قياس وتحليل قابلية العملية الإنتاجية
دراسة تطبيقية في شركة البركة لصناعة الأنابيب البلاستكية وملحقاتها

م. رياض جميل وهاب
كلية الادارة والاقتصاد
جامعة الموصل

Measuring and Analyzing of productive Process Capability
An applied Study in Al-Baraka company for plastic pipes & fittings

Ryah J. Wahab
Department of Industrial Management
University of mousu

تاريخ استلام البحث ٢٠١٢/١١/١٤ تاريخ قبول النشر ٢٠١٢/٩/٢٢

المستخلص:

يسعى البحث إلى قياس وتحليل قابلية العملية من أجل الوقوف على إمكانية العملية الإنتاجية في تحقيق مواصفات التصميم " أو ما يسمى بمتطلبات الزبون ". حيث تم الاعتماد في عملية القياس والتحليل لقابلية العملية على المؤشرات الخاصة بقابلية العملية وهي ما تطلق عليها بـ " مؤشرات قابلية العملية . Process Capability Indexes " حيث قام الباحث بقياس قابلية العملية لعملية إنتاج الأنابيب البلاستيكية بسحب (20) عينة رئيسة (k) وكل عينة فرعية مؤلفة من (4) أجزاء (n) مسحوبة على مدار وجبة العمل ولمدة شه ر. وتم تحليل البيانات لغرض إيجاد الوسط الحسابي والمدى وحدود الرقابة العليا والدنيا للعملية ، ومن ثم رسم خرائط الوسط و المدى لمعرفة حالة رقابة العملية، وإيجاد قابلية العملية ورسم منحنى التوزيع الطبيعي للعملية وكذلك مؤشر قابلية العملية للحكم على حالة العملية. وتوصل البحث إلى أنَّ العملية تحت السيطرة ولكنَّ العملية ليست ذات مقدرة. واقترح الباحث تقليل تباين العملية بالبحث عن أسباب انحراف العملية سواء كان سبب عام (أي تباين عشوائي الذي هو طبيعي في تصميم العملية نفسه) أو سبب خاص (أي تباين غير عشوائي الذي يمكن أن يعزى إلى أس باب قابلة للتحديد مثل ضعف المادة الأولية ، قلة خبرة ومهارة الفرد العامل، أو الظروف البيئية غير الملائمة أو عدم اتخاذ إجراءات الصيانة الملائمة).

Abstract

The research aimed to measuring and analyzing the capability of the process in order to stand on the possibility of the process to achieve design specifications "or so-called customer requirements." Where the research relying in the measurement and analysis of the process capability on the indicators capability process that it calls the " Capability Indexes" . where the researcher measured capability process for the production of plastic pipes to withdraw (20) samples (k) and every subgroup consisting of (4) parts (n) drawn over time of shit for a month period . Data were analyzed for the purpose of finding the mean, range and control limits the upper and lower of the process, and then mapping the middle and range to see the controlling process condition, and the computing of process capability and graphic curve of normal distribution of the process as well as find the index process capability to judge the status of the operation. The research found that the process is under control, but the process is not capability. The researcher proposed to reduce variation process to search for the causes of deviation process, whether the common cause of (random variation which is normal in the design process itself) or a special cause (non -random variation, which can be attributed to causes assign ability such as poor raw

material, lack of experience and skill individual worker, or inappropriate environmental conditions or no making the procedures of appropriated) .

Key words: process, process capability, process capability analysis, indicators capability of the process .

المقدمة:

تعُدُّ العمليات الإنتاجية في أية منظمة سواء كانت إنتاجية أو خدمية العمود الفقري والعامل الرئيس الذي يلعب الدور المهم والفعال في توليد السلع أو الخدمات، وإنَّ الخلل في العمليات تحول دون ا لقدرة " القابلية " على إنتاج السلع والخدمات بالمواصفات المطلوبة ، وقابلية العملية هي القابلية على إنتاج السلع والخدمات المطابقة إلى مواصفاتها التصميمية . فكلما كانت قابلية العملية مرتفعة دلت على أنَّ العملية ذات مقدرة عالية بمعنى قابلية العملية على إنتاج ال منتجات طبقاَ للمواصرفات الموضوعة مرتفعة والعكس صحيح.

المحور الأول: منهجية البحث

أولاً: مشكلة البحث

إنَّ العملية لها دور حيوي ومهم في تحقيق المواصفات التصميمية أو متطلبات الزبون. لذلك، فإنَّ عجز أو عدم قابلية العملية على بلوغ نسبة عالية من المطابقة بين ا لمواصفات التصميمية الموضوعة والمواصفات المتحققة للمنتجات يؤدي إلى توليد نسب عالية من المخرجات المعيبة . وبالتالي التأثير السيئ على التكاليف، التسليم، الجودة، وسمعة المنظمة . عليه يمكن تحديد مشكلة البحث بالتساؤل الآتي:

" هل العمليات المدروسة لديها القدرة ع لى بلوغ مستويات عالية من المطابقة بين المواصفات التصميمية (متطلبات الزبون) والمواصفات المتحققة فعلاً ".

ثانيا: أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في الآتي:

١. لفت انتباه إدارة المنظمة إلى ضرورة قياس ومتابعة قابلية العملية بصورة مستمرة.
٢. التطرق إلى موضوع مهم وحيوي في مجال الإنتاج والعمليات و إنَّ الإخلال بقابلية العملية يؤدي إلى نتائج سلبية.
٣. قابلية العملية تعتبر العامل الحاسم في ارتفاع وانخفاض نسبة المعيبات في مخرجات العملية.

٤. تدقيق وضبط المواصفات التصميمية الموضوعة وكذلك المكائن والمعدات الإنتاجية.

٥. إعتماد الميدان المبحوث على مؤشرات قابلية العملية لتحسين أداء الهندسة والإنتاج.

ثالثاً: أهداف البحث

يسعى البحث إلى تحقيق مجموعة من الأهداف، لعل من أبرزها:

١. تعريف الإفراد العاملين في مجال الإنتاج والعمليات بقابلية العملية ومؤشرات قي اسها وكيفية قياس قابلية العملية.

٢. قياس وتحليل قابلية العملية للعمليات المدروسة من خلال المؤشرات الخاصة بقياس قابلية العملية.

٣. تحديد وتشخيص أسباب الانحراف العالي في قابلية العملية ومعالجة الأسباب وتحسين القابلية.

رابعاً: فرضية البحث

استكمالاً لمنهجية البحث ووصولاً إلى أهداف البحث المقصودة. فإن فرضية ا لبحث تنص على الآتي:

" إنّ قياس وتحليل قابلية العملية من خلال مؤشراتها تساعد على اكتشاف وتشخيص أسباب تدني قدرة العملية، ومن ثم وضع المعالجات أو الحلول اللازمة لحل المشاكل المكتشفة وتحسين مستوى القابلية الإنتاجية ".

خامساً: منهج البحث

اعتمد البحث على المن هجين الوصفي والإحصائي حيث تضمن الوصفي الاستعانة بالبحوث والدراسات التي تناولت هذا الموضوع وعرض الأفكار بأسلوب علمي مع التأكيد على الأمانة العلمية في الاقتباس ونقل الأفكار، في حين تضمن الإحصائي : تجميع المادة العلمية تجميعاً كمياً وليس وصفياً . لذلك، تكون نتا ئج البحث العلمي في صيغ رياضية بالأرقام ومعززة بالرسوم والأشكال البيانية لسهولة المقارنة.

سادساً: مجتمع وعينة البحث

تمثل مجتمع البحث بمصنع الأنابيب البلاستيكية حيث تم سحب مجموعة عينات من إنتاج نوع معين من الأنابيب البلاستيكية وتم سحب بحدود (٢٠) عينة وكل عينة مؤلفة من (٤) أجزاء كمجتمع وعينة لدراسة الموضوع.

سابعاً: الأدوات الإحصائية المستخدمة

تم تحليل البيانات في البحث بالاعتماد على مجموعة أدوات إحصائية وهي:

١. الوسط الحسابي لكل عينة.
٢. المدى لكل عينة.
٣. معدل الوسط الحسابي للعينات لكل عملية.
٤. معدل المدى للعينات لكل عملية.
٥. معادلات خاصة بإيجاد حدود الرقابة العليا والدنيا للوسط والمدى.
٦. معادلات خاصة بمؤشرات قابلية العملية.

المحور الثاني: إطار مفاهيمي

أولاً . قابلية العملية Process Capability

تباين العملية يمكن أن يؤثر على الجودة والإنتاجية بشكل واضح. وقبل عرض مفهوم قابلية العملية لابد من توضيح المصطلحات التي تستعمل بشكل شائع ل لإشارة إلى تباين مخرجات العملية. وكل مصطلح يتعلق بجانب معين من ذلك التباين، وعليه لابد من التمييز بين هذه المصطلحات (Stevenson,2005:451):

* المواصفات " specifications: هي المواصفات الموضوعة من قبل التصميم الهندسي أو متطلبات الزبون.

* السماحات "Tolerances ": هي تؤشر مقدار السماح التي ي جب أن تقع ضمنها وحدات المخرجات الفردية حتى تكون مقبولة.

* حدود الرقابة "Control Limits" هي الحدود الإحصائية التي تعكس مقدار تباين إحصائيات العينة مثل الأوساط والمديات كنتيجة عشوائية فقط .

* تباين العملية " Process Variability " تعكس التغير الطبيعي في العملية . ويتم قياسه من حيث الانحراف المعياري للعملية. وتباين العملية تحدث لسببين (Hossain,2000:1180):

١. تباين العملية الطبيعي (Common Cause): في عملية الإنتا ج قد لا تكون مواصفات جميع الوحدات المنتجة على الوسط الحسابي ($\bar{x}$). بالرغم من الاهتمام والمحافظة عل ى تصميم ومراقبة النظام بشكل جيد ، يبقى هناك مقدار معين من التباين الطبيعي في العملية. وتباين العملية العشوائي هذا هو نتيجة تراكمية لعدد من الأسباب الصغيرة والغير القابلة للتجنب. وهذا التباين الطبيعي يسبب ($\pm 3\sigma$) في مواصفات المخرجات المصنوعة. وتباين العملية هذا لا يمكن أن تحذف بالكامل . لكن يمكن فقط أن تخفض إلى أدنى حد ممكن.

٢. أسباب خاصة (Special Causes) نوع آخر من التباين ربما هو موجود في المخرجات المنتجة نتيجة لبعض الأسباب غير المألوفة. هذا النوع من التباين في مخرجات العملية له ثلاثة مصادر : ماكنة معدلة بشكل سيء، خطأ مشغل، ومواد أولية معيبة . هذا التباين بصورة عامة يقارن بالتباين الذي يحدث نتيجة للأسباب الطبيعية أو العشوائية.

