اختبار معنوية الانحرافات الظاهرة في مخرجات عملية الإنتاج باستخدام أسلوب المصفوفة المقدرة "دراسة حالة في معمل بابل 2 للبطاريات السائلة"

أ.م. مها عبد الكريم حمود الراوي* م.م. رشا جلال متلف**

المستخلص :

ان احد اهداف الانشطة الخاصة بقسم السيطرة النوعية هو ضبط وتحسين عملية الانتاج، من خلال الكشف عن الانحرافات في عملية الانتاج، اذ بالامكان تحديد تلك الانحرافات بشكل نظامي ومتعاقب والاقتراب من حالة العيب الصفري وذلك بالنظر الى جميع مخرجات العملية على انها انحرافات، والعمل على اختبارها. والوصول الى مرحلة العملية المنضبطة احصائيا، واجراء التغييرات على العمليات كالقيام بتحسينها او اعادة هندستها لجعلها ضمن مستوى المنافسة، وبالتالي تحديد العمليات المعيارية إذ هي العمليات الاكثر كفاءة وفاعلية. لذا انطلاقا من فكرة ان جذور ادارة الجودة الشاملة تكمن في الاحصاء، حيث لايمكن الوصول الى مستوى فعال من الجودة دون استخدام الاساليب الاحصائية والكمية، فقد قدمت هذه الدراسة طريقة لاختبار معنوية الانحرافات الحاصلة في عملية الانتاج لاحد الورش الصناعية في معمل بابل 2 لانتاج البطاريات السائلة، وهي طريقة المصفوفة المقدرة .

Abstract:

One of the goals of Quality Control activities is process controlling and improvement, by finding the defect processes. This could be done in a systematic manner in order to achieve the zero defects by considering all of the process outputs as defective, and testing them. Then controlling the processes, improving or re-engineering them to achieve the competitive advantages, and finally setting the standard processes, which are more effective and efficient processes.

Based on the idea that is the bases of Total Quality Control are statistical and quantitative methods. So, this study proposes a method to test the significant of defects and errors may be appearing when using quality control charts. *This is the Hat Matrix method.*

1- المقدمة:

في ظل التنافس الحاصل بين المنشآت الصناعية في مجال تقديم منتجات بمواصفات عالية، وتصميم انظمة انتاج ذات عمليات انتاجية منضبطة، ظهرت الحاجة الى وضع منظومات فرعية ضابطة تتولى السيطرة

* الجامعة التكنولوجية / قسم العلوم التطبيقية .
** الجامعة التكنولوجية / قسم العلوم التطبيقية .
مقبول للنشر بتاريخ 2012/1/17

على المتغيرات والانحرافات التي من الممكن ان تظهر عند تشغيل تلك الأنظمة والتي تكون مسؤولة عن تأمين تطبيق المعايير النوعية الخاصة بمستويات الجودة المطلوبة في المنتوج. احد هذه الانظمة الفرعية نشاط السيطرة النوعية Quality Control (QC) الذي يعد النظام الفعال الهادف الى تكامل جهود جميع الأقسام ذات العلاقة بالنوعية داخل المنشات بهدف تطوير الجودة وتحسينها لضمان تقديم المنتجات بالنوعية الملائمة التي تلبي رغبات المستهلكين واحتياجاتهم وبأقل التكاليف الممكنة [3] .

2- مشكلة الدراسة:

تعد مشكلة الوصول الى حالة السيطرة على عمليات الانتاج، وضبط مقدرة عملية الانتاج (PC) Process Capability ، وجعل جميع الوحدات المنتجة ضمن حدود المواصفات المعتمدة والحفاظ على هذه الحالة مع مرور الزمن من اهم المشاكل والتحديات التي تواجه ادارات الشركات الانتاجية بشكل عام وادارات اقسام السيطرة النوعية بشكل خاص. لذا فان قياس مقدرة عملية الانتاج وضبطها يتطلب استخدام اساليب رياضية كفوءة قادرة على تحديد الانحرافات وحصرها والتعرف على مسبباتها وبالتالي العمل على ازالتها.

