- الرفع من الكفاءة الإنتاجية (Increased Productivity).

ولتحقيق هذه الأهداف في المنشأة يجب مراعاة الخطوات الأساسية لاستعمال خرائط المراقبة والتي تتلخص فيما يلي :

**الخطوة ١** – عند ظهور مشكلات في جودة المنتج أو الخدمة يتوجب على الفريق القائم على العملية دراسة هذه المشكلات وتحليل المنتج (أو الخدمة) وهذا باستعمال إحدى الأدوات الأساسية السبع للجودة (The seven Basic Quality Tools) التي قمنا بشرحها في الفصل الثاني من هذا الكتاب. كما يتوجب علينا تحديد سبل التعامل مع هذه المشاكل وإيجاد الطرق العملية لحلها وإزالتها من العملية.

**الخطوة ٢** – بعد تحديد المنتج في ضوء خصائصه وطبيعته ينبغي اختيار الخريطة المناسبة لمراقبة العملية: لقد عرفنا أن خرائط المراقبة تنقسم إلى نوعين رئيسين وهما خرائط المراقبة للمتغيرات (Control charts for variables) وخرائط المراقبة للخواص أو المميزات (Control charts for Attributes). تستخدم خرائط المتغيرات في حالة إمكانية قياس خاصية الجودة في حين تستعمل خرائط الخواص في حالة عدم إمكانية القياس لخاصية الجودة وإنما يتم الحكم عليها عملاً بمبدأ مقبول أو مرفوض أو مطابق أو غير مطابق بعد مقارنة الخاصية مع مواصفة قياسية معينة. لاختيار الخريطة المناسبة من بين الأنواع التي تم التطرق إليها في هذا الكتاب، يمكنك عزيزي الدارس، الاستعانة بالخطط الموضح على الشكل (٣٠-٥) في آخر هذه الفقرة مع مراعاة المميزات والعيوب لكل نوع من الخرائط كما نشير إليه في الفقرة القادمة.

**الخطوة ٣** – بعد تحديد الخريطة المناسبة لطبيعة العملية التي نود مراقبتها، يتضح لنا نوع البيانات الضرورية لعمل الخريطة وهنا لدينا احتياراتين اثنين :

- إما تجميع بيانات عن المنتج لفترة زمنية محددة في المستقبل، أو
- استعمال بيانات مجتمعة خلال فترات زمنية سابقة عن العملية.

**الخطوة ٤** – ترسم الخريطة مع الخط المركز (CL) والحد الأعلى للضبط (UCL) والحد الأدنى للضبط (LCL) وتسقط عليها بيانات المنتج ونقوم بتحليلها. فإذا وقعت أي نقطة خارجة حدود الضبط أو حدث أي نمط في تسلسل النقاط اعتبرت العملية غير مستقرة إحصائيا (Process out of control) وهي واقعة تحت تأثير أسباب خاصة (Assignable causes) يجب البحث عنها وإتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة (Correctives actions) وإعادة حساب حدود ضبط جديدة للعملية.

**الخطوة ٥** – في حالة وقوع العملية الإنتاجية تحت الضبط الإحصائي (Process in statistical control) ومطابقة المنتج مع المواصفات، تعتبر الخريطة قياسية وتستعمل حدود الضبط كمعايير لمراقبة العملية مستقبلا.

**الخطوة ٦** – من الضروري أن نلاحظ هنا أنه يتوجب علينا إعادة حساب حدود الضبط للعملية المستقرة إحصائيا في حالة حدوث تغييرات أساسية فيها كتغيير الآلات الإنتاجية أو تغيير طرق العمل إلخ...

## ٢-٨ اختيار خريطة المراقبة المناسبة

تعتبر عملية اختيار الخريطة المناسبة لمراقبة العملية الإنتاجية أو الخدمية أمراً مهماً وقد تواجه أي عامل في مجال ضبط الجودة. في هذه الفقرة نقدم بعض الملاحظات التي تسمح باختيار الخريطة المناسبة للحالة التي تقوم بدراستها، وستبدأ بإجراء مقارنة بين خرائط المراقبة للمتغيرات وخرائط المراقبة للخواص أين نوضح مزايا وعيوب كل نوع منها يليها بعد ذلك عرضاً لمخطط عمل يساعد على اختيار خريطة المراقبة المناسبة.

## **١-٢-٨ مقارنة بين خرائط المراقبة للمتغيرات وخرائط المراقبة للخواص**

**أ - مزايا وعيوب خرائط المراقبة للخواص :** الميزة الرئيسية لهذا النوع من الخرائط هي أنها تسمح بتلخيص سريع لمختلف جوانب جودة المنتج أو الخدمة، أي أنه يمكن وبسهولة تحديد المنتج كمقبول أو مرفوض وهذا بناءاً على معايير معينة للجودة. إذا فإن استعمال خرائط المراقبة للخواص يسمح بتجاوز إجراء عمليات القياس على خصائص الجودة . هذه العمليات عادة ما تكون مكلفة وتستغرق مدة زمنية طويلة، إضافة إلى هذا فإن هذه الخرائط سهلة القراءة والفهم خاصة بالنسبة للشخص غير المتخصص في تقنيات ضبط الجودة وبالتالي يمكن أن تستعملها كأدلة إقناع إدارية عن وجود مشاكل في جودة المنتج وفي سير العملية الإنتاجية أو الخدمية. كما يمكن أن يعيّب على خرائط المراقبة للخواص كونها لا تعطي إلا صورة عامة عن الجودة ولا تسمح بالحصول على معلومات تفصيلية عن الخواص المختلفة لجودة المنتج أو الخدمة.

**ب - مزايا وعيوب خرائط المراقبة للمتغيرات :** إن خرائط مراقبة المتغيرات حساسية أكبر في تحديد المتغيرات من خرائط المراقبة للخواص ( Montgomery 1985)، فمن خلال خرائط المتغيرات يمكن الحصول على تنبؤه مبكر عن وجود مشاكل في الجودة قبل الاسترسال في إنتاج كميات كبيرة من المنتج الغير مطابق للمواصفات (أي الإنتاج المعيب الذي يمكن اكتشافه عن طريق خرائط المراقبة للخواص بعد الإنتاج). حسب نفس العالم فإن خرائط المراقبة للمتغيرات تلعب دور المؤشر القيادي والمنبه على حدوث مشكلات في العملية قبل أن يتم إنتاج أعداد كبيرة من المنتج المعيب. من بين أهم العيوب لخرائط المراقبة للمتغيرات ما يلي:

- إن عمل هذه الخريطة يتطلب إجراء عمليات قياس دقيقة لخصائص المنتج وعادة ما تكون هذه العملية مكلفة وتستغرق وقتاً وجهوداً إضافية إلى ضرورة إجرائها من طرف فني له مهارة في مجال القياسات (Metrology).
- لا يمكن قراءتها وفهمها بسهولة وإنما يتطلب ذلك تدريب ومهارة في استخلاص النتائج الصحيحة من التغيرات التي تبديها الخريطة.

## ٢-٢-٨ المخطط العملي لاختيار خريطة المراقبة المناسبة

في نهاية الفصل الرابع قمنا بعرض خطط عملي لاختيار خريطة مراقبة المتغيرات (الشكل ٢٠-٤) كما تم عرض مخطط مماثل في هذا الفصل يساعد في اختيار خريطة المراقبة للخواص المناسبة للعملية الإنتاجية أو الخدمية التي تقوم عليها (الشكل ١٧-٥)، ويمكن تجميع المخططين فنحصل على مخطط شامل يسمح باختيار أي نوع من خرائط المراقبة حسب طبيعة العملية التي تقوم على ضبطها ومراقبتها. الشكل (٣١-٥) يبين المخطط العملي الشامل المساعد القائمين على العمليات في اختيار خريطة المراقبة المناسبة.

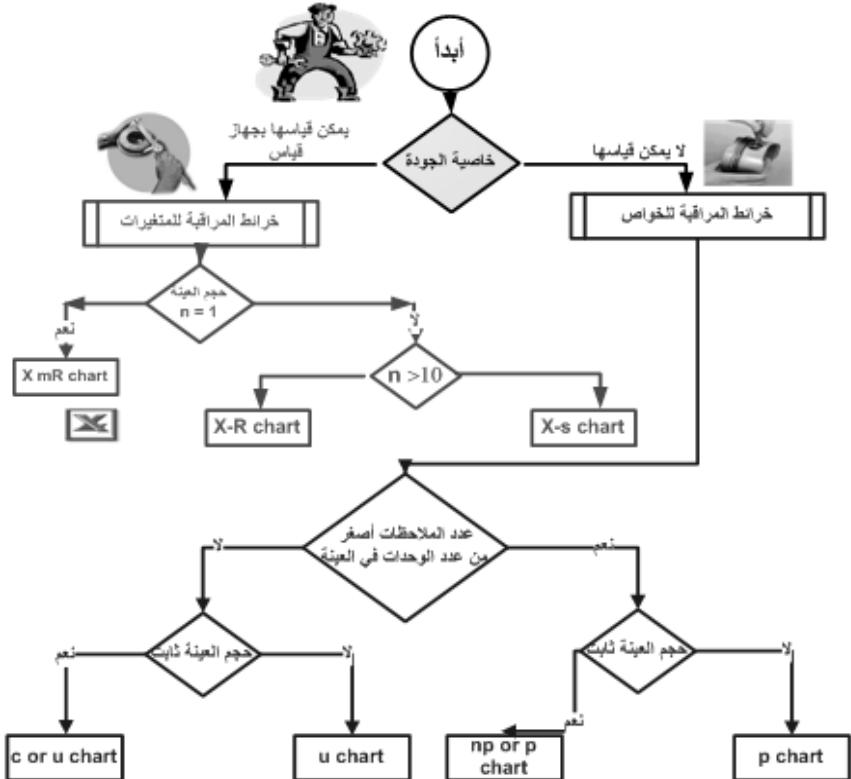
لتوضيح طريقة استعمال هذا المخطط في اختيار الخريطة المناسبة فسوف نقوم بالتطبيق على أحد الأمثلة التي تم التطرق إليها في هذا الفصل ولتكن مثلاً المثال المعروض في الفقرة (١-٢-٣) بحيث قمنا برصد عدد العيوب في خمس لفات ورق الجرائد وقد استعملنا في مراقبة هذه العملية خريطة المراقبة لعدد العيوب (c chart) والسؤال الذي نطرحه الآن هل هذا صحيح؟ وهل هناك خريطة أخرى يمكن استعمالها في هذه الحالة؟

- من نقطة البداية على المخطط نسأل هل الخاصية المراد مراقبتها يمكن قياسها أم لا؟ وبما أننا نراقب عدد العيوب (لطحات صبغة أو ثقوب في الورق) فهذا

لا يمكن قياسه وإنما نقوم بعدها تعداداً وهي بالتالي من الخواص لذلك فسنستعمل خريطة من خرائط مراقبة الخواص.

● يوقفنا الآن تساؤل عن عدد الملاحظات، هل عدد الملاحظات أصغر من عدد الوحدات في العينة؟ من جدول البيانات (الجدول ١-٥) نلاحظ أن عدد العيوب (الملاحظات) أكبر من عدد الوحدات في العينة (هنا تساوي ١) ومنه يكون لدينا اختيار بين خريطة عدد العيوب (c chart) وخريطة عدد العيوب للوحدة الواحدة (u chart).

● وبما أن حجم العينة ثابت فإنه بالإمكان استعمال أي الخريطتين السابقتين (c chart) أو (u chart). نلاحظ أننا قمنا بحل المثال عن طريق خريطة عدد العيوب (c chart) وبالتالي فإن اختيارنا على هذه الخريطة كان موفقاً. وبإتباع نفس التحليل يمكن للقائمين على العمليات الإنتاجية أو الخدمية اختيار النوع المناسب من خرائط المراقبة حسب طبيعة وظروف العملية ومحاجتها.



يفضل إستعمال برامج الميكروسفت إكسيل أو المينيتاب

**الشكل ٣١-٥** المخطط العملي لاختيار خريطة المراقبة المناسبة



# الفصل السادس

## تحليل مقدرة العمليات

- 
- ١ مقدمة.
  - ٢ مفاهيم أساسية عن مقدرة العمليات.
  - ٣ الخطوات العملية لدراسة مقدرة العمليات.
  - ٤ مؤشرات مقدرة العمليات.
  - ٥ مثال عملي على تحليل مقدرة عملية خدمية.
  - ٦ تحليل مقدرة عملية إنتاجية عن طريق خرائط المراقبة للمتغيرات باستخدام برنامج الميكروسوفت إكسل.
  - ٧ دراسة مقدرة عملية إنتاجية باستعمال طريقة المدرج التكراري وبرنامج المينيتاب.
  - ٨ الطريقة الشاملة لتحليل مقدرة عملية خدمية بإستخدام برنامج برنامج المينيتاب.
  - ٩ تحليل مقدرة العمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص وعن طريق برنامج المينيتاب.
  - ١٠ خارطة الطريق لتطبيق تحليل مقدرة العمليات في المنظمات الإنتاجية والخدمية.



## ١ مقدمة

إن الرهان الحالي بالنسبة لقيادات القطاعات الصناعية والخدامية مرتبط ببقاء نشاط مؤسساتهم في محيط تنافسي حاد ويطلب هذا تقديم المنتجات المصنعة أو الخدمات المقدمة للعميل بجودة عالية وبأقل التكاليف، ولا يمكن تحقيق ذلك إلا بالإستناد إلى طرق وأساليب ضبط الجودة الإحصائي (Statistical Quality Control) ومنهجيات التحسين المستمر للعمليات. أحد المحاور الرئيسية لضبط الجودة الإحصائي والذي يمثل الركيزة الأساسية للمراقبة الإحصائية للعمليات (Statistical Process Capability) يتمثل في دراسة وتحليل مقدرة العمليات (Process Control Analysis) بحيث من خلال دراسة مقدرة العمليات يمكن معرفة واستقراء مدى قابلية العملية وقدرتها على تحقيق خواص الجودة ومواصفات التصميم في خصائص المنتج أو الخدمة. وبالتالي فيإمكان المدير القائم على العملية والمهندسين العاملين عليها تحديد أولويات التحسين الذي سيؤدي إلى تحقيق أعلى مستويات الجودة مما يساهم إيجاباً في إرضاء المستهلكين وكسب ثقتهم. كما تسمح دراسة مقدرة العمليات بالتقليل من عمليات التفتيش على المنتجات المعيبة وهذا ما يساهم في تخفيف التكاليف بشكل ملحوظ.

تسمح دراسة مقدرة العمليات بالإجابة عن سؤال مهم وهو : هل العملية الإنتاجية أو الخدمية قادرة على إنتاج المنتج أو تقدم الخدمة للعميل بأقل نسبة من العيوب وحسب المواصفات التي تلي رغبات العميل وتفي بمتطلباته؟ فحسب عالم الجودة فايغنباوم (Feigenbaum, 1991)، فإن "قدرة العملية الإنتاجية الواقعية تحت المراقبة الإحصائية هي مقياس عن قابليتها على تحقيق خاصية الجودة ضمن المواصفات المحددة". من هذا التعريف يبدو واضحاً أن مقدرة العملية هي مقياس لدقة العملية الإنتاجية المرتبطة بالأداء النوعي للنظام الإنتاجي أو الخدمي ككل بما فيه من

مكونات وعناصر على الإيفاء بمتطلبات التصميم وحدود المواصفات، وتتأثر مقدمة العمليات بمجموعة من العوامل والظروف كما قد أشرنا إليها سابقاً بـ (5M&E)، ومن أهمها:

- نوعية المواد الأولية والمدخلات المستخدمة في العملية،
- مهارة العمالة الفنية،
- ملائمة أساليب وطرق العمل،
- دقة الآلات والمعدات الإنتاجية،
- دقة عملية القياس ومهارة القائمين عليها.

ومن الواقع العملي تأكيد أن أي تغير في أحد هذه المكونات يؤدي إلى إحداث تغيرات في خصائص المنتج. وهذه الأخيرة نشير إليها بمصطلح الاختلافات التصنيعية الموجودة في وحدات المنتج والتي يمكن قياسها عن طريق المعاملات الإحصائية مثل المدى  $R$ ، القيمة المتوسطة  $\bar{m}$  والانحراف المعياري  $s$ . من خلال دراسة مقدرة العملية الإنتاجية يمكن تحديد مقدرة العملية على تصنيع منتج حسب المواصفات المرغوب فيها من طرف العميل والمعرفة بحدود المواصفات (Specifications Limits : USL, LSL).

## ٢ مفاهيم أساسية عن مقدرة العمليات

### ١-٢ العلاقة بين التوزيع الطبيعي ومقدرة العمليات

لقد وضحتنا في الفصل الثالث ما أثبتته الدراسات العملية أن معظم العمليات الإنتاجية والخدمة تتبع التوزيع الطبيعي (Normal Distribution) كما هو موضح

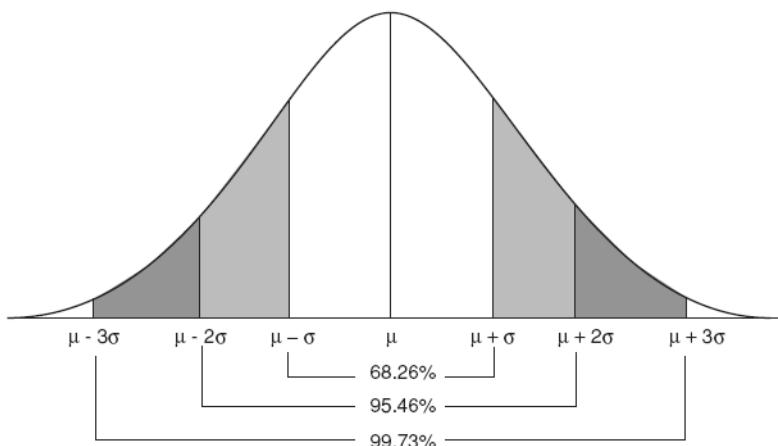
على الشكل (١-٦)، وبناء على ما مر معنا عن خصائص التوزيع الطبيعي فيمكن تحديد مقدرة العمليات على النحو التالي :

أ) ٦٨.٢٦ % من المنتج تكون داخل حدود  $\mu \pm \sigma$  وتكون نسبة المعيب الخارجية عن هذه الحدود ٣١.٧٤ % أي ما يعادل ٣١٧٤٠٠ وحدة معيبة في المليون.

ب) ٩٥.٤٦ % من المنتج تكون في حدود  $2\sigma \pm \mu$  وتكون نسبة المعيب الخارجية عن هذه الحدود ٤.٥٤ % أي ما يعادل ٤٥٥٦٠ وحدة معيبة في المليون.

ج) ٩٩.٧٣ % من المنتج تكون في حدود  $3\sigma \pm \mu$  وتكون نسبة المعيب الخارجية عن هذه الحدود ٠.٢٧ % أي ما يعادل ٢٧٠٠ وحدة معيبة في المليون.

و تحدد مقدرة العملية بقيمة :  $6\sigma$  ، أين تمثل ( $\mu$ ) متوسط العملية و ( $\sigma$ ) انحرافها المعياري.

