الفصل الرابع

ظاهرة التباين (الاختلاف) الطبيعي
Normal Variation Phenomena

4.1. مقدمة Introduction

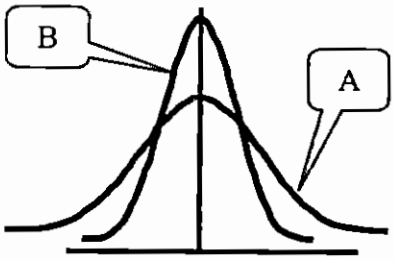
إن ظاهرة التباين والاختلاف سنة من سنن الكون، فلا تكاد ترى شيئين إلا وجدت بينهما اختلافا ما، اختلاف فى الشكل أو الأبعاد أو الحجم أو المضمون أو الخواص، وقد يكون هذا الاختلاف بيناً ظاهراً تارة، أو هيناً مستتراً تارة أخرى، لكن وبكل تأكيد هذا الاختلاف أو التباين Variationموجود، حتى فى التوائم يوجد الكثير من الاختلافات، حتى فى أكثر آلات الإنتاج دقة وتطوراً يوجد اختلاف فيما تنتجه هذه الآلات، إن الفروق الفردية قد تكون بسيطة أو طفيفة، أو غير ملحوظة وقد لا يمكن قياسها أو ملاحظتها فى بعض الحالات، ولكنها موجودة يقينا وستظل موجودة، و لقد ساهم العلم الحديث بأدوات القياس والمراقبة والتحليل الحديثة بما لا يدع مجالا للشك فى تقبل ظاهرة الاختلاف والتغير.

ويوجد العديد من المواقف التى تدعم فكرة الاختلاف بين الأشياء التى يتم إنتاجها حتى وإن كانت من نفس خط الإنتاج ومن نفس الماكينة، أو الخدمات التى يتم تقديمها بنفس الأشخاص وبنفس الإجراءات ومن هذه الأمثلة ما يلى:

- كم مرة صنعت لنفسك كوباً من الشاى أو فنجاناً من القهوة؟ هل وجدت نفس الطعم والمذاق فى كل مرة؟
- كم مرة قمت بركن سيارتك فى الجراج؟ هل فى كل مرة يتم ركنها فى نفس البقعة؟
- كم مرة دخلت مطعما يقدم الوجبات الجاهزة؟ هل فى كل مرة تجد نفس الخدمة المميزة أو نفس المذاق لنفس الطعام فى كل مرة؟
- كم مرة حاولت الوصول إلى مقر عملك فى نفس التوقيت؟ هل فى كل مرة تصل فى نفس الميعاد؟
- كم مرة اشتريت حذاءً من نفس المقاس ووجدته مريحاً؟
- كم مرة زرت خياطك المفضل وقمت بتفصيل بدلة أنيقة؟ هل فى كل مرة تكون راضياً عن البدلة بعد لبسها؟

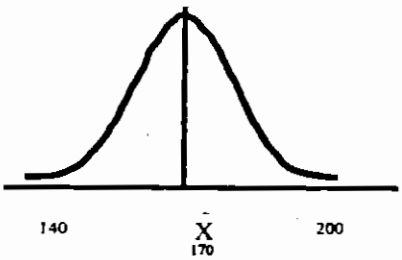
الإجابة على كل التساؤلات السابقة هى بالنفى، أى فى كل مرة، و برغم التكرار يحدث اختلاف، أحياناً لا نعرف سبب هذا الاختلاف وأحياناً تكون أسبابه ظاهرة جلية، لكن فى كل الحالات فإن الاختلاف أو التباين Variation موجود وحتمى، وهدفنا مكافحته ومحاولة تقليله أو القضاء علي أسبابه.

وبعد أن أوضحنا حتمية وجود هذا التباين وهذا الاختلاف وهذا التباين Variation فسوف نتناول في الصفحات القليلة القادمة كيف يمكننا تقييم هذا التباين في العمليات المختلفة، وكيف يمكننا الإستفادة من ذلك في الحكم على مدى جودة عملية ما.



شكل رقم 4-1 شكل توزيع العينة

وعموما فإن توزيع العينة كما في شكل 4-1 سيكون هو المؤشر المبدئي لتحديد قيمة أو مدي التباين الذي يمكن أن يوجد أو أن يحدث في العملية المقاسة، فكلما كان مدي التباين كبيرا كان شكل المنحني مفلطحا كما في المنحنى A من الشكل 4-1، وكلما كان مدي التباين في العملية المقاسة قليلا كان شكل المنحني ضيقا كما في المنحنى B، و بالتالي فإن العملية الممثلة بالمنحنى B أفضل من تلك الممثلة بالمنحنى A.



شكل رقم4-2 منحنى توزيع أطوال عينة من الأشخاص

فبفرض أن لدينا عددا كبيرا من الأشخاص في منطقة ما، وقمنا بقياس أطوال مجموعة كبيرة من هؤلاء الأشخاص عن طريق عينة، وقمنا برسم قيم هذه العينة فسوف نحصل على ما نطلق عليه منحنى التوزيع الطبيعي Normal distribution كما هو موضح بالشكل 4-2 (يرجى مراجعة الفصل الثاني عشر في هذا الكتاب تحت عنوان التوزيعات الاحتمالية)

وهو الأساس التي بنيت عليه معظم نظريات التحليل الإحصائي Statistical analysis - وسوف نجد في أغلب الأحوال أن أطوال هؤلاء الأشخاص تتراوح مثلا بين 140 سم إلي 200 سم وسيكون متوسط الأطوال هو تقريبا 170 سم، أي:

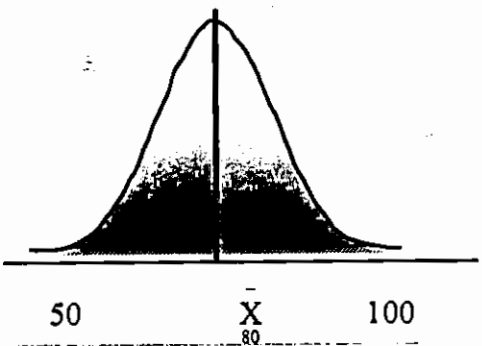
$$\left(\bar{x}\right)=\frac{140+.....+200}{n}\approx 170$$

حيث $(\bar{X})$ هي المتوسط وهي قيمة اعتبارية قد لا يكون لها وجود حقيقي في قيم العينة، وحيث n هي عدد أفراد العينة التي تم قياسها.(يرجى مراجعة عرض البيانات بالمقاييس الرقمية الو صفية Data Summary Using Descriptive Measures في الفصل الحادى عشر من هذا الكتاب).