حيث ان اغلب اساليب السيطرة الاحصائية[1] Statistical Process Control (SPC) methods المستخدمة في قياس وضبط مقدرة عملية الانتاج ركزت على الكشف عن الاخطاء والانحرافات التي تظهر في الوحدات المنتجة وعمليات الانتاج، دون التأكد من معنوية هذه الاخطاء، مما يتسبب في زيادة الكلف المترتبة جراء اعادة سحب العينات لغرض الفحص والاختبار وربما رفض بعض الدفعات الانتاجية بالكامل. لذا كان لابد من استخدام تقنيات تعتمد على الاساليب الاحصائية وبحوث العمليات واختبارات المعنوية للتأكد من معنوية شذوذ قيم المشاهدات.

3- اهمية الدراسة:

تنبع اهمية الدراسة من استخدام طريقة المصفوفة المقدرة في احكام السيطرة على عمليات الانتاج والتأكد من معنوية ظهور الانحرافات والاخطاء فيها، بوصفها تقدم افضل حلول في قياس معنوية المسببات المؤدية الى ظهور تلك الانحرافات وبالتالي ضبط وتحسين مقدرة عملية الانتاج. اذ كان يعتمد سابقا في اتخاذ القرارات المتعلقة بقبول او رفض العينات على استخدام الاساليب الإحصائية التقليدية.

4- هدف الدراسة:

يتمثل هدف الدراسة في اختبار معنوية الانحرافات الظاهرة في مخرجات عملية الإنتاج والناجمة عن المسببات الخاصة ، والتي من خلال الكشف عنها واختبار معنوية تأثيرها، يمكن بناء قرارات عدة حول رفض او قبول الدفعات.

5- مفهوم مقدرة عملية الانتاج Process Capability (PC):

يمكن اعتبار مقدرة عملية الانتاج كمقياس للمتغيرات التي تحدث خلال عمليات الانتاج، وتتمثل بقدرة العملية على الايفاء بمتطلبات التصميم للمنتج او الخدمة [11]. ومن المعروف انها تتاثر ببعض العوامل والظروف مثل ادوات القياس المستخدمة ومهارات القائمين على عمليات القياس والمسؤولين عن تنفيذ عمليات الانتاج، فضلا عن نوعية ومواصفات المواد الاولية المستخدمة والاداء النوعي للمكائن وخطوط الانتاج.

يقصد بالعملية توحيد وتداخل مجموعة من الافراد والالات والمواد والطرائق والمقاييس لتحويل المدخلات الى مخرجات نهائية. لذا يمكن تعريف مقدرة عملية الانتاج بانها قابلية العملية الانتاجية المنضبطة احصائيا على انجاز الخاصية النوعية وضمن المواصفات المحددة. والمقصود بالانضباط الاحصائي لعملية الانتاج هو ان يكون التشغيل تحت السيطرة Process in Control [3]، لذا يجب اولا معرفة لوحات السيطرة Control Charts التي يقاس من خلالها الانضباط الاحصائي.

يشترط عند قياس مقدرة عملية الانتاج ان تكون العملية منضبطة احصائيا، اي ان التشغيل تحت السيطرة، حينها يمكن تأشير جميع المتغيرات التي تطرأ على التشغيل وحصرها ضمن حدود السيطرة المحددة

---

[1] وهي ادوات واساليب كمية تستخدم في قياس الاداء الحالي للعمليات ، ومعرفة فيما اذا كانت العمليات قد تغيرت لسبب ما بالشكل الذي يؤثر على اداءها في المستقبل. ومن بينها: لوحات السيطرة للمتغيرات، لوحات السيطرة للمميزات، قدرة العملية، هندسة الجودة (دالة تاكوشي) [11].

في جداول السيطرة والتي تستخدم كقاعدة للحكم على الشواهد فيما اذا كان هناك خلل او انحراف ما. عندما يكون التشغيل تحت السيطرة فانه سيمكن حساب مقدرة العملية الذي سيتم على اساسه اتخاذ العديد من القرارات كأقرار مواصفات المنتوج، تحديد نسب المعيبات، تحديد حجم العمل المعاد او التالف، والسماح للمشتري الاعتماد على بيانات المنتج.