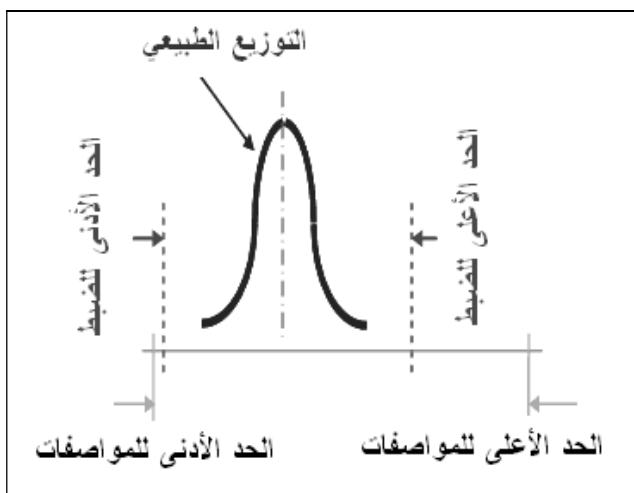


الشكل ١-٦ خصائص التوزيع الطبيعي

## ٢-٢ دراسة وتحليل مقدرة العمليات

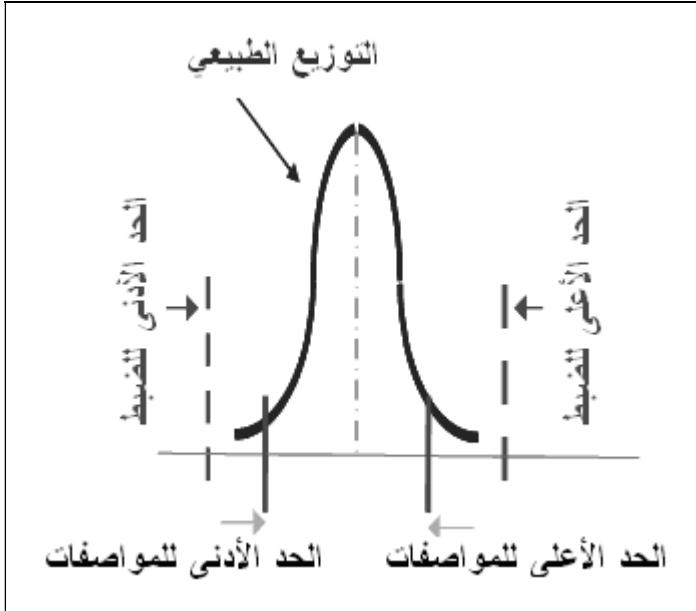
تتم دراسة مقدرة العملية الإنتاجية بتحديد وضع توزيعها التكراري بالنسبة لحدود الضبط (Control Limits) وحدود الموصفات (Specification Limits) وتسمح

هذه الدراسة بتحديد نسبة الإنتاج المعيب ومقدرة العملية على تحقيق مواصفات التصميم ومتطلبات العميل. يوضح الشكل (٢-٦) عملية تقع تحت المراقبة الإحصائية ذات مقدرة عالية على تحقيق المواصفات فيما يوضح الشكل (٦-٣) عملية منضبطة إحصائيا ولكن يوجد جزء من المنتج خارج حدود المواصفات وبالتالي فمقدرتها منخفضة.



الشكل ٢-٦ العملية مقدرها عالية

يجب أن نلاحظ هنا عزيزي القارئ أنه لا يمكن دراسة مقدرة العملية إلا إذا كانت واقعة تحت الضبط الإحصائي (Process in statistical control). إضافة إلى هذا فإذا كانت العملية منضبطة إحصائيا أي أن جميع بيانات العملية في خرائط المراقبة تقع داخل حدود الضبط، فهذا لا يعني بالضرورة مقدرها على تحقيق المواصفات، لذلك ومن أجل دراسة مقدرة العملية يتوجب علينا مقارنة التوزيع التكراري للعملية مع كل من حدود الضبط التي تقيس التغيرات الطبيعية في العملية مع حدود المواصفات التي تعبر عن صوت العميل ومتطلباته.

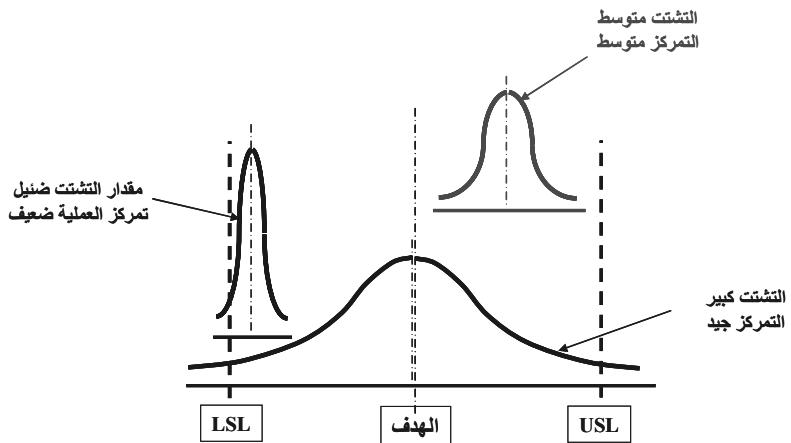


**الشكل ٣-٦** العملية مقدرتها منخفضة

من خلال ما تقدم يمكن أن نستخلص أن دراسة مقدرة العمليات لا يمكن أن تتم بدون تحديد دقيق للعوامل التالية:

- حدود مواصفات محددة (Specifications Limits).
- مقدار التشتت في العملية (Process Standard Deviation).
- متوسط العملية (Process Mean).
- الخاصية الاسمية للجودة (Quality Characteristic Target).

يوضح الشكل (٤-٦) الحالات الواقعية التي قد تحصل في العمليات الإنتاجية أو الخدمية ويبين العلاقة بين موقع التوزيع التكراري للعملية وخصائصه المتمثلة في متوسط العملية ومقدار التشتت بها (الذى قد نعرفه من خلال المدى أو الانحراف المعياري) وحدود المواصفات التي نسعى من خلال الدراسة على تحقيقها.

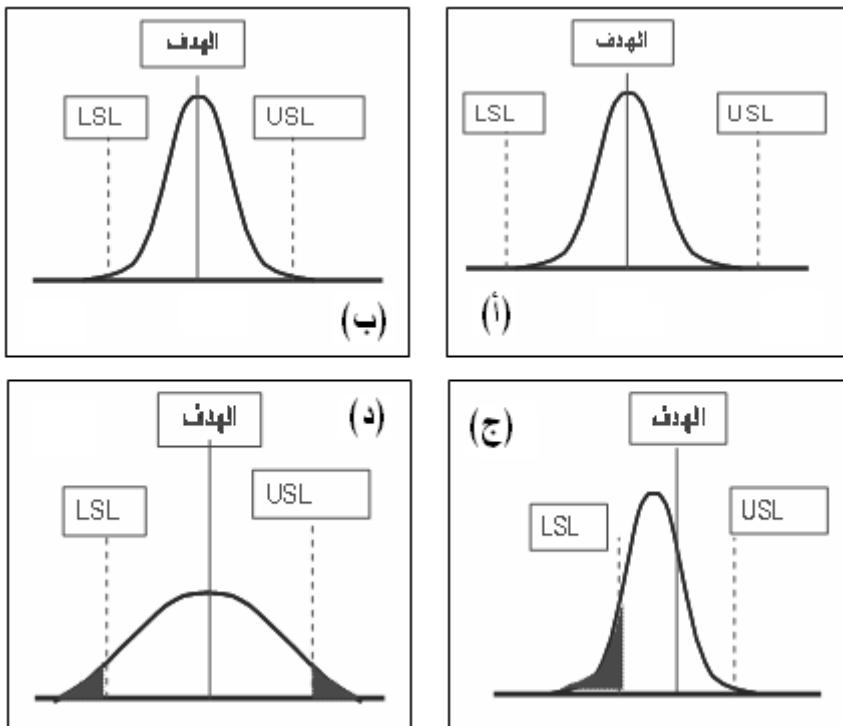


**الشكل ٦-٤** العلاقة بين خصائص التوزيع الطبيعي للعملية وحدود المواصفات

بما أننا سلمنا بأن معظم العمليات الإنتاجية أو الخدمية لها توزيع طبيعي وعلماً بأن مقدار التشتت في العملية يكون محدوداً بين  $(-\sigma_3)$  و  $(+\sigma_3)$  أي أن مجال التشتت في العملية يكون مساوياً لـ  $(6\sigma)$ . لذلك فمن خلال مقارنة هذا المجال مع حدود المواصفات في العملية يمكن لنا الحصول على إحدى الحالات الموضحة على الشكل ٦-٥ وهي كما يلي:

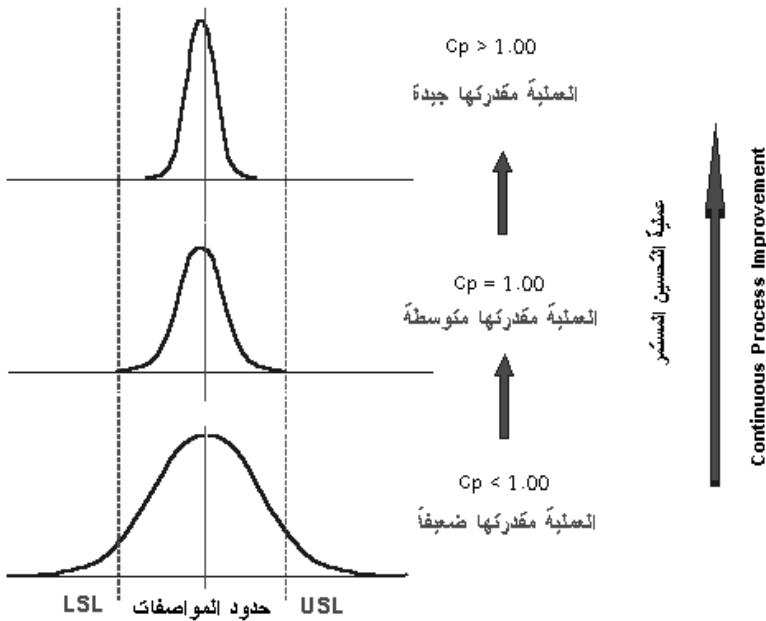
- **الحالة الأولى :** حدود المواصفات أكبر من تشتت العملية  $(6\sigma)$  أي أن  $(USL - LSL) < 6\sigma$  : في هذه الحالة، تكون العملية قادرة على تحقيق المواصفات. يمكن لنا تضييق مجال المواصفات حتى يصير المنتج (أو الخدمة) أكثر تماثلاً وبذلك نحقق جودة عالية في المنتج بدون عمليات إعادة التشغيل أو إصلاح العيوب (الشكل ٦-٥).

- **الحالة الثانية :** حدود الموصفات مساوية لتشتت العملية ( $6\sigma$ ) أي أن  $(USL - LSL) = 6\sigma$  : في هذه الحالة، تكون العملية قادرة على تحقيق الموصفات ولكن بصعوبة إذ أنه مجرد إزاحة المتوسط ولو بنسبة بسيطة فسينجم عن هذا خروج نسبة كبيرة من المنتج خارج حدود الموصفات (الشكل ٥-٦-ب)). في هذه الحالة يجب مراقبة العملية عن طريق خرائط المراقبة للمتغيرات.
- **الحالة الثالثة :** حدود الموصفات مساوية (أو أكبر) من تشتت العملية ( $6\sigma$ ) أي أن  $(USL - LSL) \leq 6\sigma$  مع انحراف متوسط العملية عن المدف: تكون العملية في هذه الحالة غير قادرة على تحقيق الموصفات كما هو موضح على الشكل (٦-٥-ج) إذ أن جزء كبيراً من المنتج يكون خارج حدود الموصفات وهو إنتاج معيب. لدينا ملاحظة هنا ونخصل العمليات الإنتاجية حيث نلاحظ أنه إذا كان الانحراف خارج الحد الأعلى للمواصفة (USL) فيمكن إعادة تشغيل هذا المنتج (Rework) أما إذا كان خارج الحد الأدنى للمواصفة (LSL) فيعتبر هذا المنتج خردة (Scrap) ولا يمكن إعادة تشغيله.
- **الحالة الرابعة :** حدود الموصفات أصغر من تشتت العملية ( $6\sigma$ ) أي أن  $(USL - LSL) > 6\sigma$  : في هذه الحالة، تكون العملية غير قادرة مطلقاً على تحقيق الموصفات بغض النظر على تمركزها من عدمه(الشكل ٥-٦-د). وتعتبر هذه الحالة أسوأ حالة يمكن أن تصل إليها العملية وقد تقع في معظم الأحيان دون أن يتبه إليها الفريق القائم على العملية ذاتها. ينصح في هذه الحالة مراجعة العملية مراجعة كلية وإجراء تعديلات جوهرية عليها إضافة إلى إجراء التفتيش الكلي عن مخرجات العملية.



الشكل ٥-٦ معاينة مقدرة العمليات ل مختلف الحالات الممكنة

لقد أثبتت التجربة العملية لدى كبرى الشركات العالمية أنه إذا تم إخضاع العملية الإنتاجية أو الخدمية إلى سلسلة من عمليات التحسين المستمر فإن مقدرة العملية تتحسن بمستويات كبيرة جداً وتصبح العملية قادرة على تحقيق المواصفات وبذلك تتحسن جودة المنتجات والخدمات وينقص المعيب والتالف وهذا ما يتضح من خلال الشكل (٦-٦).



**الشكل ٦-٦** تأثير عمليات التحسين المستمر على مقدرة العمليات

### ٣ الخطوات العملية لدراسة مقدرة العمليات

لقد تم تعريف مقدرة العمليات على أنها مقاييس لقابلية العملية الإنتاجية الواقعية تحت الضبط الإحصائي على تحقيق خاصية الجودة ضمن مواصفات المحددة من قبل المستهلك والمدونة في تصميم المنتج. لذلك فلا يمكن إجراء دراسة وتحليل مقدرة العملية إلا إذا كانت هذه الأخيرة تقع تحت الضبط الإحصائي وكانت خصائص الجودة تتبع التوزيع الطبيعي. من أجل إجراء هذه الدراسة يمكن لنا إتباع الخطوات العملية التالية والتي تمثل كل خطوة منها أداة لدراسة مقدرة العملية:

- (أ) دراسة استقرار العملية ومقدرتها عن طريق رسم خرائط المراقبة للمتغيرات (Control Charts)

- ب) دراسة ما إذا كانت العملية تحقق الموصفات عن طريق رسم المدرج التكراري  
 (Frequency Distributions or histograms)
- ت) حساب مؤشرات المقدرة (Capability Indices)

**١-٣ دراسة مقدرة العمليات باستخدام خرائط المراقبة للمتغيرات**  
 من خلال عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ( $\bar{X} - R$ ) يمكن دراسة أثر التغيرات التي تحدث في العملية والتي تعود كما رأينا في الأبواب السابقة إلى أسباب عامة وأسباب خاصة (Special causes) على مقدرة العملية في تحقيق الموصفات في المنتج أو الخدمة.

تم هذه الدراسة حسب الخطوات العملية التالية:

**الخطوة ١:** نقوم بسحب أربعين عينة أو أكثر من العملية بحيث تحتوي كل عينة على ٤ أو ٥ وحدات ونسجل بياناتها.

**الخطوة ٢:** نحسب مدى كل عينة ( $R_i$ ) ثم القيمة المتوسطة لمدى العينات ( $\bar{R}$ ) وكذلك حدود الضبط لخريطة المدى ( $UCL_R, LCL_R$ ) ونقوم برسم خريطة المراقبة للمدى.

**الخطوة ٣:** نحذف كل قيمة للمدى التي تقع أعلى من الحد الأعلى للضبط ونحاول تحديد الأسباب المؤدية إلى ذلك وإزالتها من العملية.

**الخطوة ٤:** نعيد حساب متوسط مدى العينات ( $\bar{R}$ ) وكذلك حدود الضبط ( $UCL_R, LCL_R$ ).

**الخطوة ٥:** نكرر الخطوات السابقة إلى أن تصبح كل قيم المدى تحت الضبط الإحصائي.

**الخطوة ٦:** نحسب قيمة تقديرية للانحراف المعياري للعملية حسب المعادلة:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}, \text{ نذكر هنا أن } (d_2) \text{ معامل ثابت نحصل عليه من الجدول (A-2) في الملحق A.}$$

**الخطوة ٧:** بفرض أن النقطة الوسط بين حدود المواصفات تمثل متوسط العملية وأن العملية لها توزيعاً طبيعياً بمتوسط ( $\mu$ ) وانحراف معياري ( $\sigma$ )، تقوم برسم هذا التوزيع ونسقط عليه حدود المواصفات (USL, LSL). نقوم بعد ذلك بتحديد نسبة المنتج الواقع داخل حدود المواصفات.

**الخطوة ٨:** إذا تبين من التوزيع الطبيعي أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات، نقوم بعمل خريطة المراقبة للمتوسط التي تساعدننا في البحث عن الأسباب الخاصة التي أدت إلى ذلك، وهذا بالعمل على إزالة الأسباب الخاصة بهدف تعديل العملية حتى تصبح أكثر تمركزاً.

**الخطوة ٩:** إذا تبين ما سبق أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات، فهنا يجب إجراء تحسينات جوهرية عليها ومراقبتها لفترة كافية عن طريق خرائط المراقبة للمتوسط والمدى.

**ملاحظة هامة:** كما تمت الإشارة إليه في الفصل الرابع (الشكل ٤-٢٠)، فإن خرائط المراقبة للمتوسط والمدى تستعمل عادةً إذا كان حجم العينة أقل من ١٠ وحدات، وفي حالةً كان حجم العينة أكبر من ١٠، فستستعمل خرائط المراقبة للمتوسط والانحراف المعياري ( $\bar{X} - s$ ) لمراقبة العملية ودراسة مقدرتها. في هذه الحالة يحسب الانحراف المعياري للعملية من المعادلة:

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

أين تمثل ( $s$ ) القيمة المتوسطة للانحرافات المعيارية لكل العينات المستعملة في رسم الخرائط :

$$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^g s_i}{g} = \frac{s_1 + \dots + s_g}{g}$$

و  $c_4$  : معامل ثابت يمكن تحديد قيمته من الجدول (A-2) في الملحق (A).

## ٢-٣ دراسة مقدرة العمليات باستخدام طريقة المدرج التكراري

عن طريق رسم المدرج التكراري لمجموعة بيانات مجتمعة من العملية الإنتاجية أو الخدمية ومقارنته مع حدود المواصفات، يمكن لنا دراسة مقدرة العملية على تحقيق هذه المواصفات. ويتم ذلك بإتباع الخطوات العملية التالية:

**الخطوة ١ :** نقوم بتجمیع عینة عشوائیة من العملية تحتوي على ١٠٠ وحدة أو أكثر ونسجل بياناتها ( $X_i$ ) .

**الخطوة ٢ :** نحسب القيمة المتوسطة ( $\bar{X}$ ) والانحراف المعياري ( $\sigma$ ) لهذه العينة.

**الخطوة ٣ :** نقوم بعمل التوزيع التكراري للبيانات الجموعة ( $X_i$ ) ونرسم مدرجها التكراري ونحدد فيما إذا كان التوزيع طبيعياً أم لا.

**الخطوة ٤ :** إذا حصلنا على توزيع طبيعي فنواصل مع بقية الخطوات، أما إذا كان التوزيع غير طبيعي فيجب البحث عن الأسباب التي أدت إلى ذلك والعودة إلى الخطوة الأولى.