وهناك علاقة مباشرة بين حدود الرقابة وتباين ا لعملية، فحدود الرقابة تعتمد على تباين العملية ، وتباين العينة هو دالة تباين العملية. بينما لا توجد أية علاقة مباشرة بين المواصفات وأياً من حدود الرقابة أو تباين العملية . حيث إنَّها تحدد من جهة المخرجات (المنتج أو الخدمة) وليس من جهة العملية التي تنتج المخرج ات. لهذا السبب ، فإنَّ مخرجات العملية ربما تطابق أولاً تطابق المواصفات، حتى على الرغم من أنَّ العملية تحت السيطرة إحصائياً . وهذا السبب أيضاً ضروري يدعو إلى الأخذ بالحسبان قابلية العملية (Stevenson,2005:451).

مصطلح **قابلية العملية** يشير إلى تباين مخرجات العملية الطبيعي مقارنة بنسبة التباين المسموح به من قبل مواصفات التصميم (Hradesky,1995:452).

وذكر (Heizer,& Render,2009:203) أنَّ إمكانية العملية لتلبية " أو مقابلة " مواصفات التصميم التي توضع من قبل هندسة التصميم أو متطلبات الزبون تطلق عليها " **قابلية العملية** " (process capability): او إمكانية العملية لصنع منتج أو خدمة خالية من العيوب عن طريق مراقبة بيئة الإنتاج أو الخدمة . العملية (process): سلسلة الأنشطة أو الخ طوات التي تصنع السلعة أو الخدمة . وأضاف أنَّ الغرض من تقنيات رقابة العملية إحصائياً وسيلة للحفاظ على العملية تحت السيطرة. وهذا يعني أنَّ تباين العملية الطبيعي يجب أن يكون ثابتاً " مستقراً ". إلَّا أنَّ، العملية التي هي تحت السيطرة إحصائيا ليس بالضرورة أن تنتج المنتجات أو الخد مات طبقاً للمواصفات التصميمية لأ نَّ حدود الرقابة تعتمد على وسط وتباين توزيع العين ة وليس على مواصفات تصميم المنتج.

وحدد كل من (Krajewski,& etal.,2007:227) و(Nicholas,1998,521) أنَّ قابلية العملية هي مقدار قدرة العملية على إنتاج المخرجات المطابقة لمتطلبات معينة أو للمواصفات الموضوعة من قبل التصميم الهندسي.

قابلية العملية : هي التباين الحاصل تحت ظروف عملية مستقرة وهو يساوي ضعف الانحراف المعياري ستة مرات (6σ). قابلية العملية تقيس تباين العملية الطبيعي الذي هو حتمي ما لم يتم إجراء التحسينات الأساسية في العملية (Jain,& Aggarwal,2008:839). وكلمة عملية في هذا السياق تضم: مادة Material ، ماكنة Machine، الأدوات Tools، الأسلوب Method،

والعاملين Men. التباين الفعلي من العملية متوقع أن يكون أكبر من قابلية العملية نتيجة عدم الاستقرار أو الأسباب القابلة للتعيين التي ربما تسري في العملية من وقت آخر. مثل دفعة مواد جديدة ذات جودة أدنى، انحراف في أوضاع الماكنة، استهلاك الأداة، تغيير المشغل وغيرها من الأسباب. هدف الرقابة هو تقليل أثر مثل هذه الأسباب القابلة للتعيين وجعل التباين الفعلي أقرب إلى قابلية العملية كلما أمكن.

تقدير قابلية العملية PC estimate

بعد التحقق من أنَّ العملية ثابتة " أي العينات جميعها ضمن حدود الرقابة " فيتم استخدام معالم العملية في تقدير قابلية العملية. ولابد من التمييز بين فكرتي: العملية تحت السيطرة، والعملية ذات مقدرة. حيث الأولى تعني أنَّ جميع نقاط العينة تقع ضمن حدود الرقابة العليا والدنيا للعملية على فرض أن التباين عشوائي. بينما الثانية تعني أنَّ العملية ذات قابلية طالما أنَّها تلبي متطلبات معينة أي إنها تقع ضمن حدود المواصفة. فضلاً عن أنَّ حدود الرقابة تحسب كدالة رياضية للوسط والمدى المقدر. بينما، حدود المواصفة توضع من قبل مصممي المنتج وفقاً لتوقعات أو متطلبات الزبون (Nicholas,1998,521).

وذكر (Jain,& Aggarwal,2008:839) لأجل تقدير قابلية العملية لعملية محددة ، فمن الضروري جمع مجموعة كافية من المشاهدات تحت ظروف مستقرة، إن أمكن ٨٠-١٠٠ مشاهدة. ومن ثم حساب الانحراف المعياري من البيانات من خلال تقسيم العينات إلى عدد من المجموعات الفرعية مساوية إلى حجم (n = 4,5) ومن ثم حساب المدى لكل عينة فرعية وحساب متوسط المدى للمديات . وبعد ذلك حساب الانحراف المعياري بواسطة R/d2 حيث d2 الثابت الإحصائي وتعتمد على حجم العينة (n). ولكنَّه ضروري لضمان أن تكون العملية ثابتة أو تحت السيطرة خلال فترة جمع البيانات وحذف البيانات الفرعية الشاذة التي تتأثر بالأسباب القابلة للتعيين الموجودة من قطعة إلى أخرى. وهذه الحقيقة معروفة جداً . ولأجل ذلك، يتعلق بتصنيع أية منتج مقدار من السماح تحدد في الرسم . لهذا السبب ، فإن مجموعة قياسات سوف لا تتماثل لكنها ستكون ضمن المدى. عموماً معظم القياسات ستتجمع حول قيمة الوسط وبقدر زيادة الانحراف عن كلا الجانبين فإنَّ عدد القطع التي تملك هذه الانحرافات سوف تكون أق ل وأقل. التشتت الفعلي للقياسات يعتمد على العملية والرقابة الممارسة عليها.

وأهمية دراسة قابلية " الماكنة " تتمثل بالمعلومات التي يتم الحصول عليها من قابلية العملية وهي مهمة جداً في حل مشاكل الجودة والإنتاجية كالآتي (Mahajan,2008:869):

١. مهندس التصميم، يعلم قابلية ا لعملية والمعدات المتاحة ، يملك أساس منطقي أكثر أثناء اختيار المواصفات.
٢. مهندس التخطيط يستطيع أن يخصص الوظائف ذات السماحات الأقل إلى المكائن الأكثر قابلية، والوظائف ذات السماحات الأكثر إلى المكائن الأقل دقة.
٣. مهندس الأدوات يمكن أن يحدد المواقع لإجراء التحسينات على الأدوات للحفاظ على قابلية العملية .
٤. معلومات القابلية تساعد مشرف العمل ليقرر إن كانت الماكنة تحتاج صيانة شاملة .
٥. عامل أعداد وتهيئة المكائن والمعدات يعرف أية ماكنة تحتاج إلى اهتمام أكثر بالإعداد وأية واحدة تحتاج فقط عناية طبيعية .
٦. مشغل ومفتش الماكنة يستطيع أن يقرر أي المكائن تحتاج إلى مراقبة قريبة أثناء الإنتاج .
٧. خلال الشراء تزوده بالوسائل لمقارنة الأداءآت المعدة بشكل فعلي مع إدعاء المصنعين .

ثانياً : تحليل قابلية العملية وحالاتها وطرق تحسينها:

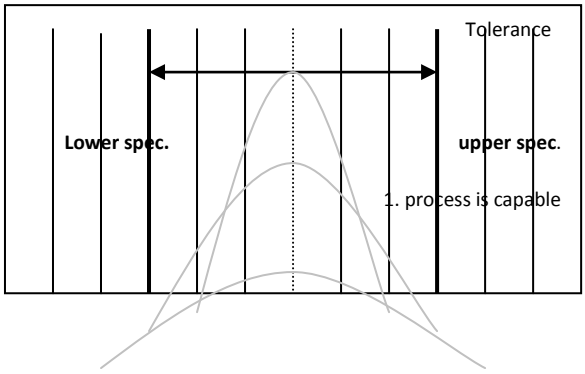
تحليل قابلية العملية (process capability analyze): تحديد إلى أي درجة تستطيع العملية أن تلبي أو لا تستطيع أن تلبي متطلبات الزبون(Schonberger,Knod,1997: 147-150).

تحليل القابلية هو تحديد إن كانت العملية ذات قابلية أم لا ، أي هل التباين الطبيعي في مخرجات العملية تقع ضمن المدى المقبول للتباين المسموح من قبل مواصفات التصميم لمخرجات العملية أم لا. فإذا كانت مخرجات العملية ضمن المواصفات ، فيمكن القول بأن العملية ذات قابلية، وإلّا فإنَّ العملية ليست ذات قابلية وبس تلزم ضرورة إجراء التصحيح للحالة . وأنَّ دراسة قابلية العملية تنفذ لقياس قدرة العملية على تلبية أو مقابلة السماحات المحددة . وتحليل قابلية العملية تتألف من (Mahajan,2008:867):

١. قياس قابلية العملية لاكتشاف أنَّ العملية هي قادرة على تلبية حدود السماح المحددة بشكل طبيعي.
٢. اكتشاف سبب فشل قابلية العملية لتلبية أو مقابلة المواصفات.

عند إجراء الدراسة فإنَّ الشيء الأهم هو تقليل أثر العوامل مثل تباين المواد غير الطبيعي، تعديل العملية وغيرها. لهذا السبب ينبغي أن تكون المواد المستخدمة متجانسة ، وعدم إجراء التعديلات أثناء الدراسة، والسماح للمشغلين المدربين بأداء العمل.

ولتوضيح تحليل قابلية العملية بشكل أفضل نأخذ الحالات الثلاث الموضحة في الشكل (١) وهي ثلاثة توزيعات للعملية إنتاج الصامولة مواصفة الصامولة العليا والدنيا والقيمة الرمزية 10.00 mm. وإنَّ مواصفات التصميم يعبر عنها من حيث القيمة الرمزية Nominal value_ أو المستهدفة Target_ وبسبب المتغيرات العشوائية فهناك سماح مع قبول الحد الأعلى والأدنى (±.05).



9.95

10.00 10.05

الشكل (١) قابلية العملية والمواصفات

Source : Waller , Derek L., Operations Management : A supply chain approach , 2nded., Thomson, (2003) , Australia .p627

نلاحظ في الحالة (1)، قابلية العملية و مواصفات المخرجات متطابقة تماماً ، لذلك فإنَّ كافة مخرجات العملية تقريباً يمكن أن تلبي المواصفات .