6- مراحل دراسة مقدرة عملية الانتاج:

عند دراسة وحساب مقدرة عملية انتاجية معينة، لابد من اخذ الخطوات الاتية بنظر الاعتبار:- [4]

اولا: مرحلة التخطيط:- تمثل مرحلة التخطيط الخطوة الاولى في اختيار الخاصية النوعية المطلوب دراستها ، وان دراسة التغير في كل خاصية يستدعي جمع بيانات بغية اجراء تحليل لها ، وينبغي عند اجراء اي دراسة تسجيل ظروف التنظيم والتشغيل بصورة متكاملة وبشكل دقيق لأن ذلك شرط اساس لتمكين مقدرة العملية التي سيتم احتسابها من تشخيص ظروف الاختبار الموقعية الصائبة .

ثانيا: مرحلة التنفيذ:- تشمل مرحلة التنفيذ جمع كافة البيانات اللازمة للمرحلة الثالثة، ولابد الاخذ بنظر الاعتبار انه يجب عند جمع البيانات للماكنة او الدفعة الانتاجية تثبيت بعض الامور مثل عدم اعادة تهيئة واعداد المكائن بعد تسجيل البيانات ولنفس الدفعة، ان يتم تسجيل البيانات خلال ظروف التشغيل الطبيعية، ان تجري عمليات التسجيل من قبل نفس الشخص / الاشخاص، وان تجري ضمن نفس الدفعة الانتاجية.

ثالثا: حساب مقدرة عملية الانتاج:- تحتسب مقدرة عملية الانتاج بموجب المعادلة الاتية:

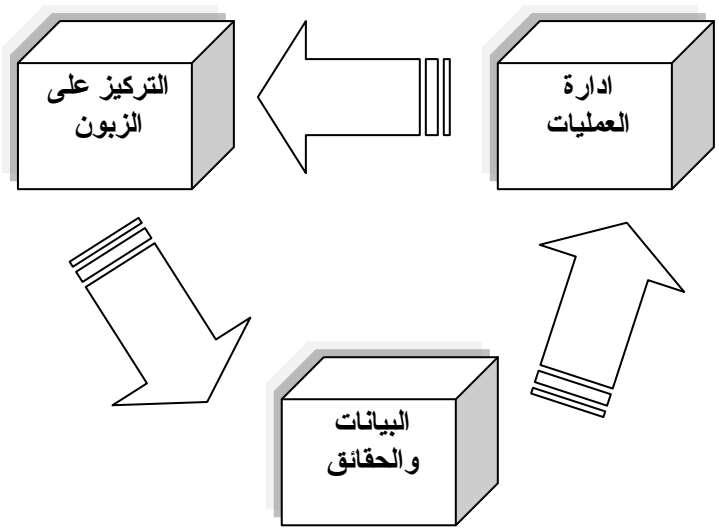
$$PC = 6\sigma$$

اذ ان: σ يشير الى الانحراف المعياري لعملية الانتاج.

يختلف مفهوم (6σ) جوهريا عن مبادرات الجودة التي كانت سائدة في عقدي السبعينات والثمانينات من القرن الماضي كالتحسين المستمر وادارة الجودة الشاملة، اذ يشتمل هذا المفهوم على مراقبة وقياس وتحسين مقدرة العملية من اجل تقديم منتوجات خالية من العيوب [1]. ان طريقة (6σ) هي منهجية منتظمة تستخدم المعلومات والتحليل الاحصائي لقياس وتحسين الاداء التشغيلي للمنظمة من خلال تحديد ومنع العيوب في الانتاج، والخدمات ذات العلاقة بالعمليات وايجاد معايير يمكن ان يثمنها المستهلك ويعتمد عليها.

تعتمد طريقة (6σ) اسلوب الادارة بواسطة الحقائق Management by Facts ، اذ انها تعتمد بالدرجة الاساس على الاساليب الاحصائية بشكل كبير من خلال تسجيل البيانات الخاصة باداء العملية في بداية المشروع كاساس للمقارنة المرجعية مع ملاحظة استخدام الرسوم والمخططات البيانية لتقديم البيانات المطلوبة خلال مراحل واجراءات التحسين المستمر للعملية. وتستخدم هذه الطريقة في المنظمات الانتاجية وغير الانتاجية ويتم التركيز من خلالها على الترابط الوثيق بين ادارة العمليات واستخدام البيانات والحقائق وتصب بالتالي نحو تحقيق رضا الزبون. والشكل (1) يوضح نظام عمل طريقة (6σ).