**الخطوة ٥ :** نرسم حدود المواصفات (USL, LSL) على المدرج التكراري.

**الخطوة ٦ :** إذا حصل حدوث جزء من المدرج التكراري خارج حدود المواصفات (الشكل ٦-٥-ج)، يجب العمل على تعديل متوسط العملية ليصير أقرب إلى المركز . (Center the process)

**الخطوة ٧ :** إذا لاحظنا أن مقدار التشتت في العملية يتعدى حدود المواصفات (الشكل ٦-٥-د) تعتبر العملية مقدرتها سيئة وهذا يتطلب منا إجراء تعديلات هامة على العملية أو تغيير المواصفات.

## ٤ مؤشرات مقدرة العمليات (Process Capability Indices)

مؤشرات مقدرة العمليات هي مقاييس أو معاملات بسيطة تستعمل في تحديد العلاقة بين تشتت العملية وحدود المواصفات وبالتالي يمكن من خلالها معرفة مدى مقدرة العملية على تحقيق المواصفات من عدمه وهذا دون اللجوء إلى رسم المدرج التكراري أو خرائط المراقبة للعملية. ونظراً لفعالية هذه الطريقة في تحديد مقدرة العمليات فقد تم تبني هذه الطريقة من طرف كبرى الشركات اليابانية والأمريكية مثل تويوتا (Toyota) وجنرال موتورز (GM) أين تم تطبيقها بفاعلية في تحسين العمليات. أود في هذا المقام أن أنه عزيزي الدارس أن هذه المؤشرات تعتبر إحدى تقنيات المراقبة الإحصائية للعمليات أين لا يزال البحث قائماً فيها إلى ساعة كتابة هذا المقطع من الكتاب.

يوجد عدة أنواع من مؤشرات المقدرة، تحسب من خلال مقارنة التشتت في العملية المعروف بـ (٦٥) وحدود المواصفات بالنسبة للعمليات المنضبطة إحصائياً فقط والتي لها توزيعاً طبيعياً. أهم هذه المؤشرات وأكثرها استعمالاً ما يلي :

أ) مؤشر المقدرة البسيط  $C_p$

ب) مؤشر المقدرة القائم على الحد الأعلى للمواصفات  $C_{pu}$

ت) مؤشر المقدرة القائم على الحد الأدنى للمواصفات  $C_{pl}$

ث) مؤشر المقدرة القائم على حد المواصفات  $C_{pk}$

## ٤- مؤشر المقدرة ( $C_p$ )

يعتبر ( $C_p$ ) أبسط مؤشر للمقدرة وهو حاصل الكسر بين حدود المواصفات (-USL) وتشتت العملية (6s) :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

نلاحظ من المعادلة أن مؤشر المقدرة ( $C_p$ ) لا يأخذ بعين الاعتبار تمركز العملية وموقع متوسطها لذلك فقد يؤدي إلى أخطاء في حالة انحراف التوزيع عن التوزيع الطبيعي. من خلال خصائص التوزيع الطبيعي المبين على الشكل (١-٦) ومعادلة ( $C_p$ ) يمكن أن نستنتج أن هناك علاقة بين مؤشر المقدرة ونسبة المنتج المعيب التي تقع خارج حدود المواصفات، (بفرض أن العملية متمركزة في نقطة الوسط بين حدود المواصفات) حيث أنه:

- إذا كان ( $C_p = 1.00$ ) فهذا يعني أن  $(USL - LSL) = 6\sigma$  وكما مر علينا فإن ٢٠٧٠٠٪ من المنتج تكون خارج حدود المواصفات أي أن العملية قد تنتج قطعة معيبة في المليون (2700 ppm).
- بعض الشركات العالمية تبني قيمة ( $C_p = 1.33$ ) كهدف أدنى في عملياتها الإنتاجية وهذا بتحديد حدود المواصفات على ( $\pm 4\sigma$ ) من المركز مما يؤدي إلى حدوث نسبة من المنتج المعيب بـ ٠٠٠٦٣٪ أي ما يعادل ٦٣ قطعة معيبة في المليون.

وكلقاعدة عامة يتم الحكم على مقدرة العملية بناء على هذا المؤشر كما يلي :

- إذا كان  $C_p < 1$  تعتبر العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات ويجب مراجعتها.
- إذا كان  $1 < C_p < 1.6$  العملية الإنتاجية مقدرها متوسطة ويحسن إجراء تحسينات عليها.
- إذا كان  $C_p > 1.6$  العملية الإنتاجية مقدرها جيدة.

بناءً على الملاحظة السابقة بأن مؤشر المقدرة ( $C_p$ ) لا يأخذ بعين الاعتبار متوسط العملية أو هدفها، فإنه يمكن أن نلاحظ بسهولة أن إزاحة متوسط العملية وتساويه مثلاً مع أحد حدود الموصفات فهذا يعني أن ٥٥٪ من المنتج يكون خارج حدود الموصفات بعض النظر عن قيمة المؤشر ( $C_p$ ) وبذلك قد نقع في أخطاء لا تحمد عقباها إذا لم ننتبه لذلك.

#### ٤- ٢ مؤشرات المقدرة القائمة على حدود الموصفات

أحد أهم عيوب مؤشر المقدر ( $C_p$ ) هو عدم ارتباطه بمتوسط العملية ( $m$ ) وهدفها وقد يؤدي هذا إلى أخطاء جسيمة. حتى تتفادى ذلك نستعمل المؤشرات التي تأخذ بعين الاعتبار كلاً من حدي الموصفات (أو أحدهما)، تشتت العملية ومتوسطها. يوجد لدينا مؤشر مقدرة قائم على الحد الأعلى للموصفات ( $C_{pu}$ ) ومؤشر مقدرة قائم على الحد الأدنى للموصفات ( $C_{pl}$ ) ومؤشر مقدرة قائم على حدي الموصفات ( $C_{pk}$ ) وهي معرفة حسب المعادلات التالية:

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \text{Min}(C_{pu}, C_{pl})$$

$$C_{pk} = \frac{\text{Min}\{(USL - \mu), (\mu - LSL)\}}{3\sigma}$$

كما اقترح العالم الياباني تاجوشى (Taguchi, 2005) مؤشراً للمقدرة يربط بين حدود الموصفات ( $USL, LSL$ )، وتشتت العملية ( $\sigma$ )، ومتوسط العملية ( $\mu$ ) وهدف العملية ( $T$ ) (أو الخاصية الاسمية للموصفة) وهو معرف حسب العلاقة التالية:

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

باستعمال هذه المؤشرات يمكن الحكم على مقدرة العملية حسب قيمة المؤشر التي تقوم بحسابها من معطيات العملية وحدود المواصفات. فبصفة عامة إذا كان مؤشر  $C_{pk} < 1$  تعتبر العملية الإنتاجية غير قادرة أما إذا كان المؤشر  $C_{pk} \geq 1$  تعتبر العملية مقدرتها جيدة. وقد تبنت معظم الشركات العالمية أدنى قيمة للمؤشر  $C_{pk}=1.33$  وهذا بناءً على حدود مواصفات محددة بـ  $(4\sigma \pm)$  وبقبول نسبة منتج معيب تساوي ٦٣ قطعة معيبة في المليون. في إطار فلسفة لتحسين الجودة المستمر تبنت الشركات الرائدة في المجال الصناعي مثل (Motorola) قيمة  $(C_{pk}=2)$  بناءً على حدود المواصفات  $(6\sigma \pm)$  وبالسماح للتغيرات في مجال  $(4\sigma \pm)$  هذا ما يؤدي إلى نسبة معيب مثالية تساوي ٢ وحدة معيبة في البليون (2ppb) وتعرف هذه الفلسفة بالستة سيجما (Six Sigma) التي تم التطرق إليها في الفصل الأول الخاص بالمفاهيم العامة. يعرض الجدول (١-٦) العلاقة بين معامل المقدرة  $C_{pk}$  وبحال حدود المواصفات (USL, LSL) ونسبة الإنتاج المعيب. نلاحظ من الجدول أنه كلما زادت قيمة معامل المقدرة كلما قلت أعداد القطع المعيبة في العملية الإنتاجية. من خلال هذا الجدول يمكن لنا تحديد مستوى التحسينات التي يجب أن تجري على العملية للرفع من مقدرتها على تحقيق المواصفات في المنتج.

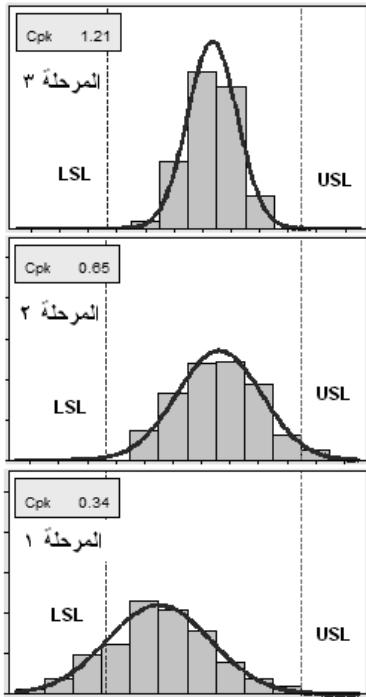
| حدود المواصفات           | معامل المقدرة   | عدد الوحدات المعيبة في |
|--------------------------|-----------------|------------------------|
| USL-LSL                  | C <sub>pk</sub> | المليون (ppm)          |
|                          | 0.25            | 453255                 |
|                          | 0.50            | 133614                 |
|                          | 0.70            | 35729                  |
| $\pm 3\sigma = 6\sigma$  | 1.00            | 2700                   |
|                          | 1.10            | 967                    |
|                          | 1.20            | 318                    |
|                          | 1.30            | 96                     |
| $\pm 4\sigma = 8\sigma$  | 1.33            | 63                     |
|                          | 1.40            | 27                     |
|                          | 1.50            | 7                      |
| $\pm 5\sigma = 10\sigma$ | 1.66            | 0.6                    |
| $\pm 6\sigma = 12\sigma$ | 2.00            | 0.002 ppm = 2ppb       |

الجدول ٦ - ١ العلاقة بين قيمة مؤشر المقدرة ( $C_{pk}$ ) وعدد الوحدات المعيبة

من أجمل ما قرأت في المراجع العلمية عن وصف مقدرة العمليات الإنتاجية مثلاً من واقع حياتنا اليومية وهو عملية إدخال السيارة إلى المراقب المنزلي بعد العودة من العمل في المساء. لاحظ معى عزيزي الدارس، أن المراقب بأبعاده يمثل حدود المواصفات والسيارة بأبعادها تمثل التغيرات الطبيعية في العملية. إذا كان عرض السيارة قريباً من عرض المراقب، فيجبأخذ الحذر إذا أردنا أن ندخل السيارة بدون أن نلحظ أحد جانبيها على الجدار كما يجب أن ندخلها في وسط المراقب (متوسط + - العملية = متوسط حدود المواصفات). أما إذا كان عرض السيارة أكبر من عرض المراقب فلا حيلة لنا لإدخال السيارة داخل المراقب (التشتت في العملية أكبر من حدود المواصفات ( $USL - LSL > 6\sigma$ ) وفي هذه الحالة فإن السيارة غير قادرة على الدخول بمعنى أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات. وإذا كانت السيارة صغيرة بالنسبة لعرض المراقب (أي أن تشتت العملية قليل مقارنة مع حدود المواصفات)، فلا

يوجد أي إشكال في إدخال السيارة ولا يتوجب علينا إدخالها في وسط المرآب، حيث أنه يمكن وبسهولة إدخال السيارة ويقى دائماً معنا مجال على الجانبين وتمثل هذه الحالة المقدرة الجيدة للعملية ( $USL - LSL < 6\sigma$ ). من هذا المثال البسيط يمكن أن نستنتج أنه إذا كانت العملية تحت المراقبة الإحصائية (Process in Control) ومقدار تشتتها ضئيل، فيمكن لها تحقيق مواصفات العميل بسهولة ويسر. ومن خلال حساب مؤشرات المقدرة وخاصة المؤشر ( $C_{pk}$ ) يتبيّن لنا العلاقة بين عرض السيارة (تشتت العملية) وعرض المرآب (حدود المواصفات) وأين ركنا السيارة بالنسبة لوسط المرآب (مركز العملية) وال المجال المتبقّي على الجانبين.

من الشكل (٦-٧) يمكن لنا أن نلاحظ أن التحسينات التي تجرى على العملية بقصد التقليل من مستوى التشتيت فيها وتغيير موقع متوسطها يكون لها أثر جيد على تحسين مقدارها في تحقيق المواصفات في خصائص جودة المنتج. هذا ما نلمسه في الرفع من قيمة مؤشر المقدرة ( $C_{pk}$ ) كما هو موضح على الشكل الذي تم انتقاءه من دراسة مقدرة عملية تصنيعية لقطع ميكانيكية دقيقة تستعمل في صناعة التوربينات لإحدى الشركات الرائدة. (Turbines).



**الشكل ٧-٦** أثر التحسين المستمر على مقدمة العمليات وقيمة مؤشر ( $C_{pk}$ )

## ٥ مثال عملي على تحليل مقدمة عملية خدمية

في إطار برنامج التحسين المستمر للعمليات الخدمية في أحد البنوك، قام فريق الجودة بدراسة العملية وتم تحديد عملية الإيداع والسحب لها أهمية بالغة في تحديد جودة الخدمات المقدمة للعملاء. لهذا تم الاتفاق على مراقبة مدة العمليات المصرفية (Cashier transactions) ورصد المدة الزمنية لـ (٧) عمليات كل ساعة من الساعات الثمانية من الدوام خلال ثلاثة أيام متتالية. بهذا الشكل تم تسجيل المدة الزمنية بالثانية لـ ٢٤ عينة بحيث أن كل عينة تحتوي على ٧ عمليات. عن طريق عمل خرائط المراقبة للمتوسط والمدى ( $\bar{X} - R$  charts) اتضح أن العملية مستقرة وهي واقعة تحت المراقبة الإحصائية، كما تم حساب مجموع المتوسطات ( $\sum \bar{X} = 5640$ ) ومجموع المدى لجميع العينات ( $\sum R = 1900$ ). حدد فريق الجودة المعيار المستهدف

أو المواصفة ملدة العملية البنكية وهي ثلاثة دقائق ( $T=180s$ ) والحد الأعلى للمواصفة هو خمسة دقائق ( $USL=300s$ ).

من خلال هذه المعلومات، ولتحديد فيما إذا كانت العملية الخدمية لدى البنك قادرة على تحقيق هذه المواصفات، تم حساب معامل المقدرة ( $C_{pk}$ ) على النحو التالي:

$$C_{pk} = C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

أين تمثل كل من ( $\mu$ ) متوسط العملية و( $\sigma$ ) حسابها من متوسط متوسطات العينات:

$$\mu = \bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}}{k} = \frac{5640}{24} = 235s$$

تمثل ( $\sigma$ ) الانحراف المعياري للعملية والتي تحسب كما يلي:

أين ( $\bar{R}$ ) هي متوسط قيم المدى لجميع العينات :

$$\bar{R} = \frac{\sum R}{k} = \frac{1900}{24} = 79.2s$$

وبما أن حجم العينات المسحوبة في العملية ( $n=7$ ) ومن الجدول (A-2) في الملحق ١، نحدد قيمة ( $d_2=2.704$ ) ونحسب قيمة الانحراف المعياري للعملية:

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{79.2}{2.704} = 29.3s$$

بالتالي يكون معامل المقدرة ( $C_{pk}$ ) :

$$C_{pk} = C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \frac{300 - 235}{3 \times 29.3} = 0.74$$

من خلال هذا التحليل يتضح أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات إضافة إلى كونها غير متمركزة بالنسبة للمواصفة الهدف، لهذا يتطلب على فريق الجودة لدى

البنك الوقوف على العملية وبحث سبل تقليل التشتت فيها وجعلها أكثر تركزاً بالنسبة للهدف. عن طريق استعمال التقنيات السبع الأساسية للجودة، تم تحليل العملية الخدمية والحصول على إجراءات تحسينية مهمة مما سمح بتقليل مستوى التشتت حيث أصبح الانحراف المعياري للعملية ( $s=15$ ) كما تحسن متوسط العملية إلى قيمة ( $\mu=190$ ) وبالتالي أصبح معامل المقدرة:

$$C_{pk} = C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pk} = \frac{300 - 190}{3 \times 15} = 2.44$$

ما يشير وبقوة أن التحسينات التي أجريت على العملية أدت إلى تحسين مقدرتها على تحقيق الموصفات مما يضمن جودة الخدمة لدى البنك ويزيد في مستوى رضا العملاء لديها.

## ٦ تحليل مقدرة عملية إنتاجية عن طريق خرائط المراقبة للمتغيرات باستخدام برنامج الميكروسوفت إكسيل

يعتبر تثبيت برابغ الربط من العمليات المهمة والمؤثرة على حسن أداء السيارة. فعلى سبيل المثال، إن مقدار تثبيت برابغي الضوء الخلفي للسيارة مهم بحيث أنه إذا لم يثبت حيداً فسيفتح ويسقط الضوء وينكسر في حين إذا كان التثبيت قوياً فيمكن أن يؤدي ذلك إلى إتلاف الضوء عند التثبيت. لذلك فقد تم تحديد مقدار التثبيت بقوة تساوي  $8 \pm 1 \text{ kgf/cm}^2$ . بقصد مراقبة العملية قام مفتش الجودة بفحص أربعة برابغ في كل ٢٠٠ برابغي مشت وسجل البيانات على الجدول (٦-٢). ومن خلال هذه البيانات المجمعة عن العملية سنقوم بدراسة مقدرة العملية التصنيعية على تحقيق الموصفات.