كذلك لو قمنا بوزن أفراد العينة السابقة وقمنا بتوقيع قيم هذه الأوزان فسوف نجد أن متوسط الأوزان لهذه العينة مثلا هي 80 كيلوجرام

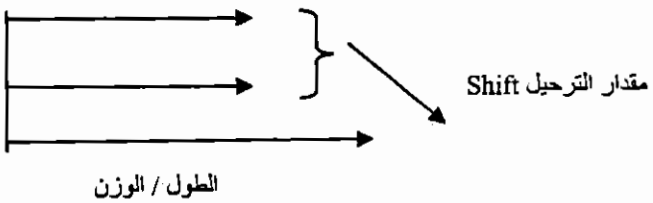
$$\left(\bar{x}\right) = \frac{100 + \ldots\ldots + 50}{n} \approx 80$$

وسنجد أن معظم باقي هذه الأوزان ينحصرفي المدى من 50 كجم إلي 100 كجم، كما هو موضح بالشكل4-3.



شكل رقم4-3 منحنى توزيع أوزان عينة من الأشخاص

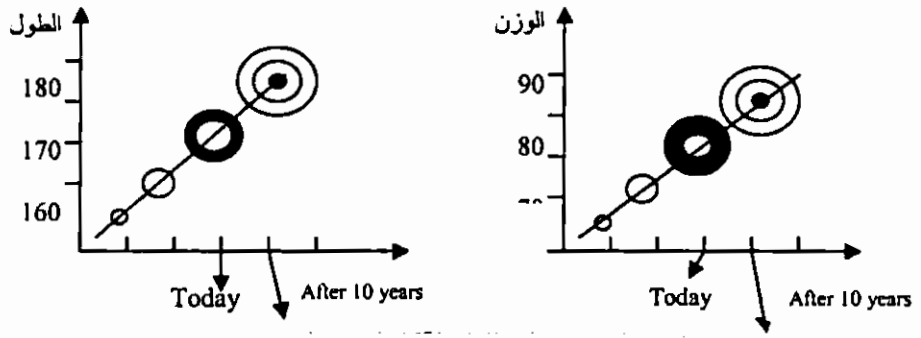
وإذا تصورنا أن لدينا بيانات تاريخية Historical data تشيرإلى أنه منذ عشرة سنوات مثلاً كان متوسط الأطوال هو 160 سم وأن متوسط الأوزان كان 75 كجم، وبمقارنة هذه القيم بالقيم التي قمنا بحسابها مؤخرا فإنه يمكننا استنتاج أن متوسط الطول والوزن يتغير بالزيادة بمرور الوقت، وحينئذ تقول أنه قد حدث تباين أو ترحيل أو Shift لكل من الوزن والطول كما فى الشكل 4-4.



شكل رقم 4-4 ترحيل كل من الوزن والطول فى اتجاه الزيادة

أما إذا كان لدينا بيانات تاريخية Historical data أخري منذ 20 سنة وكان متوسط الأطوال مثلا 150 سم وكان متوسط الأوزان 70 كم فإن ذلك يؤكد حدوث اختلاف أو تغيرVariation أو ترحيل Shift بالزيادة لكل من الطول والوزن بمرور الوقت، وبالتالي

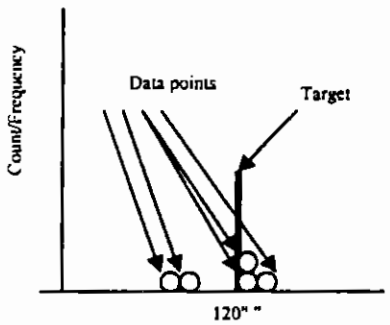
يمكن توقع متوسط كل من الطول والوزن لمدة عشرة سنوات قادمة مثلا كما بالشكل 4-5، وذلك بافتراض ثبات عناصر التأثير الأخرى.



شكل رقم4-5 التنبؤ بالقيم المستقبلية

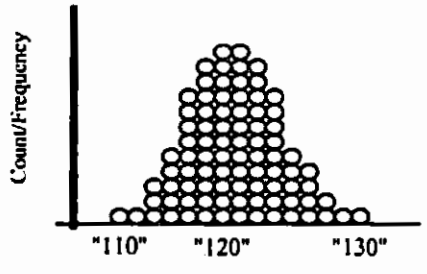
مثال رقم 4 -1

إذا كان لدينا عملية معينة ولنفترض أنها مصنع دواء، ونريد تحديد مدي دقة و جودة تعبئة زجاجات لمستحضر وزن زجاجاته المفروض أن تكون 120 جراما، وسوف يتطلب ذلك ان نقوم بأخذ عينة من نهاية خط الإنتاج وستقوم بوزنها، فنجد أن قيمتها أقل من أو أكبر من 120 جرام، وبتمثيل ذلك يظهر الشكل 4-6 والذى تلاحظ منه أن هناك قيما للعينات أكبر وزنا من القيمة الهدف 120 جراما، وكذلك قيما لتلك العينات أقل وزنا من القيمة الهدف، وسنجد أن الحصول على قيم تساوى القيمة المنشودة Target تماما هى عملية صعبة.



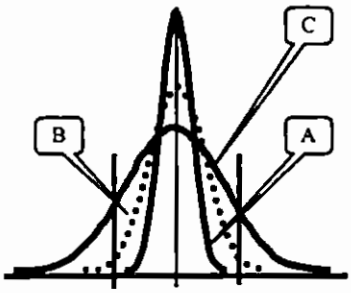
شكل رقم4-6 تمثيل لجزء بسيط عينات المثال 4-1

وسنجد كذلك أن أخذ عينة واحدة من نهاية خط الإنتاج لن يعبر كليا عن دقة خط الإنتاج، ولذا سنحاول مزيدا من الدقة، وذلك بزيادة عدد العينات كما فى شكل 4-6 ، ولكننا أيضا سنجد أن وزن العينات سيتراوح قيمته حول 120 جرام، والتي نسميها الهدف Target، لكن برغم ذلك فإن قدرتنا علي الحكم علي جودة العملية زادت عن ذى قبل ، أي أنه بزيادة عدد العينات المأخوذة يمكننا الحكم بدقة أكثر علي حالة العملية.