ان الهدف النهائي لنشاطات السيطرة النوعية وضبط الجودة هو كسب رضا الزبائن وتحسين وزيادة الارباح، لذا فان الطرائق والاساليب المستخدمة عبر مراحل تحسين اداء العملية ترتكز بالدرجة الاساس على فهم وقياس متطلبات الزبون وحاجاته ورغباته الاساسية. وباعتبار ان طريقة (6σ) هي اكثر من مجرد كونها مقياس لمعدلات العيوب التي تظهر في عمليات الانتاج، فضلا عن اشتمالها على مراقبة Controlling وقياس Measuring وتحسين Improving مقدرة العملية، فانها تشكل العمود الفقري لاستراتيجيات ادارة الجودة في العديد من الشركات والمنظمات.



شكل (1): نظام عمل طريقة (6σ). (Pande, 2002)

7- الاساليب الاحصائية المستخدمة في ضبط مقدرة عملية الانتاج:

تعد المقاييس العلمية الاساس الذي يرتكز عليه عند الكشف عن الاخطاء والانحرافات الناجمة في عملية الانتاج، من جانب اخر فانها تعد الاساس الذي يستخدم في تحديد فرص تحسين العملية وذلك من خلال تحديد وجمع البيانات اللازمة لقياس عملية الانتاج، تحليل الاداء، وخزن واعادة استخدام البيانات [10].

تعتمد الاساليب الاحصائية المستخدمة في السيطرة النوعية عادة على نمط عمليات السيطرة النوعية نفسها، فضلا عن خصائص نظام الانتاج كدرجة التعقيد وحجم العمل والعلاقة بين مراحل الانتاج ومتطلبات نوعية المنتوج. ومن المعلوم ان الوسائل المستخدمة في اجراءات السيطرة النوعية يمكن تصنيفها الى وسائل عامة (يدوية غالبا)، تستخدم في الرقابة على المنتجات الفريدة او على دفعة انتاجية صغيرة، وسائل ميكانيكية تستخدم للرقابة على الانتاج المستمر، وسائل خاصة يدوية للرقابة على الانتاج الواسع، ووسائل اوتوماتيكية للرقابة على ادق التفاصيل في المنتوج واجزاءه [3].

وايا" كانت الاساليب المستخدمة في السيطرة النوعية ، فان فاعليتها تتلخص في المشاهدة المنتظمة والمستمرة، والسيطرة على العينات المختارة، وتسجيل نتائج المشاهدات في جداول خاصة (جداول السيطرة) وتحليلها وبالتالي استخدام النتائج في تلك الجداول لأغراض تصميم المسالك التكنولوجية المستخدمة في عمليات الانتاج لتجنب ظهور المعيبات او التالف مستقبلا. وان تحديد الاسلوب الافضل الذي تعتمده اقسام السيطرة النوعية في الشركات والذي تتم في ضوءه عملية الفحص والاختبار يعتمد اساسا على طبيعة السلعة، ومدى رغبة الشركة في الحصول على المزايا التنافسية، وبالتالي مدى رغبتها في تحقيق رضا الزبائن.

بما ان السيطرة النوعية مجموعة من الوسائل العلمية المنظمة التي تتخذها الادارة لمقارنة الاداء الفعلي بالمواصفات والمعايير الموضوعة واتخاذ الاجراءات التصحيحية اللازمة بشان التباين والانحراف الحاصل [7]. لذا فان كفاءة نظام السيطرة النوعية وفعاليته تتجسدان بمدى الالتزام بالمواصفات المحددة وباقل التكاليف الممكنة من خلال فعالياته وانشطته المختلفة المتمثلة باجراء الفحوصات المطلوبة للعينات التي يتم سحبها، وتحليل النتائج واتخاذ الاجراءات التصحيحية والوقائية لمنع تكرار حدوث الانحرافات وبالتالي تحسين جودة المنتجات.