نقوم بإجراء الدراسة حسب الخطوات التي قمت مناقشتها سابقاً نشرع في عمل خريطة المراقبة للمدى والمتوسط ( $\bar{X}-R-charts$ ) وهذا بحساب كل من المدى والقيمة

المتوسطة لكل عينة ونحصل على النتائج المدونة على الجدول (٣-٦). نلاحظ هنا  
فائدة استعمال برنامج الميكروسوفت إكسل في إجراء هذه الحسابات وعمل الخرائط  
كما تم توضيحيه في الفصول السابقة.

| العينة | قياس قوة التثبيت ( kgf/cm ) على الوحدة |                |                |                |
|--------|--|----------------|----------------|----------------|
|        | X <sub>1</sub>                         | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> |
| 1      | 6.2                                    | 6.7            | 7.1            | 7.9            |
| 2      | 7.5                                    | 4.9            | 7.5            | 10.2           |
| 3      | 6.9                                    | 7.7            | 7.8            | 9.5            |
| 4      | 11.5                                   | 4.7            | 10.0           | 10.9           |
| 5      | 7.4                                    | 7.4            | 9.2            | 11.0           |
| 6      | 10.1                                   | 7.2            | 11.6           | 8.0            |
| 7      | 9.3                                    | 10.0           | 10.2           | 14             |
| 8      | 4.6                                    | 6.4            | 10.0           | 1.9            |
| 9      | 8.2                                    | 3.8            | 8.6            | 7.3            |
| 10     | 4.4                                    | 6.6            | 10.5           | 8.0            |
| 11     | 6.0                                    | 9.0            | 13.0           | 9.6            |
| 12     | 12.9                                   | 6.6            | 8.3            | 12.8           |
| 13     | 10.0                                   | 5.9            | 7.3            | 9.9            |
| 14     | 6.0                                    | 7.5            | 9.4            | 12.3           |
| 15     | 9.9                                    | 8.2            | 7.8            | 7.5            |
| 16     | 5.9                                    | 5.5            | 4.9            | 3.7            |
| 17     | 5.9                                    | 8.2            | 8.7            | 6.8            |
| 18     | 12.6                                   | 6.7            | 9.6            | 10.6           |
| 19     | 11.2                                   | 8.2            | 8.7            | 11.9           |
| 20     | 10.7                                   | 9.2            | 9.7            | 8.9            |
| 21     | 9.4                                    | 10             | 6.1            | 10.3           |
| 22     | 9.2                                    | 7.7            | 7.1            | 8.3            |
| 23     | 8.7                                    | 8.3            | 10             | 5.1            |
| 24     | 7.5                                    | 8.7            | 8.0            | 7.8            |
| 25     | 8.0                                    | 7.6            | 7.7            | 10.9           |

الجدول ٦-٦ بيانات العملية الانتاجية

| العينة | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> | R المدى | المتوسط $\bar{X}$ |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------|-------------------|
| 1      | 6.2            | 6.7            | 7.1            | 7.9            | 1.70    | 6.98              |
| 2      | 7.5            | 4.9            | 7.5            | 10.2           | 5.30    | 7.53              |
| 3      | 6.9            | 7.7            | 7.8            | 9.5            | 2.60    | 7.98              |
| 4      | 11.5           | 4.7            | 10.0           | 10.9           | 6.80    | 9.28              |
| 5      | 7.4            | 7.4            | 9.2            | 11.0           | 3.60    | 8.75              |
| 6      | 10.1           | 7.2            | 11.6           | 8.0            | 4.40    | 9.23              |
| 7      | 9.3            | 10.0           | 10.2           | 14             | 4.70    | 10.88             |
| 8      | 4.6            | 6.4            | 10.0           | 1.9            | 8.10    | 5.73              |
| 9      | 8.2            | 3.8            | 8.6            | 7.3            | 4.80    | 6.98              |
| 10     | 4.4            | 6.6            | 10.5           | 8.0            | 6.10    | 7.38              |
| 11     | 6.0            | 9.0            | 13.0           | 9.6            | 7.00    | 9.40              |
| 12     | 12.9           | 6.6            | 8.3            | 12.8           | 6.30    | 10.15             |
| 13     | 10.0           | 5.9            | 7.3            | 9.9            | 4.10    | 8.28              |
| 14     | 6.0            | 7.5            | 9.4            | 12.3           | 6.30    | 8.80              |
| 15     | 9.9            | 8.2            | 7.8            | 7.5            | 2.40    | 8.35              |
| 16     | 5.9            | 5.5            | 4.9            | 3.7            | 2.20    | 5.00              |
| 17     | 5.9            | 8.2            | 8.7            | 6.8            | 2.80    | 7.40              |
| 18     | 12.6           | 6.7            | 9.6            | 10.6           | 5.90    | 9.88              |
| 19     | 11.2           | 8.2            | 8.7            | 11.9           | 3.70    | 10.00             |
| 20     | 10.7           | 9.2            | 9.7            | 8.9            | 1.80    | 9.63              |
| 21     | 9.4            | 10             | 6.1            | 10.3           | 4.20    | 8.95              |
| 22     | 9.2            | 7.7            | 7.1            | 8.3            | 2.10    | 8.08              |
| 23     | 8.7            | 8.3            | 10             | 5.1            | 4.90    | 8.03              |
| 24     | 7.5            | 8.7            | 8.0            | 7.8            | 1.20    | 8.00              |
| 25     | 8.0            | 7.6            | 7.7            | 10.9           | 3.30    | 8.55              |

الجدول ٦-٣ نتائج حساب المدى والقيمة المتوسطة لكل عينة

رسم خريطة المراقبة للمدى :

حساب متوسط مدى العينات:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g} = \frac{\sum_{i=1}^5 R_i}{25} = \frac{1.70 + 5.30 + \dots + 3.30}{25} = 4.252$$

حساب حدود المراقبة علماً بأن حجم العينات يساوي ٤ ومن الجدول (A-2) من الملحق (A) نستخلص المعاملات ( $n=4$  ;  $D_3=0$  ;  $D_4=2.282$ ) الحد الأدنى للمراقبة :

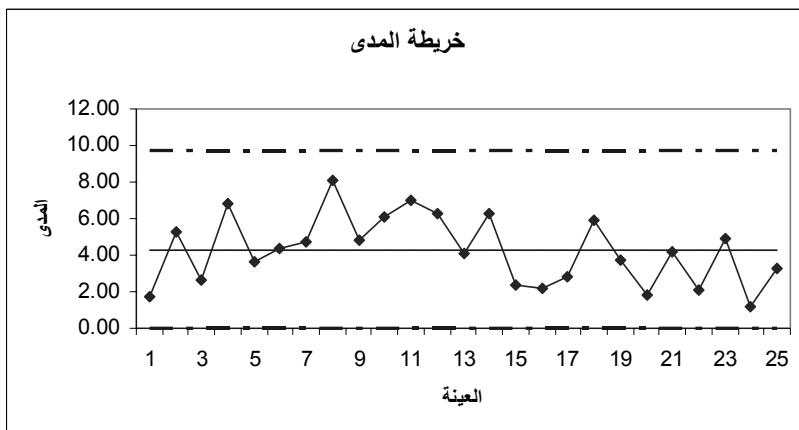
$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} = 0 \times 4.252 = 0$$

الحد الأعلى للمراقبة :

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$$

$$UCL_R = 2.282 \times 4.252 = 9.70$$

رسم خريطة المراقبة للمدى: بعد أن تم حساب مدى كل عينة والقيمة المتوسطة للمدى ( $\bar{R}$ ) وحدود الضبط للمدى ( $LCL_R$  و  $UCL_R$ ) والخط المركز (CL) تقوم برسم الخريطة وهذا برسم قيم المدى  $R$  لكل عينة بدلاً رقمن العينة كما هو موضح على الشكل (٨-٦).



الشكل ٨-٦ خريطة المراقبة للمدى

من خلال خريطة المراقبة للمدى يتبيّن لنا مبدئياً أن العملية واقعة تحت المراقبة الإحصائية ومنه يمكن دراسة مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيق مواصفات الإنتاج.

لذلك نقوم بحساب قيمة تقديرية للانحراف المعياري للعملية الذي يمثل مقدار التشتت في العملية والتي تعود إلى التغيرات الحاصلة في العملية ذاتها. يحسب الانحراف المعياري

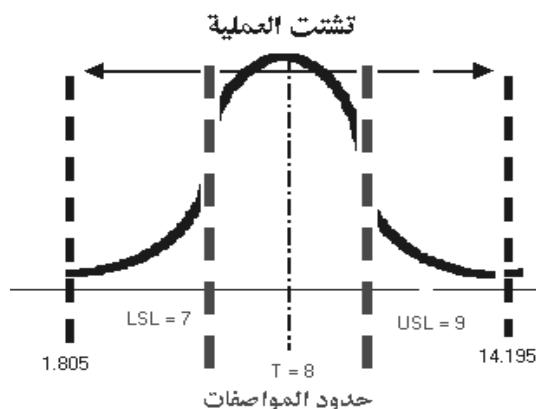
$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \text{أين لدينا المعامل } d_2 = 2.059 \quad \text{وقد تحصلنا عليه من الجدول (A-2):}$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{4.252}{2.059} = 2.065$$

نفرض أن العملية لها توزيعاً طبيعياً بمتوسط ( $\mu$ ) يقع في النقطة الوسط بين (USL, LSL) وإنحراف معياري ( $\sigma$ ) وحسب بيانات المثال فإن لدينا:

$$\sigma = 2.065, \quad \mu = T = 8 \pm \text{kgf/cm}$$

نقوم برسم التوزيع الطبيعي بهذه البيانات، ونسقط عليه حدود الضبط التي تم حسابها من خريطة المراقبة للمدى وكذلك حدود المواصفات (USL=8+1=9kgf/cm, LSL=8-1=7kgf/cm) ونحصل على الشكل (٩-٦) المبين أدناه.



**الشكل ٩-٦** معاينة مقدرة العملية الإنتاجية

من خلال هذا الشكل يتبيّن لنا بوضوح أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات، إذ توجد نسبة كبيرة من المنتج خارجة عن حدود المواصفات ويمكن التأكيد من ذلك

عن طريق مقارنة تشتت العملية المحدد بـ  $(\sigma)$  وحدود المواصفات  $(USL-LSL)$  إذ لدينا:

$$6\sigma = 6 \times 2.065 = 12.39 \text{ kgf/cm}$$

$$USL - LSL = 9 - 7 = 2 \text{ kgf/cm}$$

ومن خلال هذه المقارنة يتضح أن  $(6\sigma > USL - LSL)$  وهذا مؤشر قوي على ضعف مقدرة العملية الإنتاجية على تحقيق المواصفات في خصائص المنتج (أرجع إلى الفقرة ٣-١، الحالة الرابعة). في هذه الحالة يتوجب علينا البحث عن الأسباب التي أدت إلى هذه الحالة وهذا ما سنقوم بفعله عن طريق رسم خريطة المراقبة للمتوسط.

**رسم خريطة المراقبة للمتوسط :** بعد أن قمنا بحساب متوسط كل عينة ورصدنا نتائجها على الجدول، نحسب متوسط المتوسطات وهو مجموع متوسط العينات مقسوماً على عددها:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^s \bar{X}_i}{g} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_{25}}{25}$$

$$\bar{\bar{X}} = 8.366 \text{ kgf/cm}$$

#### حساب حدود الضبط للمتوسط :

بما أن عدد الوحدات في كل عينة ( $n=4$ ) ومن جدول المعاملات الثابتة (A-2) فإن قيمة الثابت  $A_2 = 0.729$  . وقيمة  $(\bar{R}) = 4.252$  قد تم حسابها مع خريطة المدى، ومنه فالحد الأدنى للضبط :

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$$

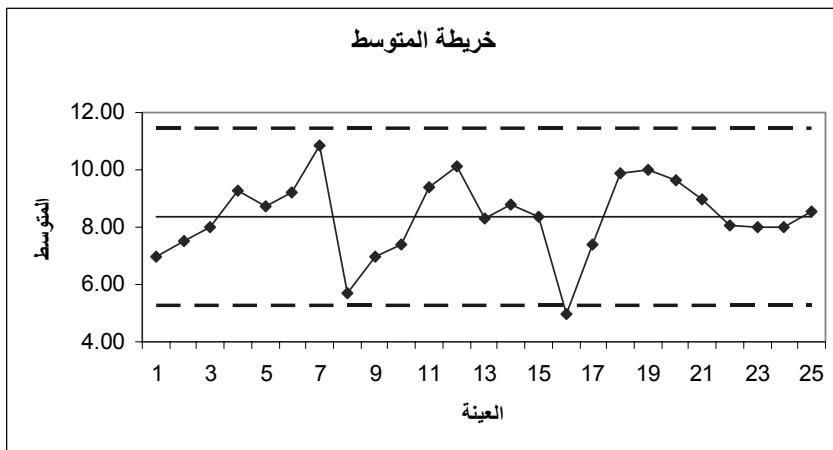
$$LCL_{\bar{X}} = 8.366 - (0.729 \times 4.252) = 5.27$$

الحد الأعلى للضبط :

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{X}} = 8.366 + (0.729 \times 4.252) = 11.47$$

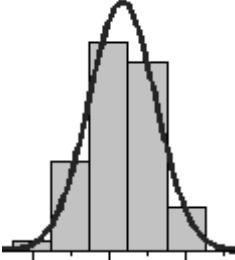
رسم خريطة المراقبة للمتوسط : بعد أن تم حساب متوسط كل عينة والقيمة المتوسطة للمتوسطات (  $\bar{\bar{X}}$  ) وحدود الضبط للمتوسط (  $UCL_{\bar{X}}, LCL_{\bar{X}}$  ) نقوم برسم الخريطة وهي تمثل تغيرات قيم المتوسطات بدلالة رقم العينة كما هو موضح على الشكل ( ٦ - ١٠ ).



الشكل ٦ - ١٠ خريطة المراقبة للمتوسط

لاحظ عزيزي القارئ أن خريطة المتوسط تبين وجود نقاط خارجة عن حدود الضبط إضافة إلى وجود حالات التتابع من العينة ١٨ إلى العينة ٢١ وأن التغيرات والاختلافات في العملية لا يمكن اعتبارها طبيعية وبالتالي فهذه كلها مؤشرات على عدم استقرار العملية ويعود هذا إلى وجود أسباب خاصة تؤثر على العملية، يجب البحث عنها وإزالتها. قصد التقليل من مستوى التشتت والتغيرات وبالتالي تحسين مقدرتها على تحقيق الموصفات في خصائص المنتج يتوجب على الفريق القائم على العملية إجراء تعديلات هامة عليها كتغيير طريقة العمل أو الآلات إلى غير ذلك. لقد

وضحنا سابقاً أنه لا يمكن دراسة مقدرة العملية إلا إذا كانت منضبطة إحصائياً، الشرط غير المتوفرة في هذه العملية الإنتاجية، ولكن سوف نقوم هنا بحساب مؤشرات المقدرة للتوضيح فقط أن الأسباب الخاصة المؤثرة على العملية تؤدي إلى تدهور في مقدرتها على تحقيق مواصفات التصميم. لهذا تقوم بتجمیع بيانات العملية التي حصلنا عليها من خرائط المراقبة وكذلك البيانات الخاصة بالمواصفات المطلوب تحقيقها:

| العملية  | المواصفات  |
|--|--|
| $\bar{X} = \mu = 8.366 \text{ kgf/cm}$<br>$\sigma = 2.065 \text{ kgf/cm}$          | $T = 8 \text{ kgf/cm}$<br>$USL = 8+1=9 \text{ kgf/cm}$<br>$LSL = 8-1=7 \text{ kgf/cm}$ |
|  |     |

### (أ) حساب مؤشر للمقدرة ( $C_p$ )

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{9 - 7}{6 \times 2.065} = \frac{2}{12.39} = 0.16$$

بما أن قيمة المؤشر ( $C_p < 1$ ) فهذا يدل على أن العملية غير قادرة على تحقيق مواصفات المنتج.

ب) حساب مؤشر المقدرة القائم على حد المواصفات ( $C_{pk}$ )

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} = \frac{9 - 8.366}{3 \times 2.065} = 0.436$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} = \frac{8.366 - 7}{3 \times 2.065} = 0.9403$$

$$C_{pk} = \min(C_{pu}, C_{pl})$$

$$C_{pk} = \min(0.436, 0.9403) = 0.436$$

$$C_{pk} < 1$$

من خلال قيمة المؤشر يتأكد لدينا أن العملية غير قادرة على تحقيق المعايير وأن هناك مشكلة حقيقة مع هذه العملية ويجب على الفريق القائم عليها مراجعتها مراجعة دقيقة وإجراء التعديلات الكفيلة بحل هذه المشكلة.

ج) حساب مؤشر المقدرة لاتجاوشي ( $C_{pm}$ )

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

قصد تبسيط الحساب نقوم بحساب الجذر التربيعي الموجود في المقام

$$\begin{aligned} \sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2} &= \sqrt{2.065^2 + (8.366 - 8)^2} \\ &= 2.097 \end{aligned}$$

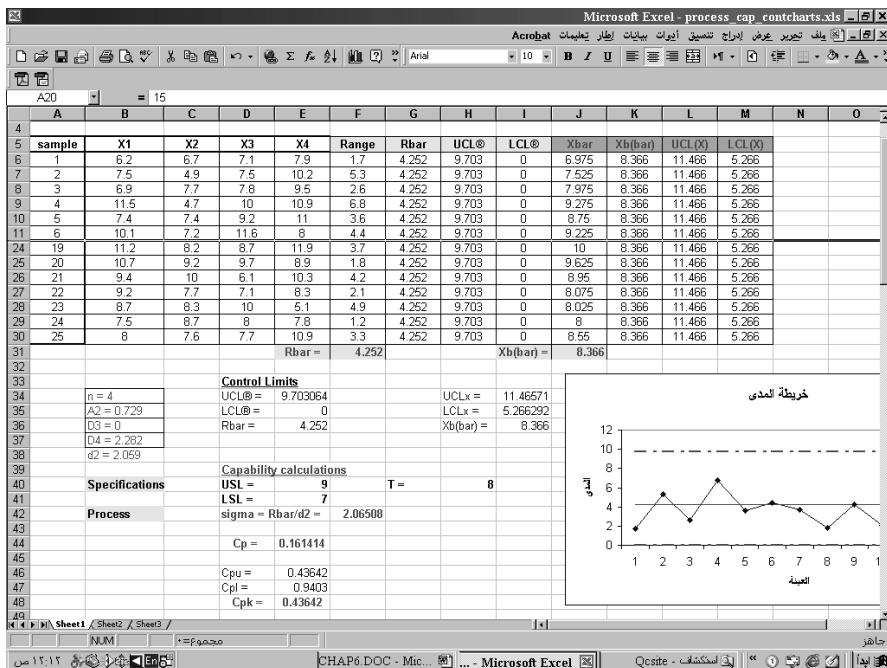
ثم نعرض في المعادلة:

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}$$

$$C_{pm} = \frac{9 - 7}{6 \times 2.097} = 0.159$$

نلاحظ هنا أن كل مؤشرات المقدرة التي تم حسابها لها قيم أقل من 100% ومنه نستنتج أن مقدرة العملية الإنتاجية ضعيفة جدا وهذا ما كنا قد استنتجناه سابقا كما هو موضح على الشكل (٦-٩).

بإمكانك عزيزي الدارس متابعة حل المثال على برنامج الأكسل بإتباع نفس الخطوات التي تم شرحها في الفصول الماضية بخصوص عمل خرائط المراقبة للمتغيرات وإجراء الحسابات الخاصة بمعاملات المقدرة كما هو موضح على الشكل (٦-١١).



الشكل ٦-١١ حل المثال كاملا على برنامج الأكسل

تحديد نسبة المنتج المعيب : يمكن لنا تحديد نسبة المنتج الخارج عن حدود المواصفات وهذا باستعمال الطريقة التي قمنا بعرضها في الفقرة (٣-٧) من الفصل

$Z = \frac{x - \mu}{\sigma}$

الثالث والتي تقوم على حساب المعامل المعياري الطبيعي . لذلك نلخص البيانات على الجدول (٤-٦).

|  |  |
|--|--|
|  | <p>نفرض أن العملية متتمركزة مع المعاصفة المهدف، أي أن :</p> $T = \mu = 8$ <p>الانحراف المعياري : <math>\sigma = 2.065</math></p> <p>حدود المعاصفات :</p> $X_1 = LSL = 7$ $X_2 = USL = 9$ |
|--|--|

#### الجدول ٦-٤ ملخص خصائص العملية

يمكن أن نبدأ بحساب المساحة  $(A_2)$  الواقعة تحت المنحنى الطبيعي والواقعة في المجال

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{9 - 8}{2.065} = +0.484$$

ومن الجدول X>X2 . نحسب قيمة (Z) حيث

(A-1) الملحق (A) يمكن تحديد قيمة المساحة المقابلة ل ( $Z=+0.484$ ) وهي  $A_2=0.3156=31,65\%$  ) ومنه نستنتج أن نسبة الإنتاج الذي يمكن إعادة تشغيله يعادل 31,65% ، وعما أثنا فرضنا أن العملية متتمركزة مع القيمة المهدف فإن المساحة (A<sub>1</sub>) التي تمثل الإنتاج المعيب والذي لا يمكن إعادة تشغيله تكون متساوية مع (A<sub>2</sub>) أي (31,65%) ، وبمثل إجمالي الإنتاج المعيب 63.12% أي ما يعادل (631227ppm) وحدة معيبة في المليون.