أمَّا في الحالة (2)، فإنَّ قابلية العملية هي أقل بكثير مما هو مطلوب ، لذلك عملياً فإن ١٠٠% من المخرجات ينبغي أن تقع ضمن السماح بشكل جيد .

ولكن في الحالة الثالثة (3)، فإنَّ المواصفات أضيق مما هو عليه في قابلية العملية . لذلك حتى عندما تشتغل العملية كما هو مطلوب، فإنَّ نسبة كبيرة من المخرجات ستفشل في تلبية المواصفات. بكلام أخر، العملية يمكن أن تكون تحت السيطرة ولكنَّها تنتج مخرجات غير مقبولة. لهذا السبب، فإننا لا نستطيع أن ن فترض تلقائياً أنَّ العملية التي هي تحت السيطرة ستقدم مخرجات مقبولة . والبديل هو القيام بفحص العملية لمعرفة مدى قابلية العملية لتلبية المواصفات وليس إعداد خارطة الرقابة البسيط لمتابعتها ، لانَّ العملية ينبغي أن تكون تحت السيطرة وضمن ال مواصفات قبل بدء الإنتاج بالأساس.

في الحالات مثل الحالة (C) فإنَّ المدير ربما يأخذ بالاعتبار مجموعة حلول ممكنة (Stevenson,2005:452):

١. إعادة تصميم العملية لكي يمكنه انجاز المخرجات المرغوبة.

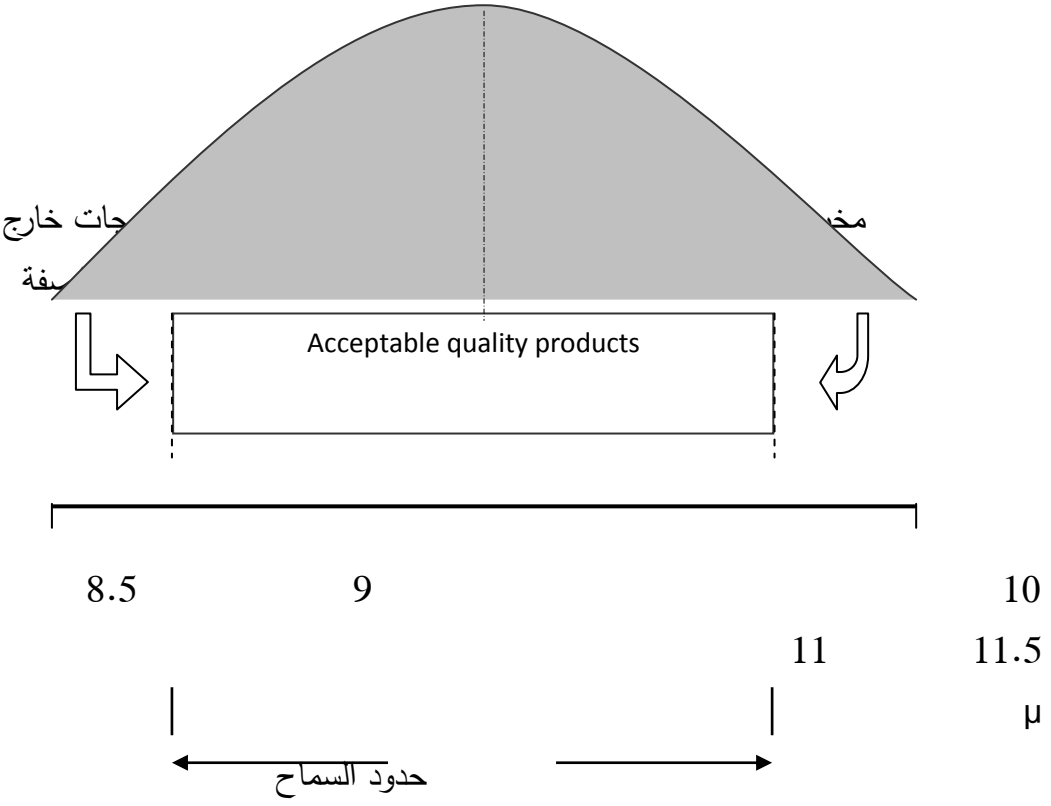
٢. الإبقاء على العملية الحالية مع محاولة تقليص المخرجات غير المقبولة باستعمال التفتيش ١٠٠% .
٣. استعمال العملية البديلة التي يمكن أن تنجز المخرجات المرغوبة.
٤. فحص المواصفات للتحقق من أنَّها كانت ضرورية أو ممكن تعديلها دون أن تؤثر على مواصفات الزبون بشكل سلبي.

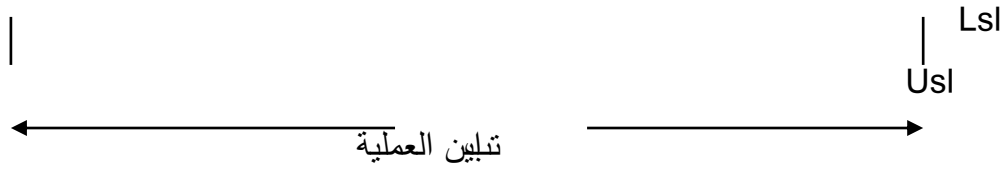
من الواضح أنَّ تباين العملية هو العامل الأساس في قابلية العملية ، وأنَّه يقاس من حيث الانحرافات المعيارية " بمعنى ستة انحرافات معيارية " للعملية إلى المواصفات لأجل العملية.

على سبيل المثال ، أفرض أنَّ طول الوقت المثالي لأداء خدمة ما هو (١٠) دقائق، وأنَّ مدى التباين المقبول حول هذا الوقت هو (±١) دقيقة. فإذا كان للعملية انحراف معياري قدره (0.5) دقيقة فإنَّها ستكون غير قابلة لأن الانحرافات المعيارية (± 3σ) ستكون (±1.5) دقيقة يتجاوز سماح المواصفة البالغة (±1) دقيقة. ويمكن توضيح المثال بالشكل (٢).

سماحات المواصفة هي (±١)، وسماحات العملية (±3) أي تباين العملية لكل طرف من طرفي التوزيع :

±1.5 =3/2= 6*.5= 6





الشكل (٢) منحنى التوزيع الطبيعي لقابلية العملية

Source : Slack , Chambers, Johnston, (2004),Operations Management , 4th ed., Prentice Hall , London .p204

يتضح من الشكل الخاص بالتوزيع الطبيعي لعملية تقديم خدمة معينة أنَّ العملية ليست ذات قابلية لأنّ تباين العملية أكبر من سماح المواصفة وبالتالي فإن عدد كبير من المخرجات تكون خارج حدود القبول. طبعاً هذا في حالة أنَّ العمليةَ متمركزة في وسط التوزيع الطبيعي.

إن تحسين قابلية العملية يتطلب تغيير قيمة العملية المستهدفة أو تخفيض تباين العملية التي هي طبيعية في العملية . والتحسين في قابلية العملية ربما يشمل اتخاذ الإجراء ات الآتية : التبسيط Simplifying، والتوحيد Standardizing، اتخاذ إجراءات منع حدوث الخطأ بالعملية Making the process mistake-proof، تطوير أو تحسين المعدات " تحديث " Upgrading equipments، أو استخدام الأتمتة Automating. والجدول (١) إيضاح لهذه الأساليب التي يمكن أن تستخدم في تحسين قابلية العملية .

الأسلوب Method	الأمثلة Examples
التبسيط	تقليص الخطوات ، خفض عدد الإجراءات ، استخدام التصميم النموذجي
التوحيد	استخدام الأجزاء المعيارية ، الإجراءات المعيارية .
اتخاذ إجراءات منع حدوث الخطأ	تصميم الأجزاء التي يمكن أن تجمع فقط بطريقة صحيحة ، ولها فحوصات بسيطة لإثبات أن الإجراء نفذت بشكل صحيح .
تحديث المعدات	استبدال المعدات المستهلكة ، الاستفادة من التحسينات التكنولوجية .
الأتمتة	حل المعالجة المؤتمتة محل المعالجة اليدوية .

الجدول (١) أساليب تحسين قابلية العملية

Source : Stevenson , William J., (2005) Operations Management, 8th ed., McGraw-Hill Com., Inc., New York. p455.

وأهم خطوات دراسة وتحليل قابلية العملية حد دت من قبل الباحثين المختصين با لآتي (Krajewski,et.al.,2007,229)، Schonberger,knod,1997:147-)

150)،(Mahajan,M.S.,2008: 867)، (Evans ,1997:483) لتحديد قابلية عملية تنتج مخرجات ضمن السماحات، استعمل الخطوات الآتية:

١. جمع البيانات عن مخرجات العملية من خلال أخذ سلسلة عينات عشوائية من العملية ، وحساب الوسط الحسابي(x) والمدى (R) لتوزيع مخرجات العملية.
٢. استعمال البيانات عن توزيع العملية لحساب خرائط رقابة العملية ، مثل خارطة الوسط الحسابي أو خارطة المدى بإيجاد معدل الوسط الحسابي (X) ومعدل المدى (R) الذي يقيس مركز العملية. وإيجاد حدود الرقابة العليا والدنيا الذي يقيس ثبات العملية بمعنى الى أي درجة تتغير العملية مع الوقت.
٣. رسم النتائج بيانياً على خرائط الرقابة. إن كانت على الأقل (٢٠) عينة مستقلة هي ضمن حدود خرائط الرقابة، فإنَّ العملية هي تحت السيطرة إحصائياً. أمّا إن لم تكن العملية تحت السيطرة إحصائياً، فالمطلوب البحث عن ا لأسباب القابلة للتحديد وإزالته ا، ومن ثم إعادة حساب الوسط الحسابي والانحراف المعياري لتوزي ع العملية وحدود الرقابة للخرائط ، والاستمرار بهذه العملية لحين جعل العملية تحت السيطرة إحصائياً.
٤. حساب قابلية العملية : ($6\sigma = R/d2$) ..... وهذا يقيس تباين العملية قطعة بقطعة .
٥. حساب مؤشر قاب لية العملية . Process Capability Index ونسبة قابلية العملية . Process Capability Ratio، إن تطلب الأمر.