هناك العديد من الادوات المستخدمة في تسجيل وتحليل البيانات الخاصة بجودة المنتوجات وعمليات الانتاج ومطابقتها للمواصفات، وجميع هذه الادوات ، والتي تسمى الادوات السبع للسيطرة على الجودة The Seven Tools of Quality Control[2] ، تؤدي الى ابتكار وتطوير الحلول اللازمة في السيطرة على الجودة. من هذه الادوات استخدام المخططات المرئية كالمخططات الانسيابية وقوائم التدقيق ومخطط السبب والنتيجة والاساليب الاحصائية الرياضية كالمدرجات التكرارية ومخطط باريتو ومخططات التبعثر ولوحات السيطرة [9].

[2] جاءت فكرة الادوات السبع للسيطرة على الجودة من المهندس الياباني Kaoru Ishikawa الذي يرى ان 95% من المشاكل المتعلقة بالجودة يمكن حلها باستخدام هذه الادوات.

يمكن تعريف لوحات السيطرة بانها خارطة بيانية تستخدم كوسيلة لاتخاذ القرار المناسب بشأن سير عملية الانتاج في مرحلة انتاج معينة على وفق المسار المحدد لها وذلك من خلال سحب عينات عشوائية من الدفعات الانتاجية، وهي تتالف من محور افقي يمثل تتابع العينات المأخوذة بمرور الزمن، ومحور عمودي يعبر عن قيم المشاهدات المسجلة للخاصية النوعية المطلوب دراستها، وتتضمن ثلاثة حدود وهي حد السيطرة الاعلى والحد الوسطي وحد السيطرة الادنى [2]. ومن المعلوم ان هناك عدة انواع من لوحات السيطرة التي تستخدم للصفات المتغيرة Control Charts for Variables (مثل لوحة المتوسط ولوحة المدى ولوحة الانحراف المعياري) والصفات التمييزية Control Charts for Attributes (مثل لوحة عدد المعيبات ولوحة نسب المعيب) [11]. وتضم لوحة السيطرة ثلاثة خطوط افقية تمثل الاتي:

- الخط الوسطي Central Line (C.L) ويمثل متوسط متوسطات العينات المسحوبة في حالة رسم لوحة المتوسط او متوسط المديات في حالة رسم لوحة المدى.
- حد السيطرة الاعلى Upper Control Limit (U.C.L) والذي يرسم عادة على بعد ثلاثة انحرافات معيارية (+3σ) عن الخط الوسطي باتجاه الاعلى لتقليل نسبة الخطأ.
- حد السيطرة الادنى Lower Control Limit (L.C.L) والذي يرسم عادة على بعد ثلاثة انحرافات معيارية (- 3σ) عن الخط الوسطي باتجاه الاسفل. والشكل (2) يمثل شكل لوحة سيطرة.

شكل (2)