## ٧ دراسة مقدرة عملية إنتاجية باستعمال طريقة المدرج التكراري

### وببرنامج المينيتاپ

تصنعن شركة كيتشنر كراسى سيارات جنرال موترز (General Motors) الفخمة. أحد مكونات كرسي السيارة والذي له أثر على راحة راكب السيارة هو الجزء الذي يستعمل كراحة للرأس. يحتوي هذا الجزء على إطار معدني على شكل حرف "U"

مواصفات لأبعاده ( $L = 240 \pm 2\text{mm}$ ) . ويعتبر هذا البعد مهم جدا بحيث أنه إذا كان كبيراً أو صغيراً فلا يمكن تثبيته في الثقوب المخصصة لذلك. قام مفتش الجودة لدى الشركة بسحب عينة عشوائية تحتوي على ٦٠ وحدة وقام بإجراء عملية قياس بعد ورصد النتائج على الجدول (٥-٦).

|       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 241.6 | 239   | 238.6 | 240.2 | 239.1 | 239.8 |
| 241.3 | 239.9 | 239.2 | 238.7 | 239.5 | 237.6 |
| 239.7 | 240.3 | 240.4 | 239.8 | 241.5 | 239.8 |
| 241   | 240.9 | 242.5 | 238.9 | 238.1 | 238.8 |
| 239.8 | 240.2 | 238.3 | 238.5 | 238.7 | 238   |
| 240.3 | 239.8 | 240.4 | 240.5 | 241.6 | 236.5 |
| 239.4 | 238.4 | 240.9 | 239.1 | 239.6 | 237.8 |
| 239.5 | 239.4 | 238.7 | 239.5 | 240.4 | 236.9 |
| 240.1 | 238.5 | 241.1 | 241   | 239.8 | 238.1 |
| 240.3 | 240.9 | 238.7 | 239.7 | 240.3 | 236.8 |

**الجدول ٥-٦** بيانات أطوال القطع الميكانيكية

من خلال عمل التوزيع التكراري والمدرج التكراري رسم للبيانات سنقوم بدراسة مقدرة العملية التصنيعية على إنتاج القطعة حسب المواصفات ولذلك سوف نقوم بتبني الخطوات التالية كما سبق ذكرها في الفقرة ٣ من هذا الفصل، وهي:

**خطوة ١ :** وهي خاصة بجمع البيانات عن العملية التصنيعية (الجدول ٥-٦).

**خطوة ٢ :** من بيانات العملية نقوم بحساب القيمة المتوسطة ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{241.6 + 241.3 + \dots + 238.1 + 236.8}{60}$$

$$\bar{X} = 239.56$$

والانحراف المعياري (s) للبيانات :

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

$$s = \sqrt{\frac{1}{60-1} \sum_{i=1}^n (X_i - 239.56)^2} = 1.24$$

**الخطوة ٣:** نقوم بعمل المدرج التكراري بإتباع الطريقة التي قمنا بعرضها في الفصل الثالث، ونبدأ بحساب مدى البيانات:

$$R = X_{\max} - X_{\min} = 242.5 - 236.5 = 6$$

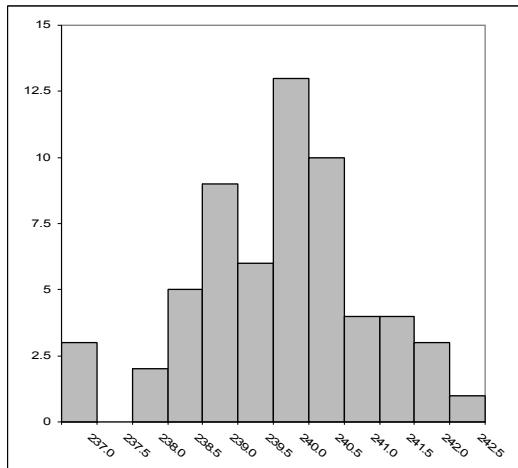
سوف نقوم بتقسيم هذا المجال إلى عدد من الفئات (k) ولتكن مثلاً ١٢ فئة بحيث

تكون فترة كل فئة (h) بحيث  $h = \frac{R}{k} = \frac{6}{12} = 0.5$  (نلاحظ هنا أنه بالإمكانأخذ عدد الفئات أقل من ١٢ وإنما أخذنا هذا العدد لنحصل على قيمة بسيطة للفترة h). نقوم بتحديد حدود ومراكز الفئات ونحسب تكرار كل فئة بطريقة العد بالحزم (Tabulation) ونحصل على النتائج الموضحة على الجدول (٦-٦).

| الفئة | الحد الأدنى | الحد الأعلى | مركز الفئة | التكرار |
|-------|-------------|-------------|------------|---------|
| 1     | 236.5       | 237         | 236.75     | 3       |
| 2     | 237         | 237.5       | 237.25     | 0       |
| 3     | 237.5       | 238         | 237.75     | 2       |
| 4     | 238         | 238.5       | 238.25     | 5       |
| 5     | 238.5       | 239         | 238.75     | 9       |
| 6     | 239         | 239.5       | 239.25     | 6       |
| 7     | 239.5       | 240         | 239.75     | 13      |
| 8     | 240         | 240.5       | 240.25     | 10      |
| 9     | 240.5       | 241         | 240.75     | 4       |
| 10    | 241         | 241.5       | 241.25     | 4       |
| 11    | 241.5       | 242         | 241.75     | 3       |
| 12    | 242         | 242.5       | 242.25     | 1       |

الجدول ٦-٦ التوزيع التكراري للعملية التصنيعية

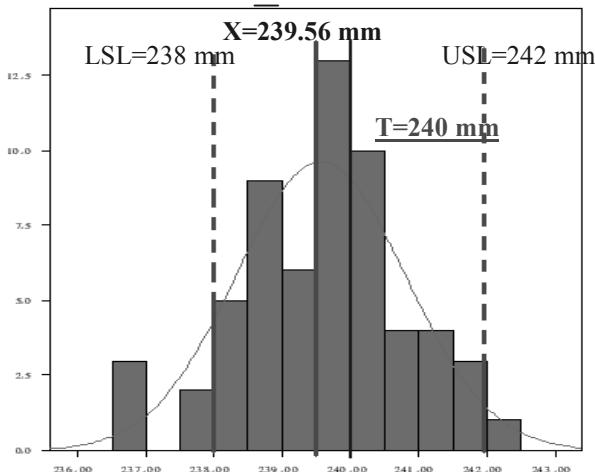
نقوم الآن برسم المدرج التكراري للبيانات كما هو موضح على الشكل (١٢-٦).



الشكل ١٢-٦ المدرج التكراري للعملية التصنيعية

**الخطوة ٤ :** يمكن أن نلاحظ هنا عزيزي القارئ الكريم أن التوزيع قريب من التوزيع الطبيعي، لذلك فسنقوم بإضافة حدود المواصفات (USL, LSL) والقيمة المهدف (T) والقيمة المتوسطة ( $\bar{X}$ ) مع رسم منحنى التوزيع الطبيعي (للتوسيع فقط) كما هو موضح على الشكل (١٣-٦).

**الخطوة ٥ - دراسة مقدرة العملية :** من الشكل (١٢-٦) نلاحظ أن حدود المواصفات (USL-LSL) أصغر من تشتت العملية (6σ) مع وجود انحراف بسيط في متوسط العملية عن المواصفة المهدف (T). وكما تم توضيحة سابقاً فتعتبر هذه الحالة سيئة وتدل على أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم، وهذا ما يمكن التأكد منه أيضاً عن طريق حساب مؤشرات المقدرة. ولتسهيل عمليات حساب مؤشرات المقدرة نقوم بتجميع بيانات العملية التي حصلنا عليها من التوزيع التكراري وكذلك البيانات الخاصة بالمواصفات المطلوب تحقيقها في الجدول (٧-٦).



**الشكل ١٣-٦** المدرج التكراري للعملية التصنيعية مع حدود المواصفات

**الخطوة ٦** - دراسة مقدرة العملية : من الشكل (١٣-٦) نلاحظ أن حدود المواصفات (USL-LSL) أصغر من تشتت العملية ( $\sigma$ ) مع وجود انحراف بسيط في متوسط العملية عن المواصفة المحددة ( $T$ ). وكما تم توضيحه سابقاً فتعتبر هذه الحالة سيئة وتدل على أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات المحددة في التصميم، وهذا ما يمكن التأكيد منه أيضاً عن طريق حساب مؤشرات المقدرة. لتسهيل عمليات حساب مؤشرات المقدرة نقوم بتجميع بيانات العملية التي حصلنا عليها من التوزيع التكراري وكذلك البيانات الخاصة بالمواصفات المطلوب تحقيقها في الجدول (٧-٦).

| بيانات العملية (مقاييس النزعة المركزية والتشتت)                    | المواصفات  |
|--|--|
| $\bar{X} = \mu = 239.56 \text{ mm}$<br>$\sigma = 1.248 \text{ mm}$ | $T = 240 \text{ mm}$<br>$USL = 242 \text{ mm}$<br>$LSL = 238 \text{ mm}$ |

**الجدول ٧-٦** مقارنة مواصفات التصميم مع بيانات العملية

### أ) حساب مؤشر للمقدرة ( $C_p$ )

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{242 - 238}{6 \times 1.248} = 0.59$$

$$Cp = 0.59$$

$$Cp < 1$$

ب) مؤشر المقدرة القائم على حد المواصفات ( $C_{pk}$ ) :

$$C_{pu} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

$$C_{pu} = \frac{242 - 239.56}{3 \times 1.248} = 0.72$$

$$C_{pl} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pl} = \frac{239.56 - 238}{3 \times 1.248} = 0.46$$

$$C_{pk} = \text{Min}(C_{pu}, C_{pl})$$

$$C_{pk} = \text{Min}(0.72, 0.46) = 0.46$$

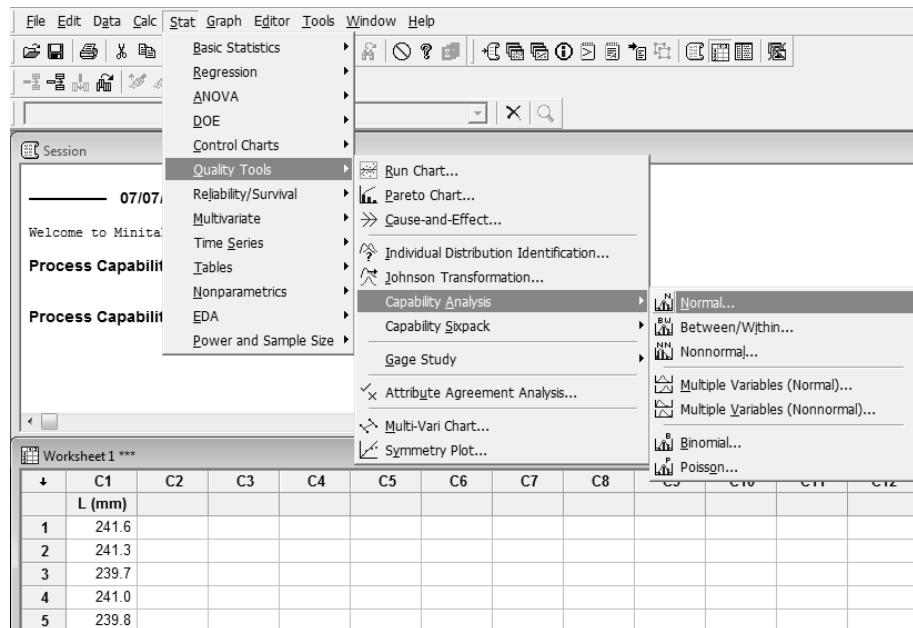
$$C_{pk} < 1$$

من خلال قيم مؤشرات المقدرة ( $C_p, C_{pk} < 1$ ) يتأكد لدينا أن العملية غير قادرة على تحقيق المواصفات وأن هناك مشكل في سير هذه العملية يتوجب على الفريق القائم عليها مراجعتها وإجراء التعديلات الكافية بحل هذه المشكلة.

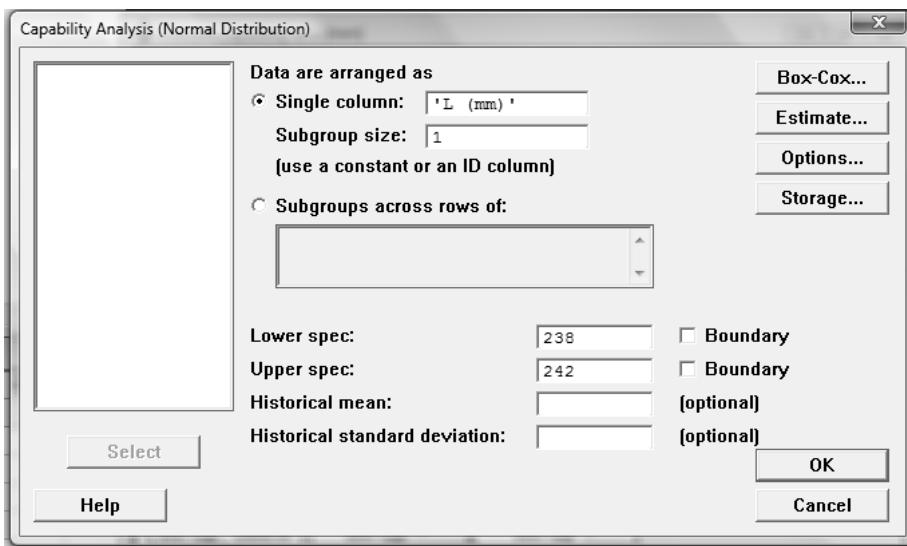
نلاحظ هنا أن برنامج المينيتاب يسمح بإجراء تحليل مقدرة العمليات بسهولة وسوف نقوم بتوضيح ذلك بالعمل على نفس المثال كما يلي:

بعد إدخال بيانات العملية في عمود واحد (C1)، من قائمة (Stat) اختار (Quality Tools) ثم (Normal) وبعدها (Capability Analysis) (الشكل ٦-١٤).

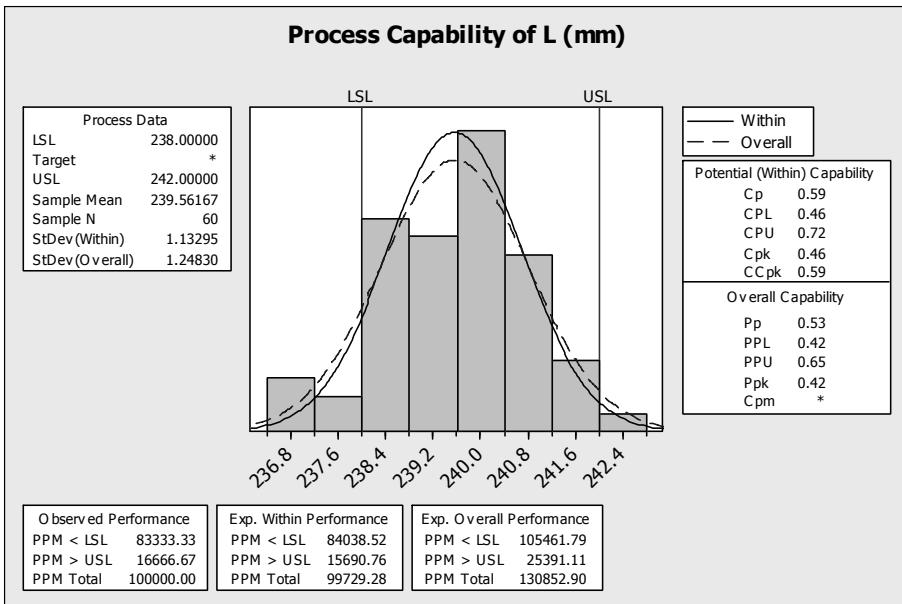
بعدها تفتح نافذة حوار (Capability Analysis (Normal Distribution)) حينها تقوم بإدخال البيانات كما هو موضح على الشكل (٦-١٥)، أين تمثل (Lower spec) الحد الأدنى للمواصفات و (Upper spec) الحد الأعلى للمواصفات. بعدها يتم اختيار (OK) لتحصل على نتيجة التحليل الموضحة على الشكل (٦-١٦) والتي تبين أن توزيع العملية يحتوي على الكثير من الاختلافات التي تتجاوز حدود المواصفات مما يجعل مقدرة العملية الإنتاجية سيئة في تحقيق المواصفات. هذا ما يمكن التأكد منه من خلال مؤشرات المقدرة الموضحة على الجدول (٦-٨) والتي تظهر قيمها أقل من قيمة ١٠٠.