شكل رقم4-7 تمثيل لجزء أكبر من العينات

ومن هذا المنطلق، لو أمكننا زيادة عدد العينات الموزونة كما بالشكل 4-7 فسنجد قيما كثيرة أكبر من القيمة الهدف و قيما كثيرة أقل منه الهدف ، وسنجد أنه كلما ابتعدنا عن الهدف كلما قل عدد و تكرار العينات، وسنجد أن هناك قيما عظمي للوزن، وأخرى صغري له، وأن الفرق بين أكبر قيمة وأصغر قيمة لوزن العينات هو ما يطلق عليه المدى Range، أي مدي التباين الحادث فى العينات، وهو أهم ما يعنينا لتقييم جودة ودقة العملية المراد تقييمها، وسنجد أن معظم أوزان العينات سيكون أقل بقليل أو أكثر بقليل من الوزن الهدف، ويمكن أن نستنتج من شكل توزيع الأوزان أنه كلما زاد الفرق بين أكبر قيمة وأقل قيمة أي كلما زاد المدى ، كلما كانت العملية غير سليمة وغير جيدة، والعكس صحيح أي أنه كلما كان المدى ضيقا كانت العملية سليمة وجيدة، وعلى ذلك يمكننا استنتاج أن العملية ذات التوزيع العريض و المفلطحة تكون سيئة، وبتطبيق ذلك علي الشكل 4-8 نجد أن العملية "C " هي الأكثر تشتتا و الأكثر تفلطحا أي الأسوأ، أما العملية "B " فهي أقل تشتتا فهي أفضل من العملية "C " وكذلك العملية "A " أفضل من كل من العمليتين "B " و "C".



شكل رقم4-8 توزيعات لعمليات مختلفة

وإذا كان الأمر كذلك ، فإنه يمكننا من خلال دراسة التباين قياس و تحديد ما إذا كانت العملية سيئة أم لا ؟ ويتم ذلك من خلال عدة خطوات كما يلي:

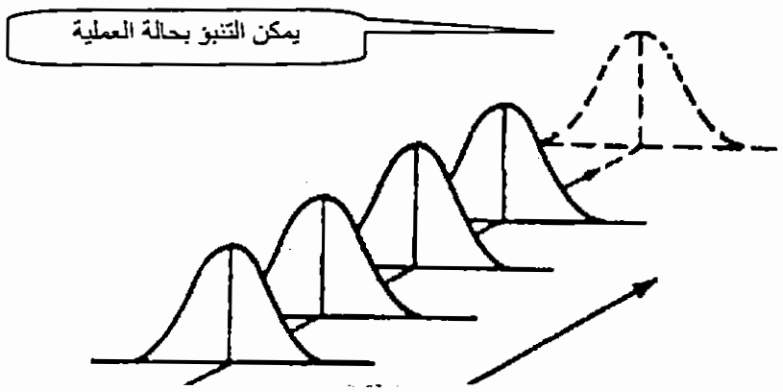
- نأخذ عينات من العملية ثم نقوم برسمها علي منحني التوزيع و كلما زاد عدد العينات كلما كانت معبرة بصدق عن العملية، ولو أمكننا قياس كل مخرجات العملية لكان ذلك أصدقُ تعبيراً عنها، ولكن لصعوبة ذلك عملياً في بعض الحالات فإننا نلجأ إلي أخذ العينات، و بعد أن نرسم منحني التوزيع للعينات نحسب منه المدى لتحديد مدى تشتت البيانات، و نحسب كذلك متوسط القراءات (متوسط القراءات = مجموع القراءات مقسوما علي عدد القراءات).
- ثم نكرر هذه الخطوة بعد فترة من الزمن، أي نأخذ نفس عدد العينات ثم نقوم برسم منحني جديد، ثم نحسب المدى والمتوسط.
- نقارن المدى الجديد بالقديم فلو زاد كان ذلك مؤشرا على أن العملية تسوء والعكس صحيح.
- بعد حساب المتوسط يجب أن تكون قيمته قريبة من الهدف ، ويدل ابتعاد قيمة المتوسط عن قيمة الهدف علي وجود ترحيل أو تباين في العملية.

(سنتعرض لهذا الموضوع بمزيد من التفاصيل فى الفصل السابع تحت عنوان مقدرة العملية ومستوى الجودة Process Capability).

4.2. مصادر التباين Process Variation Sources

مرة أخرى نؤكد أن أي عملية سيكون فيها جيود أو تغيير عما صممت من أجله، أي سيحدث بها خلل و تغيير عن المواصفات Specification، أو عن متطلبات العميل وتوقعاته Customer Requirement and Expectation، والتحدي الحقيقي لأي من جهود التحسين هو تقليل أو ملء هذه الفجوة Filling the Gap، وعموما يوجد نوعان من أسباب حدوث هذا الخلل وبالتالي التغير، ومن ثم الفجوة وهما كما يلي:

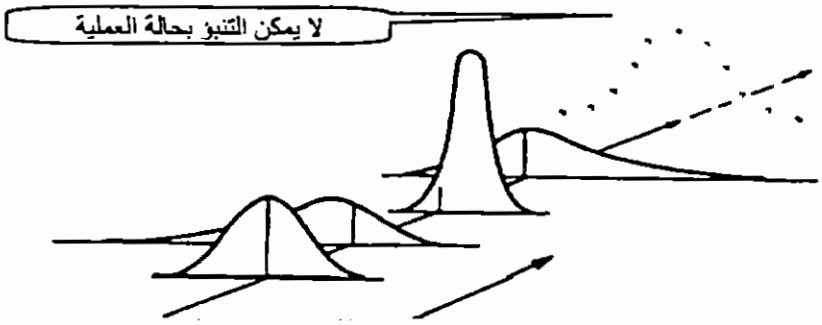
1- الأسباب (المؤثرات) العامة Common causes أو الضوضاء Noise وهى تغيرات حتمية ناتجة عن أسباب موجودة بطبيعتها في العملية، ومعنى ذلك أنه يوجد خلل مقبول، يؤدى لتغيير مقبول، يؤدى إلى فجوة مقبولة نتيجة تصميم العملية Process Design، وفى هذه الحالة نقول أنه بالرغم من وجود التغير Variation فإن العملية تكون متزنة Stable ومعنى أنها متزنة Stable ، أنه يمكن التنبؤ بأدائها Predictable، ولأن نتائجها مقبولة وتقع في المدى بين القيمة العظمى للمواصفات Upper Specification Limit USL وبين القيمة الصغرى للمواصفات Lower Specification Limit LSL، فيقال أنها قادرة Capable لأنها قادرة على الوفاء بمتطلبات العميل، أو بمواصفات التصميم، وأحد طرق تحسين هذه العملية هو بإعادة تصميمها ومحاولة تقليل تفلطح شكل التوزيع أو تغييرها تماما، وغالبا فإن تحسينات هذا النوع هي مسئولية الإدارة Management، ويتم تحديد هذا النوع كما سنعرف عند تناول موضوع خرائط التحكم Control Chartsمن خلال البيانات قصيرة المدى Short term data ، وذلك حتى نتأكد أننا لم ندخل عوامل أخرى قد تساهم في حدوث التغير Variation، مثل تباين المناوبة (الوردية)، أو تباين المواد والمهمات، أو تباين درجات الحرارة، أي الهدف عزل أي مؤثر خارجي وبالتالي يكون أي تباين Variation ناتج فقط من العملية، وكما يتضح من شكل 4-9، فإنه يمكننا التنبؤ بسلوك وحالة العملية مستقبلا وبمرور الزمن.



شكل رقم4-9 نموذج الأسباب (المؤثرات) العامة.

(John S. Oakland)

2- الأسباب (المؤثرات) الخاصة Special-Causes أوالإشارات Signals وهي تغييرات ناتجة عن أسباب خارجية ومختلفة ولا تحمل خصائص العملية نفسها، وبالتالي تصبح عملية توقع سلوك العملية مهمة صعبة جدا، ولذا فإنه لا يمكن التنبؤ بأدائها Unpredictable، وفى هذا النوع نجد أنه يحدث ترحيل المتوسط Mean إما بالزيادة، أو بالنقصان عن قيمة هدف العملية Process Target ، وهذا يعنى خروج العملية عن الحدود الدنيا والقصوى LSL & USL، وبالتالي فهي غير متزنة Unstable لأن المتوسط يتغير، و لا يمكن التنبؤ بأدائها Unpredictable لأننا لا نعرف الى أية جهة سيتحرك المتوسط ، فهو يتغير بالزيادة تارة وبالنقصان أخرى، فلا نستطيع التنبؤ به، وهى كذلك غير قادرة Not Capable لوجود مخرجات ونتائج غير مقبولة، ولتحسين هذه العملية فإنه يلزم إعطاء سلطة وصلاحية لعمل ضبط لمدخلات العملية Process Inputs، مثل التعامل مع مورد واحد مثلا، أو تثبيت العمالة فى وظائف محددة لفترات طويلة، وتحسين هذا النوع هي مسئولية الأشخاص المنفذون و القائمون على العملية، ويتم تحديد هذا النوع من أسباب التباين من خلال بيانات المدى الطويل Long term data، حتى نتأكد أننا أخذنا كل العوامل التي قد تساهم في إحداث هذا التباين ، مثل تباين الوردية أو تباين المواد الداخلة أو تباين درجات الحرارة، أو عدم انتظام عمليات الصيانة، أي أن الهدف هو مراقبة كل المؤثرات الخارجية، والشكل 4-10 يوضح أنه يصعب علينا التنبؤ بسلوك وحالة تلك العملية مستقبلا وبمرور الزمن.



شكل رقم4-10 نموذج الأسباب (المؤثرات) الخاصة.

(John S. Oakland)

وفى هذا المجال يؤكد الدكتور إدوارد ديمينج (يعتبر ديمينج من رواد تطوير أنظمة الجودة بالشركات، وله أياد بيضاء في مجال تحسين أداء الشركات اليابانية) على أن الأسباب العامة Common Cause هى سبب مباشر لنسبة كبيرة من 80% إلى 95% من مشاكل الجودة، وبالتالي فإن مسئولية التحسين تقع على عاتق الإدارة Management، والنسبة الباقية من 5% إلى 20% فترجع إلى الأسباب الخاصة Special Causes Variation، ومسئولية تحديدها ومعالجتها هي مسئولية الأشخاص المنفذون و القائمون على العملية ، ويتم ذلك من خلال تقنيات التحكم الإحصائى للعمليات Statistical Process Control SPC كما سنعرف فيما بعد عند الحديث عن هذا الموضوع فى الفصل الخامس من هذا الكتاب.

والجدول 4-1 يعرض الفروق بين كل من الأسباب العامة Common causes والأسباب الخاصة Special Causes:

جدول رقم 4- 1 الفروق بين الأسباب العامة والخاصة

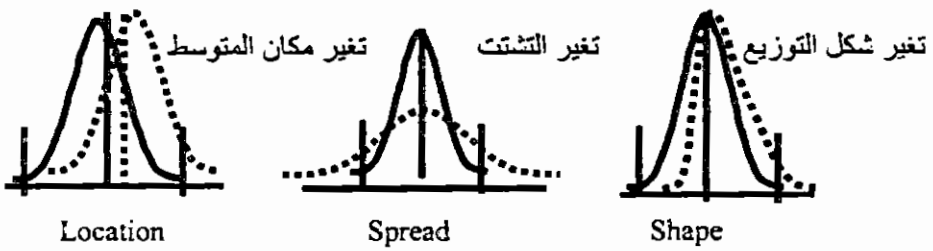
Common Causes اسباب عامة	Special Causes اسباب خاصة	
Change in Process Variation تظهر فى تقلطح المنحنى	Mean shifting تظهر فى ترحيل المتوسط	Pattern الشكل
Constant and continuous ثابتة ومستمرة	Sudden فجائية	Effect التاثير
Large كبيرة	Small بسيطة	Quantity الكمية
80-95%	5-20%	Percentage النسبة
Management الإدارة	Performer التنفيذيون	Who is responsible من المسئول
Redesign & modification تعديل و إعادة تصميم العمليات	Settings تغيير قيم المدخلات	How to improve كيف يتم التحسين
Six Sigma projects مشروعات التحسين المستمر	Quick (easy) wins أدوات الإدارة	Improvement وسائل التحسين