المظهر العام للوحة السيطرة

تعد لوحات السيطرة Control Charts من اكثر الطرق الاحصائية استخداما في مراقبة المتغيرات التي تحصل خلال عمليات الانتاج، اذ يتم تحديد فيما اذا كانت العملية منضبطة احصائيا ام لا من خلال وقوع جميع قيم المشاهدات التي يتم تسجيلها من العينات المسحوبة ضمن حدود الضبط الخاصة باللوحة المستخدمة. عندها يمكن حساب مقدرة عملية الانتاج والاستمرار باجراء عمليات الفحص بفترات زمنية تعتمد على درجة استقرار عمليات الانتاج. وانطلاقا من مبدأ ان وقوع نقطة واحدة خارج حدود الضبط، بما في ذلك وقوعها على حد الضبط، دليل على عدم انضباط العملية الانتاجية. فضلا عن ذلك فان هناك بعض الحالات التي تعتبر عندها العملية خارجة عن السيطرة رغم وقوع جميع النقاط ضمن حدود السيطرة (حالات عدم العشوائية في لوحات السيطرة) مثل وقوع العديد من النقاط على جهة واحدة من حد السيطرة الوسطي C.L او وقوع 7 نقاط من اصل 9 بشكل متتالي، او 10 نقاط من اصل 11 ، او 12 نقطة من اصل 14. او حالة اخرى وهي ظهور حالة المتجهات والتي تتمثل باستمرار اتجاه عدد من النقاط المتتالية صعودا او نزولا، او حالة ظهور الدورات المتكررة المتعاقبة، او حالة تضخيم حدود الضبط اي محافظة النقاط على مواقعها قرب خط المركز او حدي الضبط الاعلى والادنى. في مثل هذه الحالات تعتبر العملية خارجة عن السيطرة ويتم عندها اتخاذ بعض الاجراءات المتمثلة بدراسة المسببات التي ادت الى ظهور هذه الحالات ، والتي من الممكن ان تكون مسببات خاصة او صدفية Special Causes او مسببات شائعة غير صدفية Common Causes، والعمل على تشخيصها وازالتها واعادة حساب حدود لوحة الضبط من جديد، او اهمال العينات التي ظهرت قراءاتها خارجة عن السيطرة وتكرار عملية رسم لوحة السيطرة حسب ما تبقى من عينات. وفي بعض الاحيان تؤدي مثل هذه الحالات الى اتخاذ قرار رفض الدفعة الانتاجية بالكامل واعتبار جميع وحداتها معيبة، واعتبار ان العملية الانتاجية غير مسيطر عليها وبالتالي اجراء التغييرات عليها او القيام باستبدالها او اعادة هندستها. مما يكلف الشركات مبالغ طائلة في جميع تلك الحالات. لذا كان لابد من اختبار معنوية المسببات التي ادت الى ظهور تلك الانحرافات، وخاصة المسببات الخاصة التي لا يمكن بسهولة تحديدها وتحديد مصادرها، مثل الحالة النفسية للعامل، حالة الطقس، وغيرها.

8 ـ طريقة المصفوفة المقدرة Hat Matrix Method :

تظهر بعض القيم المتطرفة خلال دراسة وتحليل مجموعة من البيانات تسمى بالقيم الشاذة اذ تختلف هذه القيم اختلافا تاما عن بقية القيم الاخرى قيد الدراسة. بدأت دراسة القيم الشاذة بأفكار بسيطة معتمدة على الحدس والتخمين. ونظرا للاهمية التي قد تشكلها القيم الشاذة فقد وجدت عدة طرق واساليب للبحث عنها وتحديدها ومن ثم استبعادها والتخلص من تأثيرها. وقد احرزت تطبيقات الاساليب المعتمدة على النماذج الكمية كاساليب بحوث العمليات والبرمجة الخطية Linear Programming نجاحا واسعا في حل الكثير من المشاكل والمعضلات الادارية والصناعية من خلال استخدام نماذج رياضية لوصف المشكلة ذات العلاقة وايجاد الحلول لها [8]، احدى هذه المشاكل هي حدوث الانحرافات في عمليات الانتاج وخروج التشغيل عن السيطرة.

تعد طريقة المصفوفة المقدرة العائدة الى مبتكرها John W. Tukey سنة 1972 احدى الطرق الاحصائية التي بامكانها ان تحدد لنا القيم الشاذة من خلال معاملات الانحدار المأخوذة من معادلة الانحدار الخطي العامة y=a+bx+e . وان دراسة القيم الشاذة بهذه الطريقة سوف لن يعطي مؤشرا للعينات الشاذة فحسب، بل انه سيؤثر في معاملات الانحدار التي ادت الى هذا الشذوذ [13].

ومن المعلوم ان المصفوفة هي مجموعة من العناصرعادة ما تكون في صورة رموز او اعداد مرتبة في صورة صفوف او اعمدة .

ويتم حساب المصفوفة المقدرة وحسب المعادلة الاتية :-

$$H=X\,(X'*X)^{-1}\,X' \quad \ldots\ldots(1)$$

حيث انه بالأمكان حساب كل حد من حدود المعادلة كالاتي:-

1- X مصفوفة ذات ابعاد n*m
حيث n تمثل عدد الصفوف
m تمثل عدد الاعمدة

2- X' تمثل منقول (transpose) المصفوفة X .

3- $(X'*X)^{-1}$ تمثل معكوس (inverse) منقول المصفوفة X مضروباً في المصفوفة نفسها [6].