**الشكل ٦-٦** دراسة مقدرة العمليات عن طريق برنامج المينيتاب



الشكل ٦-٥ إدخال بيانات العملية لحساب مقدرة العملية



الشكل ٦-٦ نتائج المينيتاب لتحليل مقدرة العملية

|   |                                      |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
|---|--------------------------------------|--|----|------|-----|------|-----|------|-----|------|------|------|---|---------------------|--|-----|-----------|--------|---|-----|-----------|-------------|-----------|----------|----|---------------|---------|----------------|---------|
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2"><b>Potential (Within) Capability</b></td></tr> <tr><td>Cp</td><td>0.59</td></tr> <tr><td>CPL</td><td>0.46</td></tr> <tr><td>CPU</td><td>0.72</td></tr> <tr><td>Cpk</td><td>0.46</td></tr> <tr><td>CCpk</td><td>0.59</td></tr> </table> | <b>Potential (Within) Capability</b> |  | Cp | 0.59 | CPL | 0.46 | CPU | 0.72 | Cpk | 0.46 | CCpk | 0.59 | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td colspan="2"><b>Process Data</b></td></tr> <tr><td>LSL</td><td>238.00000</td></tr> <tr><td>Target</td><td>*</td></tr> <tr><td>USL</td><td>242.00000</td></tr> <tr><td>Sample Mean</td><td>239.56167</td></tr> <tr><td>Sample N</td><td>60</td></tr> <tr><td>StDev(Within)</td><td>1.13295</td></tr> <tr><td>StDev(Overall)</td><td>1.24830</td></tr> </table> | <b>Process Data</b> |  | LSL | 238.00000 | Target | * | USL | 242.00000 | Sample Mean | 239.56167 | Sample N | 60 | StDev(Within) | 1.13295 | StDev(Overall) | 1.24830 |
| <b>Potential (Within) Capability</b>  |                                      |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| Cp  | 0.59                                 |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| CPL   | 0.46                                 |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| CPU   | 0.72                                 |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| Cpk   | 0.46                                 |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| CCpk  | 0.59                                 |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| <b>Process Data</b>   |                                      |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| LSL   | 238.00000                            |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| Target  | *                                    |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| USL   | 242.00000                            |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| Sample Mean   | 239.56167                            |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| Sample N  | 60                                   |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| StDev(Within)   | 1.13295                              |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| StDev(Overall)  | 1.24830                              |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |
| مؤشرات مقدرة العملية  | بيانات العملية والمواصفات            |  |    |      |     |      |     |      |     |      |      |      |   |                     |  |     |           |        |   |     |           |             |           |          |    |               |         |                |         |

**الجدول ٨-٦** مؤشرات المقدرة للعملية الإنتاجية

## ٨ الطريقة الشاملة لتحليل مقدرة عملية خدمية باستخدام برنامج المينيتاب

قام مدير إحدى شركات خدمات السيارات في المنطقة بتطبيق أساليب المراقبة الإحصائية للعمليات لتحسين جودة خدمات الشركة حيث حدد هدفاً يتمثل في تقدير خدمة تغيير زيت المحرك والسيوفون في مدة تتراوح بين ١٠ و ٢٥ دقيقة لكل سيارة. قصد مراقبة العملية قام المدير بتسجيل الأوقات (بالدقيقة) التي تستغرقها هذه العملية التي يجريها ٥ من عمال الشركة خلال فترة ٢٠ يوماً على الجدول (٩-٦). نوّد دراسة مدى استقرار العملية الخدمية لدى الشركة ومقدرتها على تحقيق المهدى.

| اليوم | العامل ١ | العامل ٢ | العامل ٣ | العامل ٤ | العامل ٥ |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1     | 15.27    | 18.30    | 13.54    | 11.67    | 11.66    |
| 2     | 12.72    | 18.36    | 12.89    | 15.44    | 12.50    |
| 3     | 14.00    | 13.29    | 11.20    | 16.83    | 18.30    |
| 4     | 17.55    | 14.69    | 13.31    | 14.44    | 15.92    |
| 5     | 11.47    | 18.02    | 13.1     | 16.14    | 21.06    |
| 6     | 13.78    | 16.59    | 19.68    | 14.19    | 17.22    |
| 7     | 12.54    | 16.48    | 13.42    | 16.68    | 17.85    |
| 8     | 14.44    | 16.28    | 15.00    | 16.72    | 16.13    |
| 9     | 15.63    | 15.19    | 13.08    | 15.38    | 15.02    |
| 10    | 15.05    | 14.35    | 15.45    | 18.60    | 14.07    |
| 11    | 15.12    | 13.04    | 13.88    | 16.58    | 12.46    |
| 12    | 20.57    | 14.13    | 14.39    | 15.56    | 13.32    |
| 13    | 13.76    | 15.48    | 19.17    | 20.31    | 16.62    |

| اليوم | العامل ٥ | العامل ٤ | العامل ٣ | العامل ٢ | العامل ١ |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 14    | 16.16    | 12.59    | 15.18    | 12.65    | 16.65    |
| 15    | 16.54    | 13.96    | 16.29    | 12.68    | 14.90    |
| 16    | 11.35    | 15.33    | 15.70    | 12.04    | 13.84    |
| 17    | 15.06    | 13.21    | 11.35    | 16.45    | 17.26    |
| 18    | 12.45    | 16.96    | 14.96    | 13.16    | 16.36    |
| 19    | 12.40    | 15.15    | 16.14    | 15.08    | 12.21    |
| 20    | 13.98    | 16.65    | 15.12    | 17.16    | 12.79    |

### الجدول ٦-٩ الوقت المستغرق لإجراء عملية خدمية

في هذا المثال سنقوم بإجراء تحليل شامل للبيانات يسمى "تحليل الخدمة الستة" (Capability Sixpack) والذي يشمل :

١. التوزيع التكراري لبيانات العملية (Histogram)

٢. اختبار التوزيع الطبيعي (Normal probability plot)

٣. خريطة المراقبة للمتوسط (Xbar chart)

٤. خريطة المراقبة للمدى (R chart)

٥. خريطة التتابع لآخر ٢٠ عينة (Last 20 subgroups)

٦. خطوط المقدرة مع مؤشرات المقدرة (Capability plot)

لإجراء هذا التحليل نقوم أولاً بإدخال بيانات العملية على ورقة العمل في المينيتاب كما هو موضح على الشكل (٦-١٧). ثم من قائمة (Stat) نختار (Quality Tools) ثم (Tools) ثم (Normal) وبعدها (Capability Sixpack) (الشكل ٦-١٨)، حينها تفتح نافذة حوار (Normal Distribution) أين نقوم بإدخال البيانات كما هو موضح على الشكل (٦-١٩). هنا تمثل (Lower spec) الحد الأدنى للمواصفات و(Upper spec) الحد الأعلى للمواصفات. بعدها يتم اختيار (OK) لنحصل على نتيجة التحليل الموضحة على الشكل (٦-٢٠).

Worksheet1 \*\*\*

|   | C1  | C2         | C3         | C4         | C5         | C6         | C7 |
|---|-----|------------|------------|------------|------------|------------|----|
|   | Day | Employee 1 | Employee 2 | Employee 3 | Employee 4 | Employee 5 |    |
| 1 | 1   | 15.27      | 18.30      | 13.54      | 11.67      | 11.66      |    |
| 2 | 2   | 12.72      | 18.36      | 12.89      | 15.44      | 12.50      |    |
| 3 | 3   | 14.00      | 13.29      | 11.20      | 16.83      | 18.30      |    |
| 4 | 4   | 17.55      | 14.69      | 13.31      | 14.44      | 15.92      |    |
| 5 | 5   | 11.47      | 18.02      | 13.10      | 16.14      | 21.06      |    |
| 6 | 6   | 13.78      | 16.59      | 19.68      | 14.19      | 17.22      |    |
| 7 | 7   | 12.54      | 16.48      | 13.42      | 16.68      | 17.85      |    |
| 8 | 8   | 14.44      | 16.28      | 15.00      | 16.72      | 16.13      |    |
| 9 | 9   | 15.63      | 15.19      | 13.08      | 15.38      | 15.02      |    |

الشكل ٦-١٧ إدخال بيانات العملية الخدمية في برنامج المينيتاب

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help

Basic Statistics ▶

Regression ▶

ANOVA ▶

DOE ▶

Control Charts ▶

Session Quality Tools ▶

- Run Chart...
- Pareto Chart...
- Cause-and-Effect...
- Individual Distribution Identification...
- Johnson Transformation...
- Capability Analysis ▶
- Capability Sixpack ▶
- Gage Study ▶
- Attribute Agreement Analysis...
- Multi-Vari Chart...
- Symmetry Plot...

Normal...

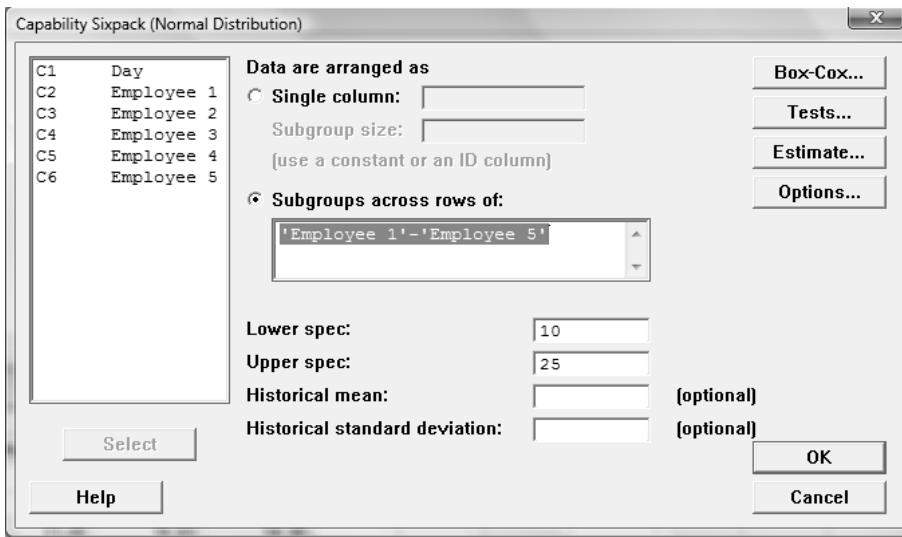
Between/Within...

Nonnormal...

Worksheet1 \*\*\*

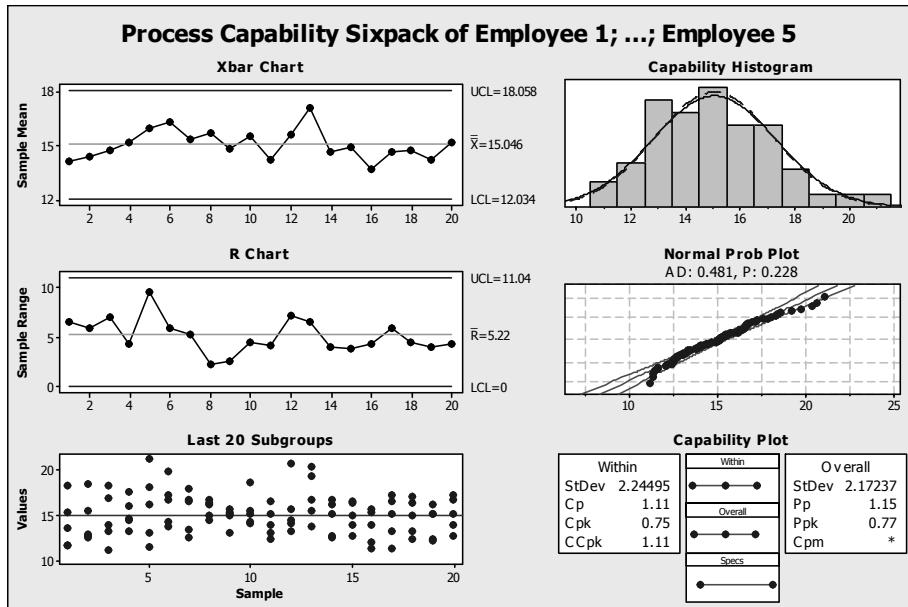
|   | C1  | C2         | C3         | C4         | C5         | C6         | C7 | C8 | C9 | C10 |
|---|-----|------------|------------|------------|------------|------------|----|----|----|-----|
|   | Day | Employee 1 | Employee 2 | Employee 3 | Employee 4 | Employee 5 |    |    |    |     |
| 1 | 1   | 15.27      | 18.30      | 13.54      | 11.67      | 11.66      |    |    |    |     |
| 2 | 2   | 12.72      | 18.36      | 12.89      | 15.44      | 12.50      |    |    |    |     |
| 3 | 3   | 14.00      | 13.29      | 11.20      | 16.83      | 18.30      |    |    |    |     |
| 4 | 4   | 17.55      | 14.69      | 13.31      | 14.44      | 15.92      |    |    |    |     |

الشكل ٦-١٨ إدخال بيانات العملية الخدمية في برنامج المينيتاب



**الشكل ١٩-٦** إدخال بيانات العملية الخدمية في برنامج المينيتاب

يتبين من الشكل (٢٠-٦) أن العملية الخدمية مستقرة إحصائيا (In control process) وهي أيضا قادرة على تحقيق المواصفات (Capable process) حيث أن مؤشر المقدرة ( $C_p = 1.11 > 1.0$ ). نلاحظ هنا أيضا أن هناك فرصة للتحسين في العملية حيث أن المؤشر ( $C_{pk} = 0.75 < 1.0$ ) وهذا لإنحراف العملية نحو اليمين أي الحد الأعلى للمواصفة المتمثلة في المدة الزمنية الأطول.



الشكل ٢٠-٦ نتائج التحليل الشامل لمقدمة العملية الخدمية في ورشة الصيانة

## ٩ تحليل مقدرة العمليات باستخدام خرائط المراقبة للخواص وعن طريق برنامج المينيتاب

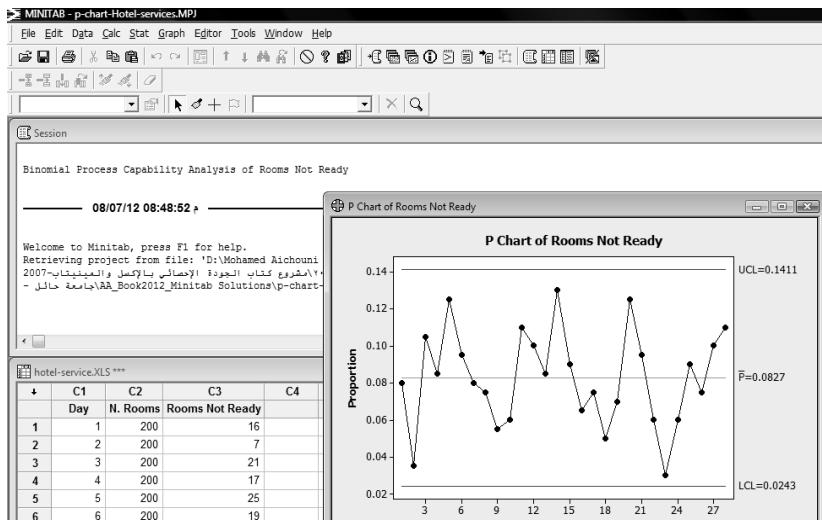
### ١-٩ طريقة تحليل مقدرة العمليات عن طريق خرائط المراقبة للخواص

إنه من السهل أن نلاحظ أن كل ما تم تقديمه في الفقرات السابقة لدراسة مقدرة العمليات كان مبنياً على المتغيرات (Variables)، أي تلك خصائص الجودة التي يمكن تحديدها عن طريق عمليات القياس. الحقيقة أن هذا النوع من البيانات هو الأمثل لإجراء دراسة المقدرة، ولكن في بعض العمليات الإنتاجية يتعدى علينا الحصول على هذا النوع من البيانات وكذلك الحال في معظم العمليات الخدمية، أين تتم مراقبة العملية عن طريق الخواص (Attributes). في هذه الحالة يمكن دراسة مقدرة العملية على النحو التالي:

عن طريق رسم خريطة المراقبة لعدد العيوب (chart p) أو خريطة نسبة المعيب (chart c)، تقوم بدراسة استقرار العملية الإنتاجية. في حالة وقوع العملية تحت المراقبة الإحصائية، تستعمل حدود الضبط كحدود مراقبة العملية (control operation limits) لفترة زمنية كافية تسمح بتحديد وإزالة أي أسباب خاصة قد تؤثر على سير العملية. يمكن تحديد مقدرة العملية في هذه الحالة على أنها قيمة الخط المركز للخريطة (Center Line) والتي تمثل مستوى جودة العملية على الأمد البعيد. في حالة ما إذا كان مستوى مقدرة العملية لا يحقق الأهداف المسطرة من طرف الإدارة، يقوم الفريق القائم على العملية بتحديد أهم الأسباب المؤدية إلى ذلك وهذا باستعمال تحليل باريتو (Pareto Analysis) ومخطط السبب والنتيجة (Cause and Effect Diagram) وهذا مما يسمح بالوصول إلى الإجراءات الالزمة لتحسين العملية والرفع من مستوى مقدرتها .(Grant & Leavenworth, 1999, p.327)

## ٢-٩ تحليل مقدرة العمليات عن طريق خرائط المراقبة للخواص على برنامج المينيتاب

لتوضيح طريقة استعمال برنامج المينيتاب لإجراء تحليل مقدرة العمليات بإستخدام خرائط المراقبة للخواص (Control charts for attributes) سوف نقوم بالعمل على نفس المثال الذي قمنا بعرضه في الفقرة ١-٢-٤ من الفصل الخامس والخاص بالخدمة الفندقيّة حيث تبين من خريطة المراقبة لنسبة المعيب (p chart) أن العملية مستقرة إحصائياً (الشكل ١٤-٥) ومنه وبالإمكان دراسة مقدرة العملية. نقوم بفتح ملف المينيتاب الخاص بالمثال الذي كنا قد عملناه في الفصل الخامس (الشكل ٢١-٦).

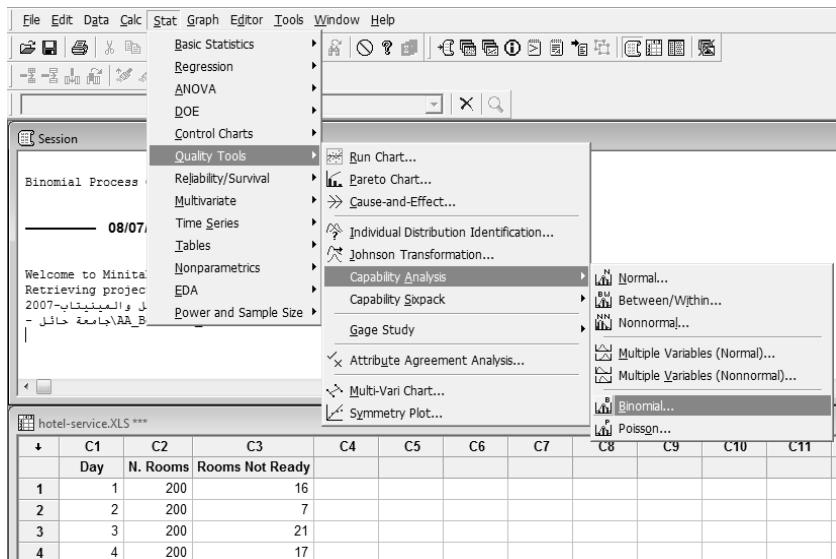


**الشكل ٢١-٦** مثال خريطة نسبة (المعيب) الغرف التي لم يتم تجهيزها

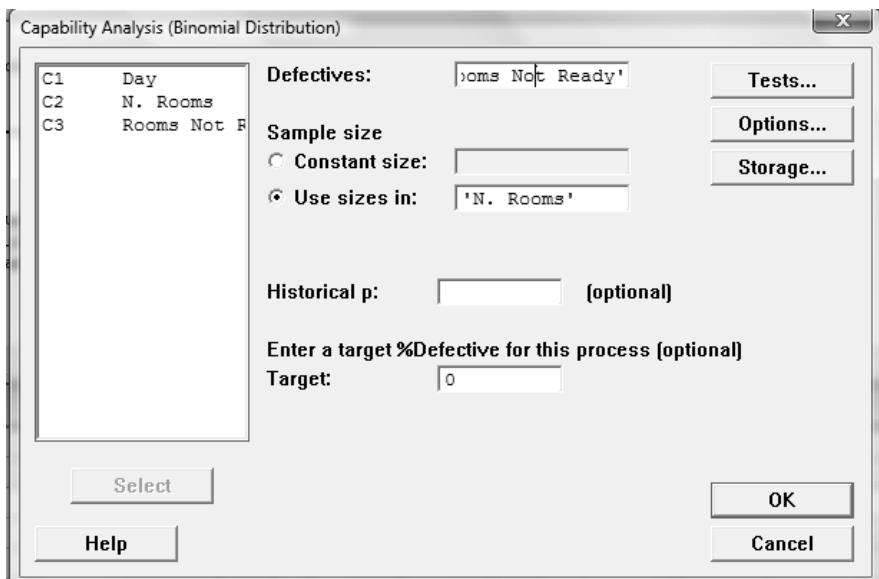
من قائمة (Stat) نختار (Quality Tools) ثم (Capability Analysis) وبعدها (Binomial..) (الشكل ٢٢-٦)، حينها تفتح نافذة حوار (Binomial Distribution) (Analysis) أين نقوم بإدخال البيانات كما هو موضح على الشكل (٢٣-٦). هنا تمثل (Defectives) عدد الغرف غير الجاهزة و (OK) عدد الغرف كل يوم والتي تمثل حجم العينة. بعدها يتم اختيار (OK sizes in: .) لنحصل على نتيجة التحليل الموضحة على الشكل (٢٤-٦).