وعند البحث عن الأسباب السابق الإشارة إليها فإننا نبحث فى كل من 5M's و5P's، حيث إن 5M's والتي هي اختصار الحروف الأولى من الكلمات التالية، الموارد البشرية Manpower و الآلات Machine و المواد الخام أو المدخلات Material و طرق الإنتاج Method و القياسات Measurement، وتتواجد فى شركات الإنتاج ويضاف إليها فى بعض الأوقات Environment، أما 5P's والتي هي اختصار الحروف الأولى من الكلمات التالية الموارد البشرية People ووسائل وتقنيات تقديم الخدمة Provisions أو Parts و مطالب العملاء أو المدخلات Patrons و طرق تقديم الخدمة Procedures وتتواجد فى شركات تقديم الخدمات ويضاف إليها فى بعض الأوقات سياسة الشركة Policy.

4.3. تحليل مصادر التباين Variation Sources Analysis

وكما ذكرنا فى الصفحات القليلة السابقة فهناك نوعان من أسباب التباين هما الأسباب العامة ، و الأسباب الخاصة ، ولكي نتمكن من ملاحظة وتحديد هذا التباين وتقليله، فإنه ينبغي قياس مخرجات العملية، ثم تحديد مكمن و مصدر وسبب حدوث هذا التباين ، هل هى أسباب خاصة ؟ أم أنها أسباب عامة ؟

ويتم هذا التحديد بعد رسم المنحنى الممثل لأداء العملية ، ثم بحث ودراسة عدة نقاط رئيسية نستطيع من خلالها كشف النقاب عن نوع أسباب التباين ، والشكل 4-11 يعرض ثلاثة نماذج يمكن الحصول عليها عند تمثيل بيانات أى عملية، وفيما يلى شرح لهذه النماذج:

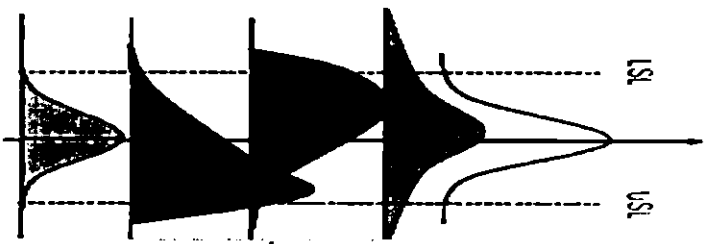


شكل رقم4-11 نماذج مختلفة للشكل الذى يمكن الحصول عليه عند تمثيل البيانات

1- نموذج شكل التوزيع Shape، يخبرنا عما إذا كانت العملية تتبع التوزيع الطبيعي أم لا، لأن شكل التوزيع سيحدد إلى درجة كبيرة طريقة التناول والدراسة والمعالجة، وكما ذكرنا سابقا فإن هدف منهجية التحسين Six Sigma هو التأكد من أن المتوسط أقرب ما يكون للهدف ، وأن التباين أقل ما يمكن، وبعبارة أخرى فإن هدف منهجية التحسين Six Sigma هو تقليل كل من التباين والتشتت أي Minimizing Both Shift and Spread.

2- إذا ظهر نموذج التشتت spread، فإن ذلك يعنى وجود تباين كبير، وهذا أيضا يؤدى إلى زيادة حجم المساحة تحت المنحنى وخارج المواصفات (أي زيادة المساحة الغير مقبولة)، ويكون دليل قاطع على أن السبب في هذه الحالة هى الأسباب العامة Common Cause.

3- ظهور كل من ترحيل لمكان التوسط مع التشتت فى مخرجات العملية فى آن واحد ، يكون دليلا على وجود كلا من الأسباب الخاصة Special Causes والأسباب العامة Common causes، ويوضح ذلك الشكل 4-12.



شكل رقم4-12 وجود كلا من الأسباب الخاصة و العامة

4- إذا ظهر ترحيل للمتوسط فإن ذلك يؤدى إلى زيادة العيوب في مخرجات العملية وذلك لزيادة حجم المساحة تحت المنحنى وخارج المواصفات (أي زيادة المساحة الغير مقبولة) ويكون السبب في هذه الحالة هى الأسباب الخاصة Special Causes.

5- ظهور الترحيل المفاجئ والمنتظم للمتوسط يكون دليلا على وجود الأسباب الخاصة Special Causes.

6- إذا كان المتوسط قريب من الهدف ويوجد تشتت، دل ذلك على وجود الأسباب العامة ، وفى هذه الحالة قد تكون العملية تحت السيطرة Process Under Control، وتكون في حالة اتزان Stability وكذلك يمكن التنبؤ بسلوكها Predicable ومع ذلك فهي سيئة.

7- إذا كانت العملية تحتوى على الأسباب الخاصة نجد أن المتوسط يتحرك ويتأرجح حول الهدف ، وعليه فالعملية تكون خارج نطاق السيطرة Out of control، وتكون غير مستقرة وغير متزنة Unstable ولا يمكن التنبؤ بأدائها أو بسلوكها أى تكون Unpredictable.

8- يقال العملية أنها في حالة تحكم إحصائى Statistical Control عندما يكون التباين في العملية في الحدود المسموح بها (كما سيتضح من رسم خرائط التحكم Control Chart كما سيأتي في الفصل الخامس من هذا الكتاب) وعندما يكون المتوسط قريب من الهدف.

9- يتم تحسين العملية التي تحتوى على الأسباب العامة Common Causes من خلال التطوير وإعادة التصميم Design and Improvement ويكون ذلك من خلال الإدارة Management.

10-يتم التحسين في العملية التي تحتوى على الأسباب الخاصة من خلال ضبط للمدخلات Settings، ويكون ذلك من خلال العمالة التنفيذية القائمة على العملية Process Performer.