إن كانت النتائج مقبولة ، توثيق أية تغييرات تحدث بالعملية واستمرار متابعة المخرجات باستعمال خرائط الرقابة. أما إن كانت النتائج غير مقبولة، كشف الأسباب القابلة للتعيين لتخفيض التباين في المخرجات أو تمركز توزيع العملية على القيمة الرمزية. وكلما حدث تغييرات يتم إعاد ة حساب وسط وانحراف توزيع العملية وحدود الرقاب ة للخرائط وإعادة الخطوة الثانية.

ثالثاً: مؤشرات قابلية العملية Process Capability Indexes or Indices :

هناك مقياسان يستخدمان بشكل شائع للتحديد كمياً إن كانت العملية ذات قابلية ، وهما (Weller,2003:627)، (Hradesky,1995:450) ، (Heizer, Render,2009:203) ، (Krajewski,etal.,2007:227)، (Nicholas,1998:521-524):

١. نسبة قابلية العملية Process capability ratio (Cp)

٢. مؤشر قابلية العملية Process capability Index (Cpk)

نوضح كلاً منهما مفهوماً ووظيفية وحسرياً :

١. نسبة قابلية العملية – Process capability ratio Cp

ـــ هي النسبة التي تحدد قاب لية العملية على تلبية المواصفات ، نسبة المواصفة إلى تباين العملية (Heizer,render,2009:203) . وذلك بقسمة عرض السماح للمواصفات على الانحرافات المعيارية للعملية " تباين العملية" (krajewski,et. al.,2007:228).

وحتى تكون العملية ذات قابلية فإنَّ قيمها يجب أنَّ تقع ضمن حدود المواصفة العليا والدنيا . وهذا يعني أنَّ قابلية العملية هي ضمن ($3\sigma \pm$) انحرافات معيارية عن وسط العملية. وبما أنَّ مدى القيم هي σ انحرافات معيارية فإنَّ سماح قابلية العملية هو الفرق بين حدود المواصفة العليا والدنيا الذي يجب أنَّ يكون أكبر من أو مساوي إلى σ . وأن نسبة قابلية العملية تحتسب وفق المعادلة (J. (Hossain,2000:1178)(Finch,2006:223 :

$$Cpr = \frac{\text{Spec. width}}{\text{Process width}}$$

$$Cpr = \frac{\text{Upper spec. } _ \text{ lower spec.}}{6\sigma}$$

حيث إنَّ: σ الانحراف المعياري لتوزيع العملية

علماً بـأنَّ قابلية العملية تحتسب بموجب المعادلة أعلاه بافتراض أنَّ العملية متمركزة بمعنى أنَّ " معدل مخرجات العملية تتمركز بين حدود مواصفات التصميم أو متطلبات الزبون ". خلافاً لهذا يتم اللجوء إلى مؤشر قابلية العملية الموضح لاحقاً . ولفهم وتوضيح كيفية حساب Cpr نطبق المهارة الآتية:

معالجة شكاوى الضمان بشركة GE ، x–bar = 210.0 دقيقة ، σ= 516. دقيقة. مواصفة التصميم لمقابلة توقعات الزبون هي 210 ± 3 دقيقة . لذلك، فإنَّ حد المواصفة العليا هو 213 دقيقة وحد المواصفة الدنيا هو 207 دقيقة. ومدير العمليات يريد حساب نسبة قابلية العملية Cp. بتطبيق المعادلة الخاصة بـ Cpr :

$$Cpr = \frac{\text{Upper Spec. } _ \text{ Lower Spec.}}{6\sigma} = \frac{213_207}{6(.516)} = 1.938$$

وبما أنَّ نسبة 1.0 تعني أنَّ 99.73% من مخرجات العملية هي ضمن حدود المواصفة، فإنَّ هذه النسبة تدل على إنّ العملية ذات قابلية عالية مع مخرجات غير مطابقة أقل من 4 شكاوى لكل مليون .

العملية ذات القابلية تكون لديها على الأقل نسبة قابلية عملية (1.0). إن كان Cp أقل من (1.0) فإنَّ العملية تنتج المنتجات أو الخدمات التي هي خارج سماحها المسموح . ومع Cp (1.0) فإنَّ (2.7*) جزء من 1000 أو بالآف من المتوقع أن يكون خارج المواصفة. إذن كلما كانت نسبة قابلية العملية عالية زادت احتمالية أن العملية ستكون ضمن مواصفات التصميم .العديد من الشركات تختار Cp (1.33) (أي أربعة انحرافات معيارية 4σ) كهدف لأجل تخفيض تباين العملية. وهذا يعني أنَّ فقط (64) جزءاً لكل مليون من المتوقع أن تكون خارج المواصفة . وعند اعتماد الانحرافات الستة (6σ) فإنَّ نسبة قابلية العملية Cp تكون (2.0) وبذلك تكون عدد الأجزاء المعيبة (3.4) جزء فقط لكل مليون (قريبة جداً من الصفر). وعند اعتماد خمسة انحرافات (5σ) فإنَّ Cp تكون (1.67) وتكون عدد الأجزاء المعيبة (57). ويمكن أنَّ نعكس هذا الكلام بتفصيل أكثر من خلال الجدول (٢) .

مستوى الانحراف	Cp	نسبة المطابق	نسبة غير المطابق	العيوب لكل مليون
3–sigma	1.0	99.73%	0.0027	2700
4–sigma	1.33	99.9936%	0.000064	64
5–sigma	1.67	99.9943%	0.000057	57
6–sigma	2.0	99.99966%	0.0000034	3.4

الجدول (٢) نسبة قابلية العملية عند مستويات انحراف مختلفة

Source : with adoption from :

1. Waller , Derek L., (2003), Operations Management : a supply chain approach, 2nded., Thomson. London.
2. Noori, Hamid , & Radford , Russell , (1995) , Production and Operations Management : Total Quality and Responsiveness , McGraw-Hill, Inc., New York
3. Heizer Jay , Render Barry , (2009) , Operations Management , 9th ed., Pearson Prentice Hall , New Jersey . p203

٢. مؤشر قابلية العملية - Process capability Index (Cpk)

* هذا لان Cp (1.0) لديها (99.73%) من المخرجات ضمن المواصفات . لذلك ، 1.00 - .9973 = .0027 مع 1000 جزء ، .0027 * 1000 = 2.7 عيوب .
* ولـ Cp (2.0) فإن 99.99966% من المخرجات ضمن المواصفة . لذلك ، 1.0-.9999966= .0000034 مع 1 مليون جزء ، يكون هناك 3.4 عيوب .

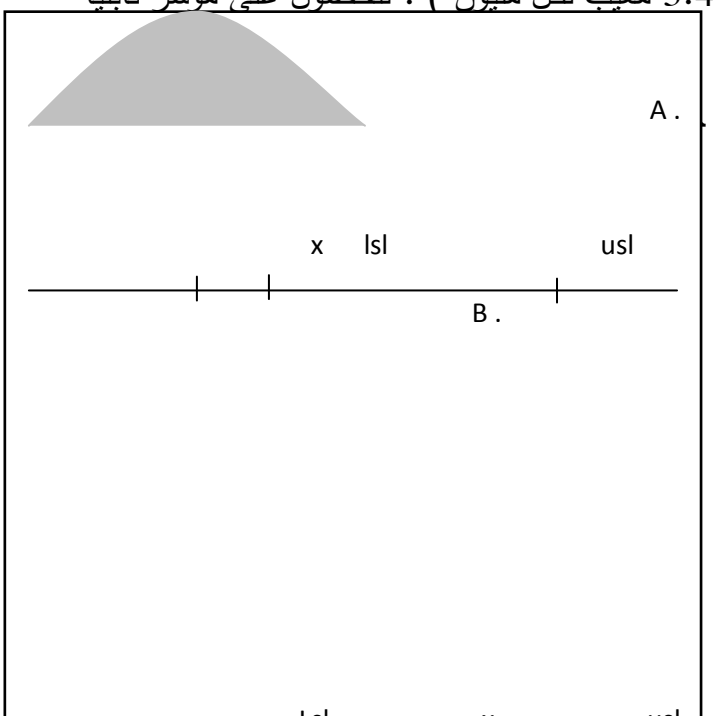
ـــ مؤشر يقيس احتمالية أن العملية تولد مخرجات معيبة مقارنة بـ أو نسبة إلى أياً من حدي المواصفة العليا والدنيا (Krajewski,et al., 2007:229) أو CpK هي نسبة التباين " 3σ " بين مركز العملية وحد المواصفة الأقرب. في حالة العمليات غير المتمركزة " أي وسط العملية لا يتطابق على وسط المواصفة " فإنَّ مؤشر قابلية العملية يُستخدم لتحديد أنَّ متوسط توزيع العملية أقرب إلى أي من طرفي حدود المواصفة العليا والدنيا ، وبقدر تغير متوسط العملية فإنَّ طرفي التوزيع يصحبان أقرب إلى مواصفة الزبون " التصميم " الأعلى والأدنى اعتماداً على اتجاه التغيير. و CpK تعبر عن العلاقة بين العملية ومواصفات الزبون " التصميم " بتحديد المسافة بين طرفي العملية وحد المواصفة في جهة التغيير. وعليه، إذا كانت العملية غير متمركزة فإنَّ مؤشر قابلية العملية تستخدم لحساب قابليتها. وتحتسب بإيجاد الفرق بين كل من حدي المواصفة ووسط العملية. ولتحديد الفرق الأصغر نقسم تلك الفروق على ثلاثة انحرافات للعملية (3σ). لذلك ، فإنَّ CpK يكون مساوياً للنسبة الأصغر.