**تحليل النتائج:** يتضح من النتائج (الشكل ٢٤-٦) أن العملية مستقرة ولا يوجد أي مؤشر على وقوع أسباب خاصة في العملية (خريطة نسبة المعيب (P chart) في اليسار الأعلى من الشكل) كما توضح أيضا خريطة نسبة المعيب التراكمي (Cumulative % Defective) (أسفل يسار) أن العملية مستقرة ولا يوجد فيها سوى تغيرات طبيعية بحيث تتغير النسبة التراكمية بين ٧٠.٥% و ٩٠% وهذا ما يمكن قراءته أيضا من الإحصائيات (Summary Stats) التي تبين القيمة المتوسطة لنسبة

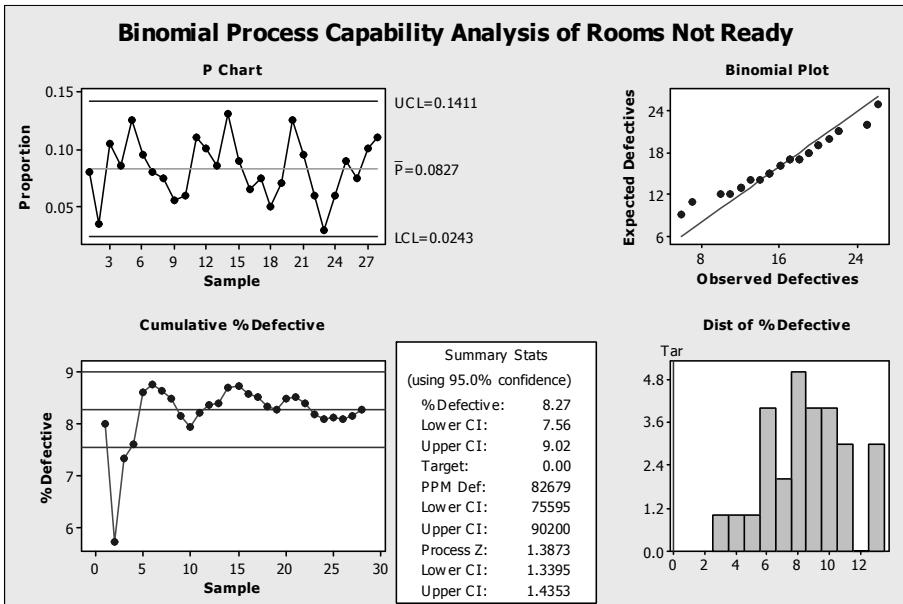
الغرف غير الجاهزة يوميا بحوالي ٨٠.٢٧ % وهذا ما يعادل قيمة (PPM 82.679) أي غرفة غير جاهزة في مليون فرصة من عمل الفندق.



الشكل ٢٢-٦ إجراء تحليل مقدرة العمليات بإستخدام خرائط المراقبة للخواص



الشكل ٢٣-٦ إدخال بيانات المثال



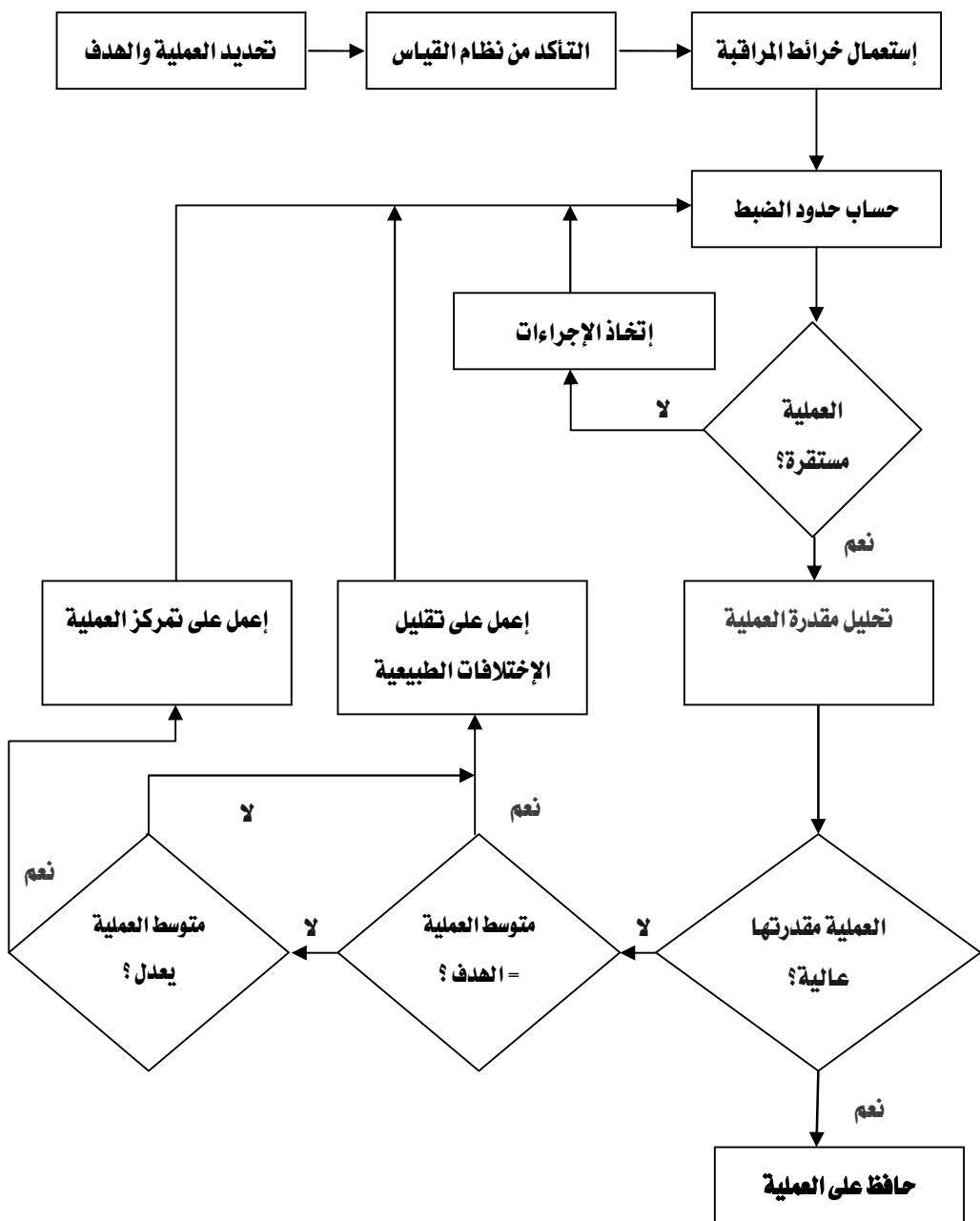
الشكل ٢٤-٦ نتائج التحليل الشامل لمقدمة العملية الخدمية في الفندق

## ١٠ خارطة الطريق لتطبيق تحليل مقدرة العمليات في المنظمات الإنتاجية والخدمية

يلخص المخطط الموضح على الشكل (٢٥-٦) الطريقة العملية لإجراء تحليل مقدرة العمليات الإنتاجية أو الخدمية ودراسة مدى إمكانية تحقيق مواصفات العميل في المنتج أو الخدمة من العملية. تتمثل أهم الخطوات والإجراءات في هذه العملية فيما يلي:

- تحديد العملية الإنتاجية أو الخدمية والمدف منها.
- تحديد المواصفات بدقة.
- التأكد من أن نظام القياسات دقيق وملاائم لإجراء القياسات على خصائص الجودة التي سنقوم بدراستها (R&R analysis).

- مراقبة العملية من خلال خرائط المراقبة للمتغيرات والتأكد من أنها مستقرة ومنظبطة إحصائيا (Process in statistical control).
- في حالة خروج العملية على حالة الضبط الإحصائي (Process out of statistical control) إتخاذ الإجراءات التصحيحية لإزالة الأسباب الخاصة (Assignable causes) وجعل العملية منظبطة إحصائيا.
- إجراء تحليل المقدرة وحساب مؤشرات المقدرة.
- اتخاذ الإجراءات التصحيحية في حالة عدم مقدرة العملية وهذا بالعمل على :
  - (أ) التقليل من الاختلافات الطبيعية وهذا بتقليل قيمة الإنحراف المعياري في العملية (Reduce Process variations) ( $\sigma$ )
  - (ب) تمركز العملية أي يجعل قيمة متوسط العملية يساوي أو يقارب قيمة المواصفة المدف (المواصفة الإسمية) (Centering the process)



الشكل ٢٥-٦ خارطة الطريق لإجراء تحليل مقدرة العمليات

قد يكون من المفيد أن نختتم هذا الفصل بأهم المميزات والفوائد التي تجنيها المنظمات الإنتاجية والخدمية من وراء إجراء تحليل مقدرة العمليات والمتمثلة في:

- الإحابة وبكل دقة عن السؤال الجوهرى الذي عادة ما تواجه به المنظمات والمتعلق بمدى مقدرها على تحقيق مواصفات العميل.
- تفادي وضع إستثمارات إضافية في العمليات كشراء معدات وتجهيزات متطرفة إذا كانت العملية بإمكاناتها الحالية قادرة على تحقيق مواصفات العملاء.
- الاكتشاف المبكر لمشاكل العمليات وجودة مخرجاتها وخاصة تلك المرتبطة بأسباب خاصة تؤثر سلبا على مقدرة العملية وجودة مخرجاتها.

قصد تحسين مقدرة العمليات الإنتاجية أو الخدمية، قد يكون مناسبا في العديد من الحالات العمل على وضع برامج تدريبية للموظفين وتبسيط إجراءات العمل وإيجاد نظام حواجز ملائم للعمال وهذا ما يؤدي إلى التقليل من الاختلافات العامة (Common causes variations) . يقول العالم إدوارد دينج (Deming, 1986) : "إن مسؤولية فهم الاختلافات التي تقع في العمليات تقع على عاتق الإدارة العليا" وهي التي تحظى ببرامج التدريب ولديها صلاحيات تعديل إجراءات العمل ووضع آليات تحفيز العمال والموظفين. ومن هنا تكمن أهمية هذه الأمور الإجرائية البسيطة ودورها الفعال في تحسين مقدرة العمليات بما يسمح بتحقيق متطلبات العميل وتوقعاته. يؤكّد دينج في منهجه لإدارة الجودة الشاملة القائمة على النقاط الأربع عشر على أهمية عنصر التدريب من خلال النقاط (٦) و(١٣) كما يؤكّد العالم الياباني كوارو إيشيكاوا (Ishikawa, 1982) على ذلك من خلال مقولته الشهيرة "بدأ ضبط الجودة حقيقة بالتدريب وتنتهي بالتدريب (Quality control starts with education and ends up with education ."

# الملحقات

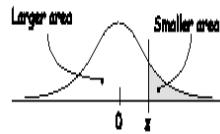
| <b><i>z</i></b> | <b><i>z to <math>\bar{x}</math></i></b> | <b>smaller area</b> | <b>larger area</b> |
|-----------------|---|---------------------|--------------------|
| <b>0.000</b>    | <b>0.0000</b>                           | <b>0.5000</b>       | <b>0.5000</b>      |
| <b>0.033</b>    | <b>0.0133</b>                           | <b>0.4867</b>       | <b>0.5133</b>      |
| <b>0.067</b>    | <b>0.0266</b>                           | <b>0.4734</b>       | <b>0.5266</b>      |
| <b>0.100</b>    | <b>0.0398</b>                           | <b>0.4602</b>       | <b>0.5398</b>      |
| <b>0.133</b>    | <b>0.0530</b>                           | <b>0.4470</b>       | <b>0.5530</b>      |
| <b>0.167</b>    | <b>0.0662</b>                           | <b>0.4338</b>       | <b>0.5662</b>      |
| <b>0.200</b>    | <b>0.0793</b>                           | <b>0.4207</b>       | <b>0.5793</b>      |
| <b>0.233</b>    | <b>0.0922</b>                           | <b>0.4078</b>       | <b>0.5922</b>      |
| <b>0.267</b>    | <b>0.1051</b>                           | <b>0.3949</b>       | <b>0.6051</b>      |
| <b>0.300</b>    | <b>0.1179</b>                           | <b>0.3821</b>       | <b>0.6179</b>      |
| <b>0.333</b>    | <b>0.1306</b>                           | <b>0.3694</b>       | <b>0.6306</b>      |
| <b>0.367</b>    | <b>0.1431</b>                           | <b>0.3569</b>       | <b>0.6431</b>      |
| <b>0.400</b>    | <b>0.1554</b>                           | <b>0.3446</b>       | <b>0.6554</b>      |
| <b>0.433</b>    | <b>0.1676</b>                           | <b>0.3324</b>       | <b>0.6676</b>      |
| <b>0.467</b>    | <b>0.1796</b>                           | <b>0.3204</b>       | <b>0.6796</b>      |
| <b>0.500</b>    | <b>0.1915</b>                           | <b>0.3085</b>       | <b>0.6915</b>      |
| <b>0.533</b>    | <b>0.2031</b>                           | <b>0.2969</b>       | <b>0.7031</b>      |
| <b>0.567</b>    | <b>0.2145</b>                           | <b>0.2855</b>       | <b>0.7145</b>      |
| <b>0.600</b>    | <b>0.2257</b>                           | <b>0.2743</b>       | <b>0.7257</b>      |
| <b>0.633</b>    | <b>0.2367</b>                           | <b>0.2633</b>       | <b>0.7367</b>      |
| <b>0.667</b>    | <b>0.2475</b>                           | <b>0.2525</b>       | <b>0.7475</b>      |
| <b>0.700</b>    | <b>0.2580</b>                           | <b>0.2420</b>       | <b>0.7580</b>      |
| <b>0.733</b>    | <b>0.2683</b>                           | <b>0.2317</b>       | <b>0.7683</b>      |
| <b>0.767</b>    | <b>0.2784</b>                           | <b>0.2216</b>       | <b>0.7784</b>      |
| <b>0.800</b>    | <b>0.2881</b>                           | <b>0.2119</b>       | <b>0.7881</b>      |
| <b>0.833</b>    | <b>0.2977</b>                           | <b>0.2023</b>       | <b>0.7977</b>      |
| <b>0.867</b>    | <b>0.3069</b>                           | <b>0.1931</b>       | <b>0.8069</b>      |
| <b>0.900</b>    | <b>0.3159</b>                           | <b>0.1841</b>       | <b>0.8159</b>      |
| <b>0.933</b>    | <b>0.3247</b>                           | <b>0.1753</b>       | <b>0.8247</b>      |
| <b>0.967</b>    | <b>0.3331</b>                           | <b>0.1669</b>       | <b>0.8331</b>      |
| <b>1.000</b>    | <b>0.3413</b>                           | <b>0.1587</b>       | <b>0.8413</b>      |

## الملحق الأول

### Appendix A

الجدول (A1) المساحة  
الواقعة تحت التوزيع الطبيعي

Area under the  
Normal Curve



## تابع الجدول (A1)

| <b><i>z</i></b> | <b><i>z to <math>\bar{x}</math></i></b> | <b>smaller area</b> | <b>larger area</b> | <b><i>z</i></b> | <b><i>z to <math>\bar{x}</math></i></b> | <b>smaller area</b> | <b>larger area</b> |
|-----------------|---|---------------------|--------------------|-----------------|---|---------------------|--------------------|
| 1.033           | 0.3493                                  | 0.1507              | 0.8493             | 2.033           | 0.4790                                  | 0.0210              | 0.9790             |
| 1.067           | 0.3569                                  | 0.1431              | 0.8569             | 2.067           | 0.4806                                  | 0.0194              | 0.9806             |
| 1.100           | 0.3643                                  | 0.1357              | 0.8643             | 2.100           | 0.4821                                  | 0.0179              | 0.9821             |
| 1.133           | 0.3715                                  | 0.1285              | 0.8715             | 2.133           | 0.4836                                  | 0.0164              | 0.9836             |
| 1.167           | 0.3783                                  | 0.1217              | 0.8783             | 2.167           | 0.4849                                  | 0.0151              | 0.9849             |
| 1.200           | 0.3849                                  | 0.1151              | 0.8849             | 2.200           | 0.4861                                  | 0.0139              | 0.9861             |
| 1.200           | 0.3849                                  | 0.1151              | 0.8849             | 2.233           | 0.4872                                  | 0.0128              | 0.9872             |
| 1.233           | 0.3913                                  | 0.1087              | 0.8913             | 2.267           | 0.4883                                  | 0.0117              | 0.9883             |
| 1.267           | 0.3974                                  | 0.1026              | 0.8974             | 2.300           | 0.4893                                  | 0.0107              | 0.9893             |
| 1.300           | 0.4032                                  | 0.0968              | 0.9032             | 2.333           | 0.4902                                  | 0.0098              | 0.9902             |
| 1.333           | 0.4088                                  | 0.0912              | 0.9088             | 2.367           | 0.4910                                  | 0.0090              | 0.9910             |
| 1.367           | 0.4141                                  | 0.0859              | 0.9141             | 2.400           | 0.4918                                  | 0.0082              | 0.9918             |
| 1.400           | 0.4192                                  | 0.0808              | 0.9192             | 2.400           | 0.4918                                  | 0.0082              | 0.9918             |
| 1.433           | 0.4241                                  | 0.0759              | 0.9241             | 2.433           | 0.4925                                  | 0.0075              | 0.9925             |
| 1.467           | 0.4288                                  | 0.0712              | 0.9288             | 2.467           | 0.4932                                  | 0.0068              | 0.9932             |
| 1.500           | 0.4332                                  | 0.0668              | 0.9332             | 2.500           | 0.4938                                  | 0.0062              | 0.9938             |
| 1.533           | 0.4374                                  | 0.0626              | 0.9374             | 2.533           | 0.4944                                  | 0.0056              | 0.9944             |
| 1.567           | 0.4414                                  | 0.0586              | 0.9414             | 2.567           | 0.4949                                  | 0.0051              | 0.9949             |
| 1.600           | 0.4452                                  | 0.0548              | 0.9452             | 2.600           | 0.4953                                  | 0.0047              | 0.9953             |
| 1.633           | 0.4488                                  | 0.0512              | 0.9488             | 2.633           | 0.4958                                  | 0.0042              | 0.9958             |
| 1.667           | 0.4522                                  | 0.0478              | 0.9522             | 2.667           | 0.4962                                  | 0.0038              | 0.9962             |
| 1.700           | 0.4554                                  | 0.0446              | 0.9554             | 2.700           | 0.4965                                  | 0.0035              | 0.9965             |
| 1.733           | 0.4585                                  | 0.0415              | 0.9585             | 2.733           | 0.4969                                  | 0.0031              | 0.9969             |
| 1.767           | 0.4614                                  | 0.0386              | 0.9614             | 2.767           | 0.4972                                  | 0.0028              | 0.9972             |
| 1.800           | 0.4641                                  | 0.0359              | 0.9641             | 2.800           | 0.4974                                  | 0.0026              | 0.9974             |
| 1.833           | 0.4666                                  | 0.0334              | 0.9666             | 2.833           | 0.4977                                  | 0.0023              | 0.9977             |
| 1.867           | 0.4690                                  | 0.0310              | 0.9690             | 2.867           | 0.4979                                  | 0.0021              | 0.9979             |
| 1.900           | 0.4713                                  | 0.0287              | 0.9713             | 2.900           | 0.4981                                  | 0.0019              | 0.9981             |
| 1.933           | 0.4734                                  | 0.0266              | 0.9734             | 2.933           | 0.4983                                  | 0.0017              | 0.9983             |
| 1.967           | 0.4754                                  | 0.0246              | 0.9754             | 2.967           | 0.4985                                  | 0.0015              | 0.9985             |
| 2.000           | 0.4772                                  | 0.0228              | 0.9772             | 3.000           | 0.4987                                  | 0.0013              | 0.9987             |