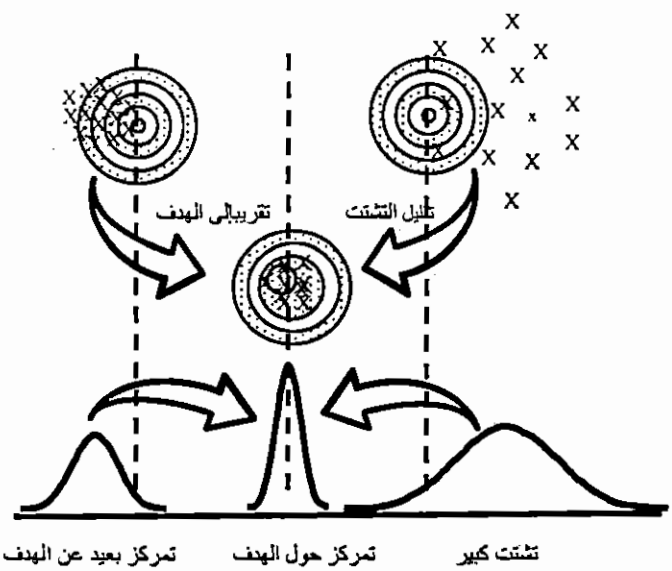
4.4. استراتيجية إدارة التباين Strategy for Variation Management

تعتمد استراتيجية التعامل مع التباين على مرحلتين هامتين هما من أهداف منهجية التحسين Six sigma وهما :

أولا: تقريب المتوسط Mean من الهدف Target.

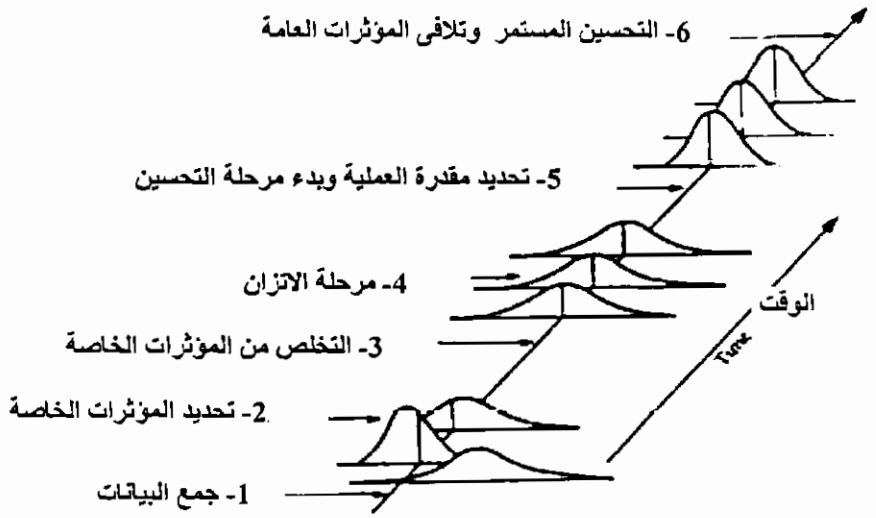
ثانيا: تقليل التشتت و الاختلاف و التباين Variability.

وهذا ما يعرضه الشكل 4-13 :



شكل رقم 4-13 أهداف منهجية التحسين Six sigma "للمؤلف"

وإذا لم نتمكن من تحقيق هذين الهدفين فإن الحل يكون فى إعادة تصميم العملية Process re-design أو إعادة هندسة العملية Process re-engineering.



شكل رقم 4-14 استراتيجية التعامل مع عملية التباين والترحيل
(John S. Oakland ، المؤلف)

أما الشكل 4-14 فيعرض استراتيجية التعامل مع عملية التباين والترحيل من خلال ست خطوات تفصيلية وهى:

1- جمع البيانات وتنقيتها ورسم الهستوجرام، أو تمثيل البيانات بأى طريقة مناسبة (يرجى مراجعة الفصل الحادى عشر تحت عنوان تلخيص وعرض البيانات)، وبرسم خرائط التحكم Control Charts.

2- تفسير الهستوجرام وخرائط التحكم وبحث ظهور المؤثرات الخاصة من عدمه.

3- تحليل أسباب ظهور المؤثرات الخاصة والتخلص منها إن وجدت.

4- الوصول إلى مرحلة الإتزان والتى تكون فيها العملية فى حالة تحكم إحصائى In Control وهى المرحلة التى يمكن فيها التنبؤ بأداء العملية أى تكون Predictable.

5- تحديد وحساب مقدرة العملية لمعرفة موقفها ومستواها الحالى، وتقدير المستوى المطلوب الوصول إليه، وهذا ما نطلق عليه تقييم وتحليل الثغرة Gap Analysis وهذا مهم جدا قبل بدء عملية التحسين.

6- التحسين الدورى والمنتظم والمستمر للتخلص أو للحد من وجود الأسباب والمؤثرات العامة.

4.5. التناظر بين ظاهرتي التباين والزلازل Variation and Earthquakes Analogy

لو تخيلنا أن الأرض تناظر العملية وأن ما يحدث للأرض من زلازل يشبه ما يحدث للعملية من اضطراب، وأن مقياس الزلازل هو ريختر وأن مقياس اضطراب العملية هو السيجما Sigma فإن ذلك سوف يساعد في توضيح وقبول فكرة التغير.

كيف يحدث الزلزال ؟

نعلم جميعاً أن الكرة الأرضية تتكون من طبقات عديدة تبدأ بكرة من السائل الملتهب في مركز الكرة الأرضية، يليها طبقات مختلفة اللزوجة تنتهي بقشرة تسبح فوق طبقة شبه صلبة، وهى القشرة الأرضية ونحن نعيش عليها، وهذه القشرة ليست قطعة واحدة وإنما هي أجزاء متجاورة، وهى في حركة دائمة.

وعلى هذا فهناك عدة احتمالات لحدوث الزلزال كما يلى:

- الاحتمال الأول: عند وجود قشرتان متجاورتان تتحركان في اتجاهين متضادين فإن الزلزال يحدث عند اصطدام القشرتين، وتعتمد قوة الزلزال حينئذ على سرعة و كتلة هاتين القشرتين.
- الاحتمال الثانى: إذا كان اتجاه حركة القشرتين في اتجاه واحد وكانت سرعتهما واحدة فلن يحدث الزلزال، ولكن إذا اختلفت السرعتان فلا محالة سيحدث الاصطدام ويحدث الزلزال، ويعتمد توقيت وقوة هذا الزلزال على السرعة النسبية بين القشرتين وكتليتهما.
- الاحتمال الثالث: وهو حدوث الزلزال لقشرة تتحرك بمفردها، وكما أشرنا فإن القشرة تتحرك على طبقة شبه صلبة فإذا كانت هذه الطبقة غير متجانسة في تركيبها وفى لزوجتها فإن حركة القشرة ستكون غير منتظمة أي أن سرعتها تتباين، وفى لحظة التغيير هذه تحدث الهزات الأرضية الخفيفة، وإذا كان هذا التباين في السرعة كبير فإن قوة الهزة ستكون عنيفة وبالتالي يكون قوة الزلزال كبيرة.