إذن CpK تقيس الفرق بين الأبعاد المرغوبة والفعلية للسلع والخدمات المنتجة . والصيغة لحساب CpK هي (Finch,2006:223)، (Stevenson,2005:454)،(Heizer,Render,2009:204):

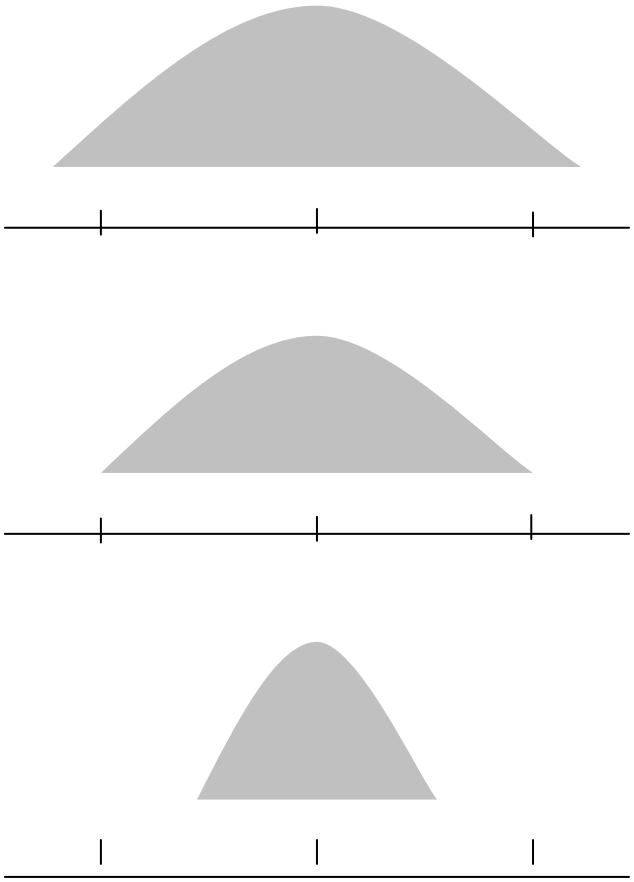
$$CpK = \text{minimum of } \frac{\text{Upper spec. limit} - \bar{x}}{3\sigma} , \frac{\bar{x} - \text{Lower spec. limit}}{3\sigma}$$

حيث إنَّ: $\bar{x}$ = وسط العملية ، σ = الانحراف المعياري للعملية

عندما يكون مؤشر CpK لكلا حدي المواصفة العليا والدنيا مساوياً إلى (1.0)، فإنّ تباين العملية متمركزة والعملية قادرة على الإنتاج ضمن (3 ±) انحرافات معيارية (أقل من 2700 معيب لكل مليون – dpm•). ومؤشر قابلية عملية مساوي إلى (2.0) تعني أنَّ العملية قادرة على الإنتاج ضمن (6 ±) انحرافات معيارية (أقل من 3.4 معيب لكل مليون) . للحصول على مؤشر قابلية عملية تتجاوز (1) فإنَّ الانحراف المعياري، ووسط العملية (x–bar). والشكل (٣) يبين



الشكل (٣) حالات مؤشر قابلية العملية CpK



A . إذا كان CpK سلبي ، فإن الوسط الحسا بي X ليس ضمن حدود السماح ، ويشير أن معدل العيب عالٍ جداً، وضرورة تحسين العملية بشكل سريع " متعجل " .

B . إذا كان CpK إيجابياً لكن أقل من 1.0 فإنَّ العملية متمركزة إلى حد ما ضمن مدى السماح ولكن عرضه يتجاوز مدى السماح . المطلوب العمل الجدي لأجل بعض المخرجات الخارجة عن المواصفة .

C. إذا كان CpK مساوياً إلى 1.0 فإنَّ العملية تلبي المواصفات بالضبط ومتمركزة إلى حد ما ضمن مدى السماح.

Source : Schonberger , Richard J., Knod ,Edward M., (1997) , Operations Management : Costumer Focused Principles , 5th ed., McGraw-Hill com., Boston . p156.

خلاصة الشكل إنَّ قيمة مؤشر CpK إذا كان مساوياً إلى 1.0 لكلا حدي الرقابة العليا والدنيا، تشير إلى أنَّ تباين العملية ضمن حدود الرقابة العليا والدنيا. أمّا إذا كانت قيمة مؤشر CpK يزيد عن 1.0 تكون أقرب للمستهدف مع عيوب أقل . أمَّا إذا كانت قيمة CpK أقل من 1.0 فإنَّ تباين العملية ستكون خارج السماح المحدد ، ربما السبب عدم تمركز العملية أو ربما الانحراف عن القيمة المرغوبة لمؤشر CpK هي أقل من 1.0.

ولابد من ملاحظة أنَّ قيمة نسبة قابلية العملية (CpR) ومؤشر قابلية العملية (CpK) ستكون نفس القيمة عندما تكون العملية متمركزة. لكن إذا كان وسط العملية غير متمركز على الوسط المرغوب " المحدد "، فيتم استعمال الرقم الأصغر . ولترسيخ فهم مؤشر CpK نقوم بالتطبيق الآتي (Motorcu,Gullu,2006:366)(Stevenson .2005:454):

عملية لها وسط حسابيّ (9.20) غرام وانحراف معياريّ (.30) غرام . حد المواصفة الدنيا (7.50) غرام والعليا (10.50) غرام . أحسب CpK.

١. حساب النسبة لحد المواصفة الدنيا:

$$\frac{\text{Process mean} - \text{Lower Spec. Limit}}{3\sigma} = \frac{9.20 - 7.50}{3(.30)} = \frac{1.70}{.90} = \mathbf{1.88}$$

٢. حساب النسبة لحد المواصفة العليا:

$$\frac{\text{Upper Spec. Limit} - \text{Process mean}}{3\sigma} = \frac{10.50 - 9.20}{3(.30)} = \frac{1.30}{.90} = 1.44$$

أصغر النسبتين هي (1.44) ، لذلك هذا هو مؤشر قابلية العملية CpK ولأنَّ CpK أكبر من (1.33) فإنَّ العملية ذات قابلية .

إذن هذه هي أهم المؤشرات المستخدمة في قياس قابلية ا لعملية . ويمكن أن نعكس خلاصة هذين المؤشرين بالجدول (٣) .

Process Capability		
Formula	Symbol	Name
$\frac{\text{Specification width}}{6\sigma}$	Cp	Capability Index For a centered process
$\frac{\text{Mean} - \text{Lower Spec.}}{3\sigma}$ --- $\frac{\text{Smaller of Upper Spec.} - \text{Mean}}{3\sigma}$	CpK	Capability Index for a no centered process

الجدول (٣) مؤشرات قابلية العملية

Source : Stevenson , William J., (2005), Operations management , 8th ed.,McGraw_ Hill com ., New jersey . p 457 .

ومن أبرز المعوقات أو المحددات التي تواجه استخدام مؤشرات القابلية (Stevenson,2005:456):

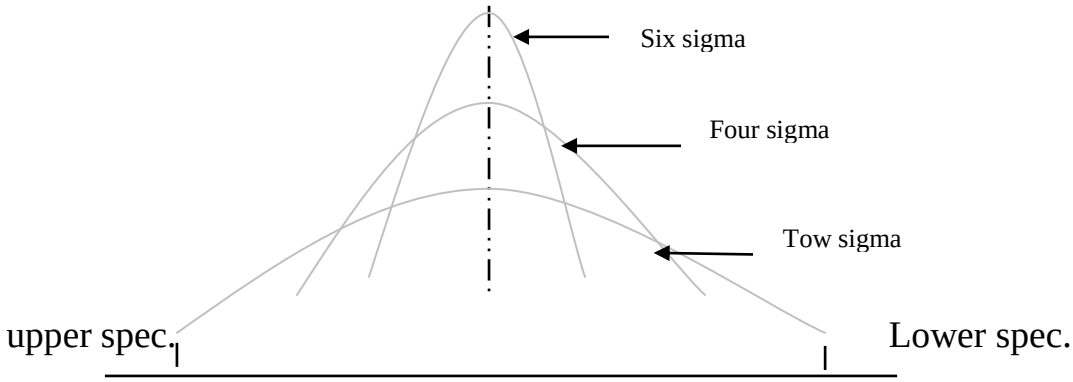
١. في حالة العملية غير المستقرة فإنَّ مؤشر القابلية لا فائدة منه.

٢. في حالة مخرجات الع ملية ليست موزعة توزيعاً طبيعياً ، فإنَّ الاستنتاجات عن نس بة المخرجات غير المقبولة ستكون غير صحيحة.

٣. إذا كانت العملية غير متمركزة واستخدمت مؤشر Cpr فإنَّها تعطي نتيجة مضللة.

رابعاً _ مدخل الانحرافات الستة Six – Sigma approach

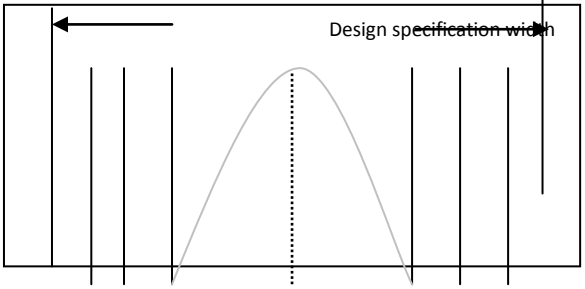
- الانحرافات الستة (Six sigma- 6σ) منهجية تحسين العملية المعتمدة إحصائياً والتي تهدف إلى تخفيض العيوب إلى معدل (3.4) عيب لكل مليون بتحديد وتقليص أسباب التباين في عمليات إنتاج السلعة أو تقديم الخدمة . إذن هدف الانحرافات الستة هو فقط (3.4) عيب أو خطأ من كل مليون فرصة عيب ، وهذا يترجم إلى (99.99966%) مطابق (David ,Mark M.,etal.,2003:230).
- الانحرافات الستة: تشير إلى عدد الانحرافات المعيارية عن الوسط الح سابي في أية عملية مقاسه إحصائياً. في العملية الموزعة توزيعاً طبيعياً فإنَّ تقريباً (95.44) بالمائة من كل القيم تقع ضمن (±2σ) عن الوسط الحسابي ، و (99.73) بالمائة تقع ضمن (±3σ)، و(99.99966) بالمائة تقع ضمن (±6σ) (Noori,Radford,1995:158). والشكل (٦) يبين آثار تخفيض التباين من خلال منهجية (6σ) على قابلية العملية .

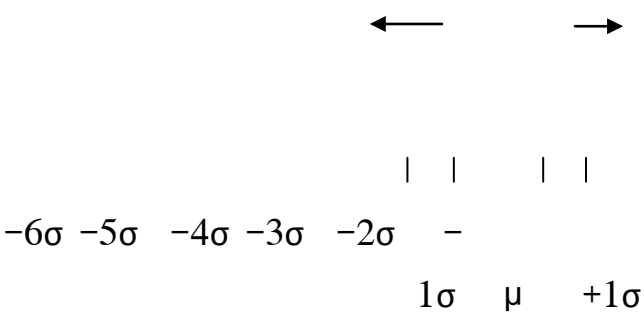


الشكل (٤) آثار تخفيض التباين على قابلية العملية من خلال ستة انحرافات

Source : Krajewski, ,Lee J.,Ritzman , Larry P., Malhotra ,Manoj K., Operations Management :process and value chains , (2007), 8th ed., Pearson practice Hall , New Jersey.P228

الانحرافات الستة تعتمد على الانحراف، مفهوم التشتت حيث كلما كان مستوى الانحراف أعلى كلما كانت جودة العملية، الخدمة، أو المنتج أفضل. بمعنى أنَّ التناسب عكسي بين انحراف مواصفات التصميم وتباين العملية ، وكما موضح بالشكل (٧) .