## الجدول (A2) - المعاملات الثابتة المستعملة في خرائط المراقبة

### Control Chart Factors

| <b>n</b> | <b>A<sub>2</sub></b> | <b>A<sub>3</sub></b> | <b>B<sub>3</sub></b> | <b>B<sub>4</sub></b> | <b>c<sub>4</sub></b> | <b>d<sub>2</sub></b> | <b>D<sub>2</sub></b> | <b>D<sub>3</sub></b> | <b>D<sub>4</sub></b> |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 2        | 1.880                | 2.659                | 0                    | 3.267                | 0.7979               | 1.128                | 3.686                | 0                    | 3.267                |
| 3        | 1.023                | 1.954                | 0                    | 2.568                | 0.8862               | 1.693                | 4.358                | 0                    | 2.575                |
| 4        | 0.729                | 1.628                | 0                    | 2.266                | 0.9213               | 2.059                | 4.698                | 0                    | 2.282                |
| 5        | 0.577                | 1.427                | 0                    | 2.089                | 0.9400               | 2.326                | 4.918                | 0                    | 2.114                |
| 6        | 0.483                | 1.287                | 0.030                | 1.970                | 0.9515               | 2.534                | 5.079                | 0                    | 2.004                |
| 7        | 0.419                | 1.182                | 0.118                | 1.882                | 0.9594               | 2.704                | 5.204                | 0.076                | 1.924                |
| 8        | 0.373                | 1.099                | 0.185                | 1.815                | 0.9650               | 2.847                | 5.307                | 0.136                | 1.864                |
| 9        | 0.337                | 1.032                | 0.239                | 1.761                | 0.9693               | 2.970                | 5.394                | 0.184                | 1.816                |
| 10       | 0.308                | 0.975                | 0.284                | 1.716                | 0.9727               | 3.078                | 5.469                | 0.223                | 1.777                |
| 11       | 0.285                | 0.927                | 0.321                | 1.679                | 0.9754               | 3.173                | 5.535                | 0.256                | 1.744                |
| 12       | 0.266                | 0.886                | 0.354                | 1.646                | 0.9776               | 3.258                | 5.594                | 0.283                | 1.717                |
| 13       | 0.249                | 0.850                | 0.382                | 1.618                | 0.9794               | 3.336                | 5.647                | 0.307                | 1.693                |
| 14       | 0.235                | 0.817                | 0.406                | 1.594                | 0.9810               | 3.407                | 5.696                | 0.328                | 1.672                |
| 15       | 0.223                | 0.789                | 0.428                | 1.572                | 0.9823               | 3.472                | 5.740                | 0.347                | 1.653                |
| 16       | 0.212                | 0.763                | 0.448                | 1.552                | 0.9835               | 3.532                | 5.782                | 0.363                | 1.637                |
| 17       | 0.203                | 0.739                | 0.466                | 1.534                | 0.9845               | 3.588                | 5.820                | 0.378                | 1.622                |
| 18       | 0.194                | 0.718                | 0.482                | 1.518                | 0.9854               | 3.640                | 5.856                | 0.391                | 1.609                |
| 19       | 0.187                | 0.698                | 0.497                | 1.503                | 0.9862               | 3.689                | 5.889                | 0.404                | 1.596                |
| 20       | 0.180                | 0.680                | 0.510                | 1.490                | 0.9869               | 3.735                | 5.921                | 0.415                | 1.585                |
| 21       | 0.173                | 0.663                | 0.523                | 1.477                | 0.9876               | 3.778                | 5.951                | 0.425                | 1.575                |
| 22       | 0.167                | 0.647                | 0.534                | 1.466                | 0.9882               | 3.819                | 5.979                | 0.435                | 1.565                |
| 23       | 0.162                | 0.633                | 0.545                | 1.455                | 0.9887               | 3.858                | 6.006                | 0.443                | 1.557                |
| 24       | 0.157                | 0.619                | 0.555                | 1.445                | 0.9892               | 3.895                | 6.032                | 0.452                | 1.548                |
| 25       | 0.153                | 0.606                | 0.565                | 1.435                | 0.9896               | 3.931                | 6.056                | 0.459                | 1.541                |

(n) : حجم العينة



# المراجع العلمية

## أولاً - المراجع العلمية باللغة العربية

القراز إسماعيل إبراهيم وعادل عبد المالك، (١٩٩٧)، "ضبط الجودة : النظرية والتطبيق"، مكتبة طرابلس العالمية العالمية، طرابلس، ليبيا.  
إسماعيل، محمد عبد الرحمن ، (٢٠٠٦)، "الرقابة الإحصائية على العمليات"، معهد الإدارة العامة، الرياض.

جون راييت ويستر بيرغ، (١٩٩٩)، "دليل الجيد إلى ISO 9000" ، سلسلة معايير إدارة الجودة العالمية، ترجمة الدار العربية للعلوم، بيروت، لبنان.

جون راييت ويستر بيرغ ،(١٩٩٩)، "دليل الجيد إلى المعيار 9000 QS " ، سلسلة معايير إدارة الجودة العالمية ، ترجمة الدار العربية للعلوم، بيروت، لبنان.

حامد عبد الله السقاف، (٢٠٠١)، "قياس الجودة في الشركات الخدمية" ، مكتبة الملك فهد الوطنية، الخبر، المملكة العربية السعودية.

خالد بن سعد عبد العزيز بن سعيد، (٢٠٠٤)، "سيجما ستة : تطبيقات على المشتقات الخدمية و الصناعية" ، دار الأصحاب ، الرياض، المملكة العربية السعودية.

خالد يوسف الخلف، (٢٠٠١)، "التقييس الحديث" ، مكتبة الملك فهد الوطنية، الرياض، المملكة العربية السعودية.

سرور علي ابراهيم سرور، (١٩٩٥)، "الرقابة على الجودة"، المكتبة الأكاديمية، القاهرة، مصر. ترجمة كتاب (Besterfield, 1998, Quality Control).

سونيا محمد البكري، (٢٠٠٢)، "إدارة الجودة الكلية"، الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر.

عوض سالم الحري، (٢٠٠٦)، "تكاليف الجودة وطرق قياسها - حالة تطبيقية على المنظمات الحاصلة على شهادة الايزو"، الأكاديمية العربية للعلوم والنقل البحري - الإسكندرية - مصر ، مارس.

عيشوني، محمد (٢٠٠٧)، "ضبط الجودة - التقنيات الأساسية وتطبيقاتها في الحالات الإنتاجية والخدمية"، دار الأصحاب للنشر والتوزيع، الرياض.

عيشوني، محمد (٢٠١٠)، "الدليل العملي للتحسين المستمر للعمليات بإستخدام الأدوات الأساسية السبع للجودة"، سلسلة إصدارات المجلس السعودي للجودة (٢)، دار الأصحاب للنشر والتوزيع، الرياض.

عيشوني، محمد (٢٠١٢)، "الدليل العملي للتحسين المستمر للعمليات بإستخدام الأدوات السبع للإدارة والتخطيط"، سلسلة إصدارات المجلس السعودي للجودة (٤)، دار الأصحاب للنشر والتوزيع، الرياض.

مأمون الدرادكة، طارق السبلي، خالد الحياصات، عزام صبّري و توفيق عبد الرحيم يوسف، (٢٠٠١)، "إدارة الجودة الشاملة"، دار صفاء للطباعة و النشر والتوزيع، عمان، الأردن.

البرواري، نزار وباشية، لحسن، (٢٠١١)، "إدارة الجودة - مدخل للتميز والريادة"، دار الوراق، عمان، الأردن.

مارك براون، (١٩٩٩) ، "دليل الجيد إلى شهادة بالدرج للجودة " ، سلسلة معايير إدارة الجودة العالمية ، ترجمة الدار العربية للعلوم، بيروت، لبنان.

محمود سلامه عبد القادر، (١٩٧٦)، "الضبط المتكامل لجودة الإنتاج"، وكالة المطبوعات، الكويت.

ويليامز، ريتشارد (٢٠٠٧)، "أساسيات إدارة الجودة الشاملة"، سلسلة العمل بذكاء، الجمعية الأمريكية للإدارة، ترجمة مكتبة جرير، الرياض.  
توفيق عبدالرحمن (٢٠٠٨)، "إدارة الجودة الشاملة"، مركز الخبرات المهنية للإدارة — بييك، القاهرة.

## ثانيا - المراجع العلمية باللغة الإنجليزية

**Aichouni, M.**, (2013), "Use of the Basic Quality Tools for the Improvement of the Production Process of a local Ready Mixed Concrete Plant in Hail", The 4th National Quality Conference, Hail University – Saudi Standards Organization (SASO), 3-6 February.

**Aichouni, M.** (2012), "On the use of the basic quality tools for the improvement of the construction industry: A case study of a ready mixed concrete production process", Int. J. of Civil & Environmental Eng., Vol. 12, N. 5, pp. 31-38.

**Aichouni, M. and Al-Ghonamy, A.**, (2010), "Towards a Simple Approach based on Process Improvement to Measure Quality Indicators in Higher Education Institutions"; The 3<sup>rd</sup> Conference on "Quality in University Education in the Islamic World", Naif Arab University For Security Science (NAUSS), Riyadh: 20-22 December.

**Aichouni, M. and Al-Shammari S.**, (2010), 'On the Use of Quality Tools and Techniques for Improvement of the Learning Process in Engineering Education', The 5<sup>th</sup> International Form on Engineering Education IFEE 2010 - "Engineering Education in the 21st Century – Quality, Globalization and Local Relevance", Sharjah University, 23-25 November, The U.A.E.

**Aichouni, M , Al-Rugy, N. and Al-Mutairi, K.** (2009), 'The Total Quality Management Approach as a Strategy for performance improvement in the Saudi Police – A Case Study", The International Conference on Administrative Development : Towards Excellence in Public Sector Performance, Riyadh, 1-4, November.

**Aichouni, M and Benchicou S**, 'Back to Basics : The seven basic quality tools and their applications in manufacturing and services', The 2nd Quality Congress Middle East (QC2008), Dubai, UAE, April, 6-9, 2008.

**Allen , Theodore** (2006), "Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma : Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems", Springer-Verlag, London.

**Addey, J.** (2004), "The Modern Quality Manager", The Total quality Management Journal, Vol. 15, N 5-6, pp. 879-889, July-August Issue.

**American Society of Quality**, (2011), "The Seven Basic Quality Tools", ASQ Quality Press.

**American Society of Quality**, (2010), "History of the Statistics Division", <http://asq.org/statistics/about/index.html>

**Arthur, J.**, (2004), "The small business guerilla guide to six sigma – How to systematically cut costs and boost profits, even in tough times", Life Star Publishing.

**Bass, Issa** (2007), "Six Sigma statistics with Excel and Minitab", McGraw Hill, New York

**Besterfield, Dale**, (1998), "Quality Control", 5<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall, New Jersey.

**Box, G. , Kachar, R. , Vijay, N, Phadke, M, Shoemaker, A, and Wu, C.F.J.**, (1987), "On quality practice in Japan", Report 27, Center for Quality and Productivity Improvement , University of Wisconsin Madison, December. Retrieved from internet at: <http://www.engr.wisc.edu/centers/cqpi/reports.html>

**Box, G and Bisgaard, S**, (1987), "The Scientific Context of Quality Improvement", Report 25, Center for Quality and Productivity Improvement , University of Wisconsin Madison, December. Retrieved from internet at:

<http://www.engr.wisc.edu/centers/cqpi/reports.html>

Published in the Mechanical Engineering Journal, Issue January 1988, pp. 32-40

**Chen K. S, Huang, M. L. and Li R. K.**, (2001), 'Process Capability Analysis for an entire Product', International Journal of Productivity Research, Vol. 39, N. 17, pp. 4077-4087.

**Cross, N.**, (1989), "Engineering design methods", John Wiley and Sons Publisher, New York.

- De Vries, A.**, (2001), 'Statistical Process Control charts applied to dairy herd reproduction', PhD Thesis, University of Minnesota.
- Deming, W. Edwards**, (1982), "Quality, Productivity and Competitive Position", Cambridge Mass, MIT Press.
- Deming, W. Edwards**, (1986), "Out of the Crisis", Cambridge Mass, MIT Press.
- Deming, W. Edwards**, (2000), "The New Economics : for Industry, Government, Education", Cambridge Mass, MIT Press.
- Evans, J. And Lindsay, W.**, (1999), "The Management and Control of Quality", 4th Edition, South-Western.
- Feigenbaum, A. V.**, (1991), "Total Quality Control", 3<sup>rd</sup> Edition, Mc Graw Hill, New York.
- Fuller, F. T.**, (1987), "Eliminating Complexity from Work: Improving Productivity by Enhancing Quality", Report 17, Center for Quality and Productivity Improvement , University of Wisconsin Madison, December. Retrieved from internet at <http://www.engr.wisc.edu/centers/cqpi/reports.html>
- Gaafar, L. and Kaats, J.** (1992), "Statistical Process Control: A Guide for Implementation", Journal of Quality and Reliability, Issue N 4, pp. 9-21.
- Garvin, D A**, (1987), "Competing on the Eight Dimensions of Quality ", Harvard Business Review, Nov-Dec, pp. 101-109.
- Garvin, D A**, (1988), "Managing Quality: The Strategic and Competitive Edge", The free Press, A Division of McMillan Inc, New York.
- Grant E. L and Leavenworth, R. S.**, (1999), 'Statistical Quality Control', 7<sup>th</sup> Edition, Mc Graw Hill, Boston.
- Green, F. B.**, (2006), 'Six-Sigma and the revival of TQM', Total quality Management & Business Excellence, Vol. 17, N. 10, December, pp. 1281-1286
- Groebner, D. F., Shannon, P. W., Fry, P. C. and Smith, K. D.**, (2005), 'Business Statistics – A Decision making approach', Pearson Education International, Prentice Hall, New York.
- Gijo, E V and Perumallu, P. K.**, (2003), 'Quality Improvement by reducing variation : A case study', TQM & Business Excellence, Vol. 14, N. 9, Nov. , pp. 1023-1031.
- GOAL/QPC Research**. (2001), "The Seven Quality Control Tools (7QC)," Retrieved from Internet : <http://www.goalqpc.com/RESEARCH/7qc.html>

- Gunther, J., Hawkins, F.** (1999). Making TQM work: Quality tools for human service organizations. New York: Springer Publishing Company.
- Henderson, Robin** (2011), "Six Sigma Quality Improvement with Minitab", Wiley, (2<sup>nd</sup> ed)
- Herrman, T.** (2002), 'Statistical Process Control : Techniques for Feed Manufacturing', Kansas State University, Downloaded from : <http://www.oznet.ksu.edu>
- Hunter, W, O'Neil, J and Wallen, C.**, (1986), "Doing More with Less in the Public Sector: A Progress Report from Madison Wisconsin", Report 13, Center for Quality and Productivity Improvement , University of Wisconsin Madison, December. Retrieved from internet at:  
<http://www.engr.wisc.edu/centers/cppi/reports.html>
- Ishikawa, K.**, (1972), "Quality Control starts and ends up with Education", Quality Progress, Vol. 5, N. 8, p. 18.
- Ishikawa, K.**, (1982), "Guide to Quality Control", Asian Productivity Organization, UNIPUB, New York, N. Y.
- Johson, G and Baum, P.** (2004), 'A statistical Model to Analyze time to graduate', Journal of Education for Business, Issue July/August, pp. 344-347.
- Juran, J. M. and Godfrey, A. B.**, (2000), "Juran's Quality Handbook", 5<sup>th</sup> Edition, Mc Graw Hill, Singapore.
- Keller, G. and Warra, B.**, (2003), "Statistics for Management and Economics", 6<sup>th</sup> Edition, Brooks/Cole, Thomson Learning Inc., New York.
- Lee, P. H and Yum, B. J.**, (2003), 'Multi-characteristics parameter design: A desirability function approach based on process capability indices', International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering, Vol. 10, N. 4, pp. 445-461.
- Leigh, David**, (1993), "Total Quality Management : Training Module on Statistical Process Control", Temple Junior College, Texas, USA.
- Levine, David** (2006), "Statistics for Six Sigma Green Belts with Minitab and JMP", Pearson, London.
- Maguad, B.A.**, (2006), "The Modern Quality Movement: Origines, Development and Trends", Total Quality Management, Vol. 17, N. 2, pp. 179-203, March.

- Marks, N. B. and O'Connell, T.**, (2003), 'Using statistical Control Charts to analyze data from student evaluations of teaching', Decision Science Journal of Innovative Education, Vol. 1, N. 2, pp. 259-272.
- Meirovich, G.** (2006), "Quality of Design and Quality of Performance : Contingency and synergistic approaches", Total Quality Management, Vol. 17, N. 2, pp. 205-219, March.
- Messaoud, A.**, (2006), "Monitoring Strategies for Chatter detection in a drilling process", Doctoral Thesis, University of Dortmund, Germany.
- Montgomery, D.** (2004), 'Introduction to statistical quality control', 5<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons, New Jersey.
- Mukhopadhyay, C and Nataraja, H. S.**, (2004), 'Improvement of Piston Ring Quality : A case study', Total Quality Management Journal, Volume 15, N. 1, pp.105-125.
- Nankana, A. N.**, (2005), "The Seven Magnificent: Simple, Quick and Cost Effective Tools for Continuous Improvement", New Age International Publishers, India.
- Neil, H and Paul, W**, (1994), "Towards better understanding of Quality", International Journal of Quality and Reliability Management, vol. 2 (4), pp.53-63.
- Pande, R. S, Newman, R.P. and Carangah, P.R.**, (2000), "The six sigma way – How GE, Motorola and other top companies are honing their performance", McGraw Hill, New York.
- Parasuraman, A, Zeithaml, V.A and Berry, L.L**, (1988), "SERVQUAL: A multiple item scale for measuring consumer perception for service quality", Journal of Reliability, Vol. 64 (4), pp. 12-40.
- Shewart, W. A.**, (1931), "Economic Control of Quality Product", New York
- Taguchi, G.** (2005), Taguchi's Quality Engineering Handbook, John Willey and Sons, US.
- Tim, S.**, (2005), "Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement using cases", Eseiler Butterworth-Heinemam, Oxford, The United Kingdom.
- Woodall, W. H.**, (2000), 'Controversies and Contradictions in statistical process control', Journal of Quality Technology, Vol. 32, N. 4, Oct., pp. 341-350.

- Zairi, M. and Idris, M.** (2006), "Sustaining TQM: A Synthesis of Literature and Proposed Research Framework", *Total Quality Management*, Vol. 17, No. 9, 1245–1260, November.
- Zairi et al.** (2010): "Key Enablers for the Effective Implementation of QFD – Acritical Analysis", Research Paper: ECBPM/0031, The European Center for Best Practice Management.
- Zairi, M.**, (2011), *Excellence Demystified: 121 Ways*, ECBPM Publishing House House, U.K.