ولو تخيلنا للحظة أن لدنيا مبنى يتحمل الهزات حتى أربعة ريختر (تقاس قوة الهزات الأرضية بريختر)، فإننا نقول أن المبنى متزن وإذا تحمل هزة قدرها 6 ريختر مثلا، فنقول أنه أكثر اتزانا وأكثر تحملا للهزات وللمؤثرات الخارجية.

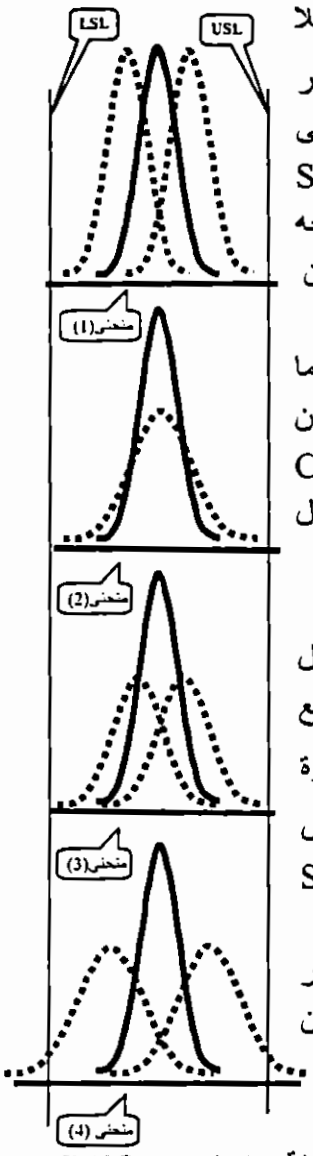
وبعمل تناظر بين القشرة وبين العملية يمكن صياغة النتائج كما في جدول رقم 4-2

جدول رقم 4- 2 التناظر بين القشرة الأرضية و العمليات

القشرة	Process
تركيب وتماسك القشرة	تسلسل وتماسك Process
كتلة وحجم القشرة	حجم Process
حركة القشرة	عمليات الإنتاج او تقديم الخدمات
استقرار القشرة وما عليها من مبان	استقرار Process
حتمية وجود هزات	حتمية وجود انحراف وتغير
حدوث هزة للقشرة	حدوث Shift او زيادة التغير Variability
الطبقة التي تتحرك عليها القشرة	العوامل المحيطة بProcess
قدرة الطبقة على تحمل الهزات	قدرة تحمل العملية Process لتغير العوامل المحيطة بها
قياس قوة الهزة بالريختر	قياس جودة العملية Process بالإنحراف المعياري او بالسيجما
توجد طرق لتفسير أسباب الهزات	توجد خرائط Charts لتفسير أسباب انحراف Process
حتى الآن لا توجد طرق فعالة للتنبؤ بالهزات الأرضية والزلازل	توجد خرائط Charts للتنبؤ بانحراف Process
يوجد تصميمات للتغلب على الهزات قبل حدوثها (تصميمات قوية مقاومة للزلازل)	توجد وسائل لخلق عملية قوية منهجية التحسين Design for Six Sigma DFSS
توجد خطط لمجابهة نتائج الهزات ولكن بعد حدوثها	توجد طرق لتقليل إمكانية حدوث الانحرافات ، ولكن قبل حدوثها مثل Control Charts

وحيث إن الكرة الأرضية في حالة حركة دائمة، واهتزازات بسيطة مستمرة فإنه يمكننا الاقتناع والتسليم بحتمية وجود هزات للقشرة الأرضية، وأنه يجب التعايش معها، وبنفس المنطق يمكننا أن نسلم بحتمية وجود انحرافات وتغيرات في العمليات Process، ولكن المهم هنا هو أن تكون هذه الانحرافات والتغيرات في الحدود المسموح بها، أما إذا زادت هذه الانحرافات عن الحدود المسموح بها فسيحدث الزلزال وتخرج العملية عن السيطرة والتحكم، وقد يصبح الوضع مأساويا.

وبفرض أن لدينا أحد المباني المقامة في منطقة زلازل، وأن هذا المبنى يتحمل هزات أرضية بقوة 2 ريختر مثلا، فإن ذلك يناظره ما يلي:



شكل رقم 4-15 الحالات المختلفة لتأثر العملية بالأسباب

1- وجود عملية تتحمل حدوث ترحيل Shift فيها بمقدار 1σ مثلا (أي لو تحركت العملية بمقدار 1σ جهة اليمين أو جهة اليسار ستكون جميع النتائج داخل الحدود المسموح بها) كما في المنحنى (1) فى شكل 4-15، وستعرف فيما بعد أن هذا الترحيل Shift يرجع إلى الأسباب الخاصة Special Causes، وأن إصلاحه مسئولية المنفذ Performer، ويقال حينئذ أن العملية في حالة إتزان إحصائى Statistical Control.

2- وجود عملية تتحمل حدوث التغير Variation لحدود معينة كما هو موضح بمنحنى (2) فى شكل 4-15، وسنعرف فيما بعد أن حدوث هذا التغير Variation سببه هو الأسباب العامة Common Causes وأن إصلاحه مسئولية الإدارة Management، ويقال حينئذ أن العملية في حالة إتزان إحصائى statistical control.

3- وجود عملية تتحمل كل من الترحيل Shift والتباين Variation، وهى الحالة الأكثر واقعية، وفى هذه الحالة نقول أن العملية متزنة Stable لأنها سوف تتحمل وجود هزات، وبالطبع فإن عملية تتحمل هزة بقوة 2σ أفضل من عملية تتحمل هزة بقوة 1.5σ ، ولكنها في ذات الوقت ستكون العملية الأكثر تكلفة، ويقال حينئذ أن العملية في حالة إتزان إحصائى Statistical Control كما هو موضح بمنحنى (3) فى شكل 4-15.