الشكل (٥) قابلية عملية تعتمد ستة انحرافات مع عدم تغير العملية

Source : Waller , Derek L., (2003), Operations Management : a supply chain approach, 2nded., Thomson.london.p629.

كما نلاحظ من خلال العرض أنَّه عند اعتماد العملية مستوى انحراف معين مثلاً، والغالب استخدام (± 3 σ) من قبل الشركات وتساوي سماح التصميم مع مقدار تباين العملية وتساوي وسط التصميم مع وسط العملية ، بذلك تكون نسبة قابلية العملية (Cp) مساوية ل (1.0). وتحت هذه الظروف تكون مخرجات العملية الصالحة (99.73) والمتممة بالعكس أي (2700) عيب لكل مليون . ويمكن عرض نسبة الوحدات الصالحة والمعيبة عند كل مستوى من مستويات الانحراف المعتمدة من قبل العملية من خلال الجدول (٤).

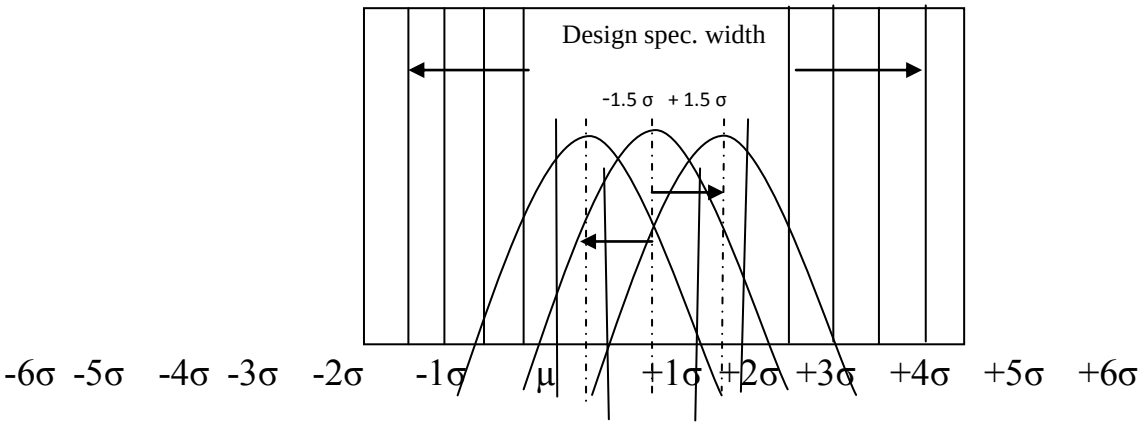
Sigma control limits	Percentage conforming	Percentage non-conforming	Defects per million
1.00	68.2689480	31.7310520	317.310.5195
2.00	95.4499876	4.5500124	45.500.1241
3.00	99.7300066	0.2699934	2.699.9344
4.00	99.9936628	0.0063372	63.3721
5.00	99.9999426	0.0000574	0.5742
6.00	99.9999998	0.0000002	0.0020

الجدول (٤) حدود الانحرافات الستة على التوزيع الطبيعي

Source : with adoption from : Waller , Derek L., (2003), Operations Management : a supply chain approach, 2nded., Thomson.london.p629.

حالة التمركز للعملية ونسب المعيب الناتج عن العملية عند كل مستوى من مستويات الانحراف المختلفة في حالة عدم وجود تغيير بالعملية وعلى المدى القصير. لكن، على المدى الطويل فعلى الغالب توزيع العملية تخضع إلى التغيير (أي تغيير وسط العملية وطرفي التوزيع) عن وسط وطرفي مواصفات التصميم.

وتغيير العملية هو انحراف العملية عن الوسط المستهدف . ومن خلال البيانات ا لتاريخية عن عمليات متنوعة واسعة، فإنَّ أوساط العملية الفعلي يمكن أن ينحرف بمقدار (σ 1.5) عن وسط التصميم وكما موضح في العرض (٦).



الشكل (٦) انحراف وسط العملية

Source : with adapting from :

1. David ,Mark M., Aquilano, Nicholas J., Chase , Richard B., (2003) , fundamentals of operations management, 4th ed.,McGraw-Hill com., New York .
2. Waller , Derek L., (2003), Operations Management : a supply chain approach, 2nded., Thomson. London.

وبهدف استيعاب التغيير بالعملية في الأجل الطويل لابد من اعتماد مستويات جودة عالية والمتمثلة بجودة الانحرافات الستة ، وعليه فإن نسبة المعيبات في ظل عملية متغيرة وعند كل مستوى من مستويات الانحراف الستة تكون كما موضح في الجدول (٥)

Sigma control limits	Defects/million no shift (two tail)	Defects/million with 1.5 σ shift (one tail)
1 σ	317.310.5195	682.689.4805
2 σ	45.500.1241	308.537.5326
3 σ	2.699.9344	66.807.2288
4 σ	63.3721	6.209.6799
5 σ	0.5742	232.6734
6 σ	0.0020	3.4008

الجدول (٥) جودة الانحرافات الستة مع التغيير في العملية (معدلات العيوب لمستويات الانحراف المختلفة σ بافتراض تغير 1.5 في الوسط الفعلي عن وسط التصميم)

Source : Adapting from : David ,Mark M., Aquilano, Nicholas J., Chase , Richard B., (2003) , fundamentals of operations management, 4th ed.,McGraw-Hill com., New York.

أما سبب اعتماد (1.5 σ) مقدار التغير في العملية عن الوسط ، فإنَّ شركة Motorola المبتكر لمفهوم (six-sigma) وجدت أنَّ هذا التباين بشكل طبيعي يقع بين 1.4 و1.6 انحراف طبيعي طبعاً في حالة تغير العملية . إذن معدل التغيير 1.4 + 1.6 = 3/2 = 1.5. (Krajewsky,et.al.,2007:231) .

وأنَّ نموذج التحسين المعتمد من قبل الانحرافات الستة لأجل تخفيض تباين العمليۀ بنوعيه : تباين عشوائي (الذي هو متأصل فـي تصميم العملية نفسه – سبب عام). وتباين غير عشوائي (الذي يمكن أن يعزى إلى أسباب قابل ة للتحديد مثل : ضعف المادة الداخلة إ لى العملية، ضعف تد ريب العامل ، وغيرها – سبب خاص). حيث الخطوة الأولى في تخفيض التباين العام هو بإزالة التباين الناتج عن سبب خاص ومن ثم استلزم خفض التباين الناجم عن السبب العام بتصميم عملية جديدة.

وهذا النموذج يسمى بـ (نموذج تحسين الانحرافات الستة أو منهجية الخطوات الخمسة _ DMAIC) وهي استعمال الأدوات الإحصائية لجمع البيانات عن كل مرحلة من المراحل الخمسة الآتية (Hossain,2000:1178) (Krajewski,etal.,2007:233) (Greasly,2006:401): .

١. يعرف (Define): يحدد مجال التحسين الممكن ويعرف مجال المشروع والعمليات المشمولة ويعين فريق المشروع .
٢. يقيس (Measure): يقرر أية خصائص للعملية التي تحتاج إلى تحسين. يحدد متغيرات المدخلات المهمة التي يم كن أن تراقب وتؤثر على المخرجات ، ويحدد ما الذي يس بب الأداء غير المقبول أو العيوب. جمع البيانات الكافية عن أداء العملية.
٣. يحلل (Analyze): استعمال البيانات المجموعة في مرحلة القياس لتوثيق الأداء الحالي .واستعمال خرائط الرقابة للحكم على العملية هل هي تحت السيطرة أم لا . ويمكن مقارنة أداء العملية بالعمليات الداخلية أو الخارجية المشابهة.
٤. يحسن (Improve): التخلص من جذر أسباب التباين غير العشوائي لتحقيق التحسينات في قابلية التنبؤ، التشتت، والتمركز . فإن لم يتم إيجاد أسباب كافية فيتم توجيه جهود التحسين على تصميم المنتج أو العملية .
٥. يراقب (Control): إثبات صحة وترسيخ التغير من خلال استعمال تقنيات مثل خرائط الرقابة. تشارك الخبرات لنقل المعرفة بين فريق تحسين العملية.

المبحث الثاني: الجانب التطبيقي

يتضمن الجانب التطبيقي من البحث المراحل التالية من أجل فحص قابلية العملية في مصنع لصناعة الأنابيب البلاستيكية وتطبيق المؤشرات الخاصة بقابلية العملية لتحديد إن كانت العملية ذات مقدرة أم لا . فإنْ كانت العملية ذات مقدرة فهذا هو المطلوب . أما إن كانت العملية ليست ذات مقدرة فعلينا أن نبحث عن الأسباب ومن ثم معالجتها من أجل نقل العملية من حالة عدم المقدرة إلى المقدرة أي عملية تحقق أقل ما يمكن من المعيبات.

المرحلة الأولى: جمع وتسجيل البيانات من خلال قيام المشغل بقياس قطر الأنبوب لـ (٢٠) عينة بالساعة وبمعدل (٤) أجزاء لكل عينة (بمعنى عدد العينات K = 20 وحجم كل عينة N = 4). وكما معروض في الجدول (٦) . الجدول (٦) العينات المسحوبة من خط إنتاج المصنع

رقم العينة	X1	X2	X3	X4	الوسط الحسابي (X)	المدى (R)
1	5.01	5.00	5.03	5.06	5.025	0.06
2	4.99	5.03	5.03	5.05	5.025	0.06
3	5.03	5.04	4.99	4.94	5.00	0.10
4	5.05	5.03	5.00	5.01	5.022	0.05
5	4.97	5.04	4.96	5.00	4.992	0.08
6	4.97	5.00	4.99	5.02	4.995	0.05
7	5.06	5.00	5.02	4.96	5.010	0.10
8	5.03	4.98	5.01	4.95	4.992	0.08
9	5.05	5.03	5.05	4.98	5.028	0.07
10	4.99	5.03	5.01	4.96	4.998	0.07
11	4.94	5.05	5.05	4.94	5.005	0.11
12	4.95	5.04	4.99	4.99	4.992	0.09
13	5.00	5.05	5.01	4.97	5.008	0.08
14	4.96	5.03	5.05	5.00	5.010	0.09
15	5.08	5.01	5.02	4.96	5.018	0.12
16	5.02	4.98	5.04	4.94	4.998	0.09
17	5.02	4.99	4.99	5.04	5.010	0.05
18	4.99	5.00	5.05	5.05	5.022	0.06
19	5.03	5.02	5.01	4.96	5.005	0.07
20	5.02	5.04	5.04	5.04	5.040	0.02
Total					**100.195**	**1.50**

المرحلة الثانية : حساب خطوط مركز وحدود الرقابة للمخطط . وهذه المرحلة تتضمن خطوات عديدة :

الخطوة الأولى: حساب معدلات ومديات كل عينة ولجميع العينات مثلاً للعينة الأولى :

$$X1 = \sum X/K = 5.01 + 5.03 + 5.00 + 5.06 / 4 = 5.025$$

$$R1 = 5.06 - 5.00 = 0.06$$

فمتوسط كل عينة (X) يبن تمركز العملية، ومدى كل عينة (R) تبين انتشار أو تشتت العملية عند القيام بتمثيل العينات بيانياً.