5- أما إذا كانت العملية لا تتحمل هذه الهزات، بمعنى أن جزء كبير من الإنتاج سيخرج عن الحدود المسموح بها، فإنه يقال حينئذ أن العملية في حالة حرجة Critical Process، أو انها غير متزنة Unstable كما هو موضح بمنحنى (4) فى شكل 4-15.

6- وعموما لكي تكون العملية التي نتعامل معها جيدة فيجب توفر عدة شروط فيها ومن أهم هذه الشروط ما يلي.

7- يجب أن تكون العملية مصممة تصميما جيدا (القشرة القوية).

8- يجب أن تكون العملية متسلسلة ومخططة ومدروسة (التركيب الداخلي للقشرة متسق ومتجانس).

9- العوامل المحيطة بالعملية مستقرة وغير متغيرة (تجانس واتساق الطبقة التي تتحرك عليها القشرة).

4.6. الترحيل في أداء العملية Process shifting

أكدت الدراسات التى أجرتها شركة تويوتا أنه لا محالة سيحدث ترحيل لأداء أى عملية Process shift، وذلك على المدى الطويل، وقدرت قيمة هذا الترحيل بأنه يتراوح بين 1.4σ و 1.6σ، وأرجعت هذا الترحيل إلى الأسباب الخاصة ، ومعنى هذا أننا لو قمنا بقياس قدرة ومستوى الجودة فى عملية ما على المدى القريب Short term Process capability، ثم قمنا بقياس قدرة ومستوى الجودة لنفس العملية على المدى البعيد Long term Process capability، فسنجد أنها ستقل بمقدار 1.5σ تقريبا، وهو ما نطلق عليه التباين الديناميكى للمتوسط على المدى الطويل Dynamic Mean Long-Term Variation .

ولقد اعتاد الإحصائيون على استخدام جداول لمنحنى التوزيع الطبيعى المعيارى للقيم حتى 3Z فقط (يرجى مراجعة الفصل الثانى عشر تحت عنوان الاحتمال والتوزيعات الاحتمالية)، إلى أن جاءت تويوتا ونشرت جداول تحتوى على هذه القيم حتى 6Z، وبالبحث فى هذه الجداول سنجد أن المساحة المناظرة لقيمة 6Z هى 2ppm أى خطأين لكل مليون فرصة لحدوث الخطأ، وسنجد أن قيمة 3.4PPM التى طالما تحدثنا عنها تقع عند قيمة 4.5Z أى أن الترحيل الذى تعتمده تويوتا هو 1.5 من قيمة الانحراف المعيارى.

كذلك ولمعرفة وتحديد القيمة الحقيقية والعملية للترحيل فى عملية ما، فإننا نقيس الانحراف المعيارى بأخذ عدة عينات على المدى القصير، ثم نقيس الانحراف المعيارى مرة أخرى بأخذ عدة عينات على المدى الطويل، ثم نحسب الفرق بينهما من العلاقة

$$\text{Actual shift} = \sqrt{(\sigma_{\text{shot term}})^2 - (\sigma_{\text{Long term}})^2}$$

أى أن الترحيل الحقيقى يساوى جذر الفرق بين مربعى الإنحراف على المدى الطويل والقصير.

ولكن لماذا تم افتراض أن الترحيل الذي يحدث للعملية هو 1.5σ تحديدا وليس 1σ أو 2σ مثلا؟

وللرد على هذا التساؤل الهام، ومن خلال الشرح السابق تبين لنا ضرورة وحتمية وجود التباين و الترحيل Shift and Variation في أي عملية حتى في الأوقات التي تكون فيها مخرجات العملية مقبولة، وهذه المخرجات المقبولة لا تكون مقبولة لقيمة وحيدة، و إنما يكون مقبولا لمدى يتحدد من الحد الأدنى والأعلى للمواصفة USL وLSL، وعلى ذلك

فدائما وأبدا سنجد متوسط خرج للعملية بقيم أكبر أو أقل من الهدف المنشود بقيم بسيطة، أى أننا عندما نأخذ عينات من أي عملية ، فإننا نعلم تماما أنه إذا حسبنا قيمة المتوسط $\bar{X}$ لهذه العينات، فإنها لن تساوى الهدف وهو فى هذه الحالة متوسط المجتمع μ Population Mean (يراجع الفصل الثالث عشر فى هذا الكتاب تحت عنوان العينات وطرق إنتقائها)، وبالتالى فلابد من وجود تفسير لهذه الظاهرة.

وسنعرف فى الفصل الخامس من هذا الكتاب أنه لرسم خريطة المتوسط والمدى X-bar and R Control Chart، فإننا نحتاج تجميع عدة عينات على هيئة مجموعات Subgroups يختلف عدد مفردات هذه المجموعات باختلاف الشخص الذى يقوم بالرسم فالبعض يختارها خمسة والبعض الآخر يختارها أربعة، ولكن عددها الأكثر شيوعا من الناحية العملية هو أربع مفردات لكل مجموعة، ومن هذه المجموعات نحسب المتوسط والمدى ونرسم الخرائط المختلفة.

كذلك ولرسم خريطتى المتوسط والمدى $\bar{X}$ and R مثلا، فإننا نبدأ برسم خريطة المتوسط $\bar{X}$ chart أولاً، وهي تمثل متوسط المجموعات Subgroups، ونحدد كل من الحد الأعلى للتحكم Upper Control Limit والحد الأدنى للتحكم Lower Control Limit بقيمة تساوى ثلاثة أضعاف الانحراف المعيارى لمتوسطات المجموعات وليس للمفردات Individuals، وبالتالى فهناك خطأ يطلق عليه الخطأ المعيارى Standard error وهو يساوى :

$$\text{Standard Error of Means} = \text{SEM} = SD_{avg} =$$

$$= SD_{avg} = \frac{\text{standard error of individuals}}{\sqrt{n}}$$

حيث n هي حجم العينة والتي تساوى 4 وعلى ذلك فان:

$$3\,\text{Standard Error of Means} = 3\,SEM = 3\,SD_{avg}$$

$$= \frac{3\,\text{standard error of individuals}}{\sqrt{4}}$$

$$3\,SD_{avg} = 1.5\,SD_{individuals}$$

أى أن قيمة الترحيل بين متوسطات المجموعات Subgroups Averages وبين المفردات Individuals سيكون 1.5σ.