خطوط المركز لمخططات الوسط والمدى هي المعدل الأعظم (بمعنى معدل المعدلات للعينات) X ويشار إليه X-Double bar ، وR ويشار إليه R-bar . وفي هذه الحالة فإنَّ:

X-Double bar = ∑X-bar/N = 100.195/20 = 5.010 cm

R- bar = ∑R / N = 1.5 /20 = 0.075

الخطوة الثانية: حساب حدود الرقابة وبالعادة الحدود تضع عند ثلاثة انحرافات معيارية أعلى وأدنى خط المركز ويشار إليها بشكل شائع بحدود $\pm 3\sigma$. وتحسب حدود الرقابة العليا والدنيا لمخططات الوسط والمدى كالآتي:

Upper control limit (ucl) = X-Double bar + (*A2)(R-bar)

Lower control limit (lcl) = X-Double bar - (A2)(R-bar)

X-Double bar = 5.010 , R-bar = 0.075

إذن حدود الرقابة لمخطط الوسط هي:

Ucl = 5.010 + (0.729)(0.075) = 5.010 + 0.055 = **5.065**

Lcl = 5.010 - (0.729)(0.075) = 5.010 – 0.55 = **4.955**

أما حدود الرقابة لمخطط المدى فهي :

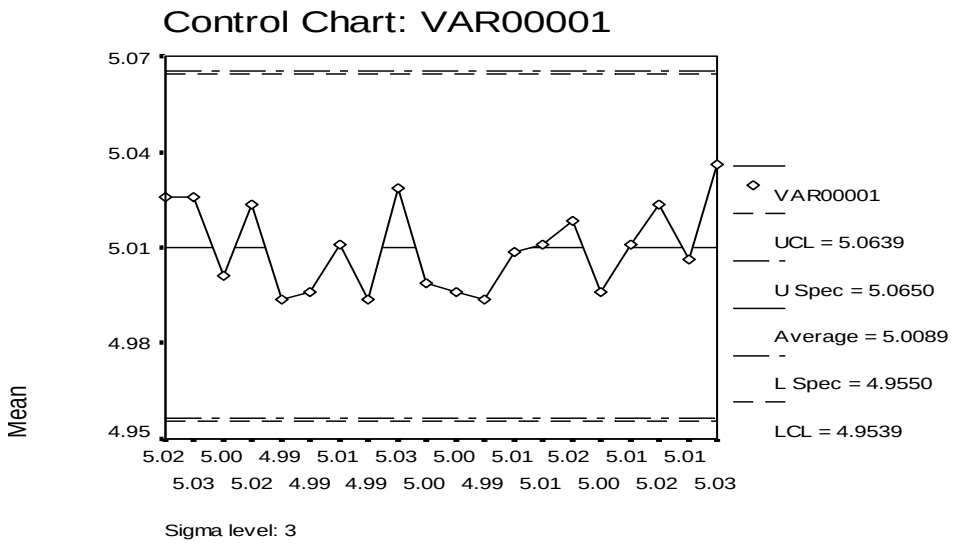
Ucl = (D4)(R-bar) = (2.282)(0.075) = **0.172**

Lcl = (D3)(R-bar) = (0)(0.075) = **0**

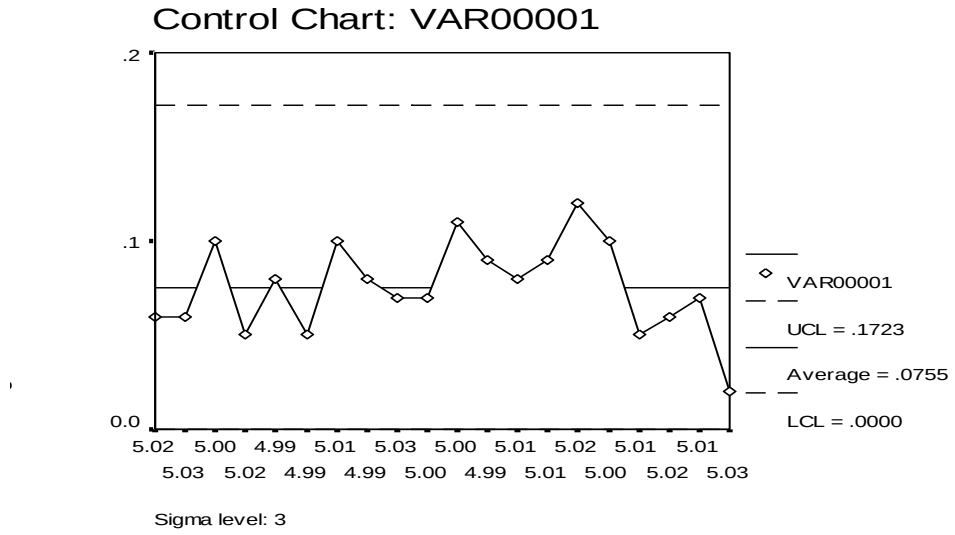
الخطوة الثالثة: رسم خرائط الرقابة للوسط والمدى باستخدام نتائج الخطوات السابقة وكما معروض في الشكل (٧) :

الشكل (٧) خرائط الوسط والمدى

* value of the constants (A2,D3,D4) founded in appendix -1 – in the last of research .



A–



B–

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد عل برامج الحاسوب.

الخطوة الرابعة: تحليل خرائط الرقابة للتحقق من هل أنّ العملية ضمن حدود الرقابة. ولأجل الإجابة على هذا السؤال لابد أن نعرف هل هناك نقاط خارج حدود الرقابة . ويتم إجراء بعض الاختبارات القليلة والتي تقسم بشكل شائع إلى قسمين كالآتي:

- سبعة من النقاط المتتالية إمّا أعلى أو أدنى خط المركز.
- ثمانية أو أكثر من النقاط المتتالية تقع على نفس الجانب من الخط المركزي.

فشل أياً من الاختبارين يؤشر الى وجود انحراف خاص ، مخرجات غير مستقرة ، والعملية خارج حدود الرقابة.

الخطوة الخامسة: التحقق أو البحث عن أسباب الانحراف الخاص، قد يكون المشغل الجديد، دفعة المواد الأولية الجديدة، أو اختلاف معيار القياس . فلابد من تقصي السبب الخاص ومعالجته ومن ثم بناء مخطط الرقابة الجديد لإثبات أنَّ العملية تحت السيطرة.

المرحلة الثالثة : يتضح من مخطط الوسط والمدى أنّ العملية تحت السيطرة والتباين فقط في مخرجات العملية تباين شائع وهذا التباين مساوٍ إلى ستة انحرافات معيارية (6σ) الذي يشار إليه بقابلية العملية الطبيعي.

" والسؤال الآن: هل أنَّ العملية تحت السيطرة تعني أنّها ذات مقدرة ؟ الجواب ليس بالضرورة . لأن العملية تحت السيطرة معناها أنّ المنتجات ضمن حدود تباين العملية مثلاً (2 ± 10). لكن تباين العملية يتجاوز سماح المواصفة (1 ± 10) ".

فنقوم أولاً بتحديد قابلية العملية الطبيعية كالآتي : الانحراف المعياري لمخرجات العملية غير معروف ولكن يتم توقعه كالآتي : ($\sigma = R - bar/d2$) حيث إنّ:

σ : الانحراف المعياري المتوقع

d2: عامل التحويل الموجود في جداول رقابة الجود ة (لاحظ جدول الثوابت في الملحق) وأنَّه دالة حجم العينة

إذن من جدول الثوابت لحجم العينة (N = 4) فإن D = 2.059 و R-bar = 0.075cm فإنّ:

$$\sigma = R - bar/d2$$

$$\sigma = 0.075cm/2.059 = 0.036$$

إذن القيمة لستة انحرافات تصبح

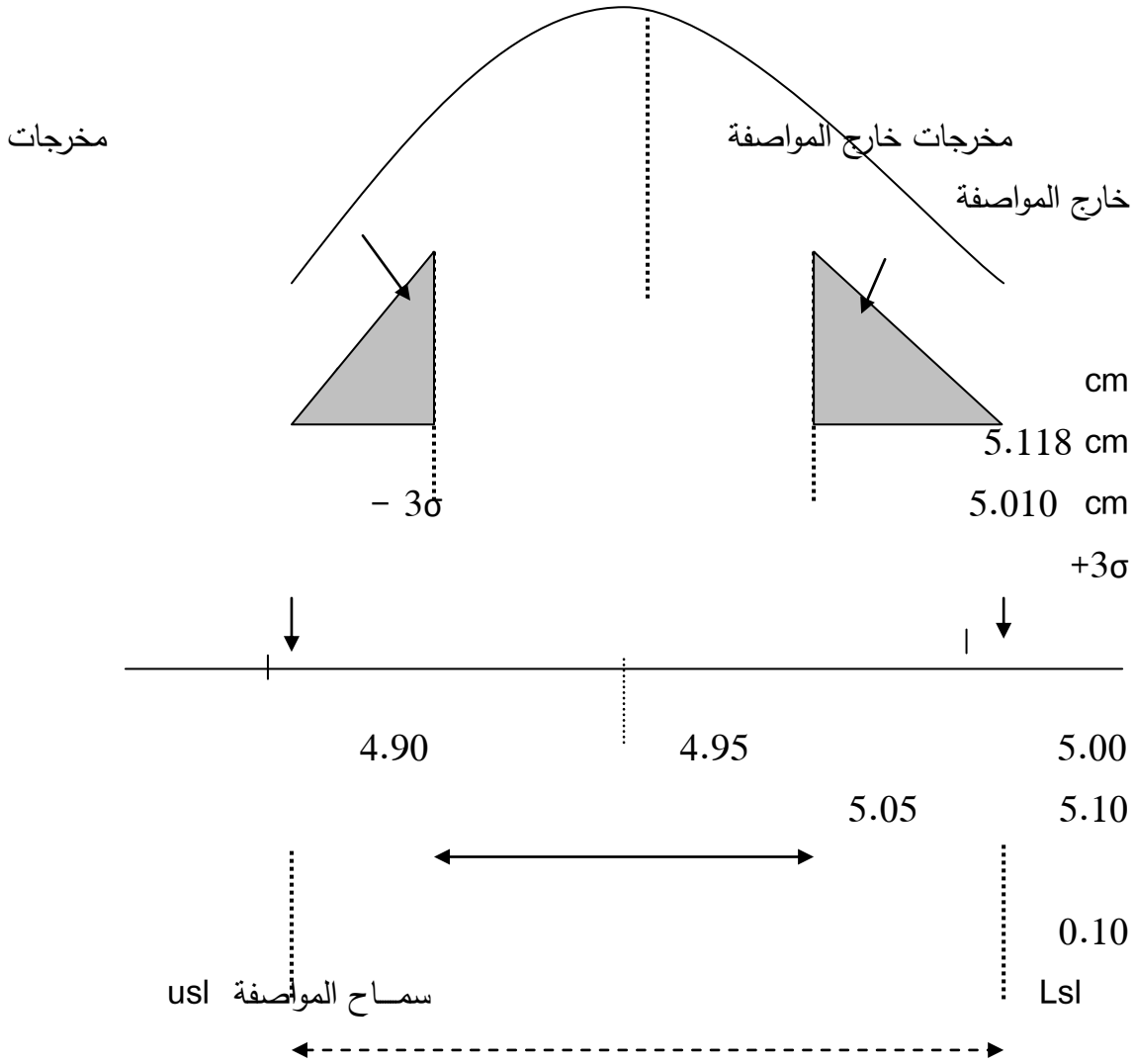
$$6\sigma = 6\ (.0.036) = 0.216$$

القابلية الطبيعية (0.216) فقط الانحراف المتوقع

العملية متمركزة عند (5.01cm) قيمة x-Double bar بمعنى أنّ مخرجات العملية يتمركز عند (5.01cm) وتمتد 3σ أي (0.108cm) أعلى (5.118cm) وأدنى (4.902) المركز.

وأنّ سماح المواصفة (5.00 ± 0.05cm) أي حدود الرقابة العليا (5.05cm) وحدود الرقابة الدنيا (4.95cm)

وبما أنّ مقدار سماح المواصفة هو (0.10cm) وهذا المقدار من السماح هو أقل بكثير من مقدار التباين بالقابلية الطبيعية للعملية والبالغة (0.216cm). ويمكن أن نعكس هذا الكلام من خلال الشكل (١٠).



القابلـية الطبيعـية (6σ) = (0.216)

أي تباين العملية

الشكل (٨) منحنى التوزيع الطبيعي لقابلية العملية

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على النتائج المستخرجة

حيث إنَّ:.

Usl: حدود المواصفة العليا.

Lsl: حدود المواصفة الدنيا.

حساب مؤشر قابلية العملية : Cpk Computation: ممكن التحقق من قابلية العملية من خلال مؤشر العملية دون الحاجة إلى المرحلة الأخيرة . وهنا تستخدم مؤشر قابلية الع ملية وليس نسبة قابلية العملية لأنَّ العملية ليست متمركزة " أي مركز العملية لا يساوي مركز المواصفة " ،

ولأجل مقارنة مخرج العملية مع المواصفة يتم حساب مؤشر قابلية العملية للوصول إلى رقم واحد يحمل معظم المعلومات الموجودة في شكل منحنى التوزيع الطبيعي السابق . والصيغة لحساب مؤشر قابلية العملية هي :

$$Cpk = \min\left(\frac{Usl - \bar{\bar{x}}}{3\sigma}, \frac{\bar{\bar{x}} - lsl}{3\sigma}\right)$$

إذا كان مخرج العملية غير متمركز على المواصفة المستهدفة فإنَّ المخرجات خارج العملية تزداد أكثر عند الاقتراب من حدود المواصفة (والتركيز يكون على القيمة الأدنى من القيمتين). بالنسبة للحالة الموجودة. فيها أنَّ (x-double bar = 5.01) هو أقرب إلى الحد الأعلى منه إلى الحد الأدنى. الكسر الأدنى هو (usl-x-double bar). إذن قيمة مؤشر قابلية العملية هي:

$$Cpk = \frac{5.05 - 5.01}{3\,(0.036)} = \frac{0.04}{0.108} = 0.37$$

ماذا تعني هذه القيمة ؟ القيمة ضعيفة وهذا يعني أنَّ نسبة كبيرة من مخرجات العملية لا تلبي المواصفات .

المبحث الثالث: تفسير النتائج وأهم المقترحات

يمكن تفسير النتائج التي ظهرت كالآتي:

١. ثبت من خلال خارطتي الوسط الحسابي والمدى للعملية أنَّ العملية تحت السيطرة إحصائياً نظراً لكون جميع الوحدات المنتجة ضمن حدود الرقابة العليا والدن يا لخارطتي الوسط والمدى للعملية.
٢. إنَّ قيمة قابلية العملية أشر ت أنَّ العملية ليست متمركزة حيث كانت قيمة قابلية العملية (3σ أي ±5.01) في حين أنَّ قيمة المواصفة التصميمية هي (05. ±5.) .
٣. ثبت من خلال تحليل البيانات أنَّ تباين العملية " أي الفرق بين حدود الرقابة العليا والدنيا بلغت (0.216) بينما حدود السماح للمواصفة بلغت (0.10) بمعنى أنَّ تباين العملية يزيد عن ضعف سماح المواصفة.
٤. بما أنَّ العملية غير متمركزة فتم استخدام مؤشر قابلية العملية لقياس قابليت ها وليس نسبة قابلية العملية " لأنَّ الأخيرة تستخدم في حالة تمركز العملية " وكانت النتيجة (0.036) وهي منخفضة جداً ، حيث إنَّ قيمة هذا المؤشر كلما زاد عن الواحد الصحيح كلما كان أفضل.

٥. إنَّ السبب الرئيس وراء انخفاض قيمة مؤشر قابلية العملية هو عدم تمركز العملية فضلاً عن أنَّ تباين العملية أوسع بكثير من تباين المواصفة أو سماح المواصفة.

أهم مقترحات البحث: بناءً على نتائج البحث يمكن أن نقترح الآتي:

١. تقليل التباين غير العشوائي الذي يعزى إلى السبب الخاص، وهي أسباب قابلة للتحديد مثل " ضعف مواصفات المادة الأولية، قلة خبرة ومهارة الفرد العامل، وظروف العمل غير الملائمة وغيرها)
٢. تقليل التباين العشوائي بإزالة " تباين العملية الطبيعي " الناتج عن السبب الخاص فضلاً عن إعادة تصميم العملية إن تطلب الأمر لأجل تقليص التباين الطبيعي.
٣. تحسين قابلية العملية من خلال تخصيص الوظائف ذات السماح الأقل إلى المكائن ذات القابلية الأكثر (أي تباين العملية قليل). وبالعكس، أي الوظائف ذات مواصفات التصميم الأكثر سماحاً إلى المكائن ذات الأقل دقة (أي تباين العملية أكثر).
٤. تحسين موقع مخرجات العملية بواسطة الحصول على معدل عملية (x-double bar) قريب إلى المواصفة المستهدفة.
٥. اتخاذ الإجراءات لتخفيض التباين (σ) بالعملية دون توسيع حدود المواصفات التصميمية لأنَّ التحسين المستمر يسعى دائماً لتضييق سماح المواصفة لأجل تقديم منتج أو خدمة ذات جودة أفضل للزبون .

المراجع :

2. David ,Mark M., Aquilano, Nicholas J., Chase , Richard B., (2003) , fundamentals of operations management, 4thed.,McGraw-Hill com., New York .
3. Evans , James R., (1997) , Production / Operation Management : Quality , Performance , and Value , 5thed., West Publishing Com., New York .
4. Finch , Byron J., (2006), Operations Now : Profitability , Processes , Performance ,2nded., McGraw-Hill , Boston .
5. Greasly , Anderw , (2006) , Operations Management , john Wiley and sons , LTD., England .
6. Heizer Jay , Render Barry , (2009) , Operations Management , 9thed., Pearson Prentice Hall , New Jersey . p203
7. Hossain , Akram , (2000) , Statistical Analysis & Process Capability Determination of an industrial process , p 1178-1185 IEEE. www.ivsl.org
8. Hradesky , Jack , (1995) , Total Quality Management Handbook , McGraw-Hill, Inc , New York .

9. Jain , K .C., Aggarwal , L.N., Production Planning , Control , and Industrial Management ,(2008) , 6thed., Khanna publisher ,Delhi .
10. Krajewski, lee J . , Ritzman , Larry P., Malhotra . Manoj K., (2007), operations management : processes and value chains , 8th ed., Pearson prentice Hill , new jersey .
11. Mahajan M.S. Industrial Engineering and Production Management , (2008), DANA pat Rai and CO.(p)LTD.Delhi.
12. Motorcu, Ali ,& Gullu , Abdulkadir ,(2006), Statistical Process Control in Machining : A case study for machine tool capability & process capability , Material & Design /27 , p 364-372. www.ivsl.org
13. Nicholas, John M., Competitive Manufacturing Management : Continuous Improvement, Lean production Customer-Focused Quality, McGraw-Hill, Boston.
14. Noori, Hamid , & Radford , Russell , (1995) , Production and Operations Management : Total Quality and Responsiveness , McGraw-Hill, Inc., New York
15. Schonberger , Richard J., Knod ,Edward M., (1997) , Operations Management : Costumer Focused Principles , 5thed., McGraw-Hill com., Boston .
16. Slack , Chambers, Johnston, (2004), Operations Management , 4thed., Prentice Hall , London .
17. Stevenson , William J., (2005), Operations Management , 8th ed.,McGraw_ Hill com ., New jersey .
18. Waller , Derek L., (2003), Operations Management : a supply chain approach, 2nded., Thomson. London.

الملحق (١) جدول الثوابت

حجم الع ينة Ni	عامل حدود الرقابة للمعدلات (مخطط الوسط) A2	عامل حدود الرقابة العليا للمديات D4	عامل حدود الرقابة الدنيا للمديات D3	عامل انحراف العملية المتوقع (σ = R/d2) d2
2	1.880	3.267	0	1.128
3	1.023	2.575	0	1.693
4	**.729**	**2.282**	**0**	**2.059**
5	.577	2.115	0	2.326
6	.483	2.004	0	2.534
7	.419	1.924	0	2.704
8	.373	1.864	0	2.847
9	.337	1.816	0	2.970
10	.308	1.777	0	3.078