تكمن الفكرة الاساسية وراء استخدام طريقة المصفوفة المقدرة واختبارات المعنوية للكشف عن معنوية الانحرافات الناتجة عن عملية الانتاج في انه بالامكان تحديد تلك الانحرافات بشكل نظامي ومستمر ، ودراسة الاسباب المؤدية الى ظهورها، والعمل على اختبار معنويتها لمعرفة وحساب محصلة تأثيرها. وبالتالي تحديد المهم والمعنوي منها واستبعاده بهدف الاقتراب من حالة العيب الصفري.

9ـ الجانب العملي:

لغرض توضيح كيفية استخدام لوحات السيطرة (وعلى وجه الخصوص لوحة المتوسط X- Chart)، فقد تم سحب عينات من الانتاج اليومي من قسم المشبكات في معمل بابل 2 للبطاريات السائلة ، وبعد اجراء الفحص على تلك العينات، امكن ترتيب البيانات ضمن الجدول الموضح في ادناه والذي يعبر عن قيم المشاهدات الخاصة بالخاصية النوعية (سمك المشبكات المستخدمة في انتاج العوازل الداخلة في البطارية السائلة) .

جدول (1)
سمك المشبكات المستخدمة في انتاج العوازل (ملم)

Number	Date	Time	Subgroup	Characteristic 1	Characteristic 2	Characteristic 3	Disabled	Cause Code
1			1	126.5	120.8	122.1		
2			2	126.5	119.8	125.6		
3			3	126.5	119.8	119.5		
4			4	126.6	120.8	120.6		
5			5	126.1	119.8	121.8		
6			6	118.5	120	120.2		
7			7	121	118.9	120.2		
8			8	119.5	120.9	121.4		
9			9	119.8	119.9	121.2		
10			10	127.7	119.8	127.2		
11			11	120.1	121.2	126.5		
12			12	120.3	120.2	126.5		
13			13	119.8	119.8	126.6		
14			14	119.5	119.3	123.4		
15			15	118.1	119.3	121.2		
16			16	119	120.8	120.8		
17			17	118.9	121	124		
18			18	119.1	120.2	124.6		
19			19	120.6	120.3	124.3		
20			20	117.7	121.4	121		

بعد رسم لوحة المتوسط باستخدام برنامج WinQSB والموضحة في الشكل (3) تبين ما ياتي:

أ. تقع اغلب قيم المشاهدات ضمن حدود السيطرة عدا العينة (10) التي تقع خارج حد السيطرة الاعلى، اما بقية العينات فانها تقع ضمن حدي السيطرة الادنى والاعلى على الرغم من تشتتها حول الحد الوسطي. مما يشير الى وجود انحرافات في المنتجات وعمليات الانتاج ، وان عملية الانتاج غير مسيطر عليها (اي ان العملية غير منضبطة احصائيا).

ب. اظهرت نتائج تطبيق برنامج WinQSB ان هناك بعض القيم التي تقع ضمن حدود السيطرة تعد قيم خارجة عن السيطرة Out of Control، مثلا ظهور قيم العينات الخمس الاولى فوق الحد الوسطي وقريبة من حد السيطرة الاعلى، ووقوع قيمة العينة السادسة تحت الحد الوسطي وبالقرب من حد السيطرة الادنى مما يشير الى ظهور تشتت واختلاف كبير في متوسط هذه العينات، ثم يبدا المتوسط بالزيادة والازاحة نحو حد السيطرة الوسطي واستقراره لفترة معينة ثم خروج قيمة العينة العاشرة خارج حد السيطرة الاعلى وبتشتت كبير، وعودة هذا التشتت مرة اخرى وبشكل ملحوظ من خلال وقوع قيمة المتوسط للعينة (11) تحت الحد الوسطي للسيطرة.

ولغرض احكام الضبط على عملية الانتاج يجب التعرف على المسببات التي ادت الى ظهور هذه الانحرافات والتي قد يعزى سببها الى احد نوعي المسببات: الصدفية واللاصدفية. ومن ثم استبعاد هذه المسببات وحذف العينات التي ظهرت بها الانحرافات، ورسم حدود السيطرة النهائية التي تعد كاساس لعمليات الفحص والتفتيش المستقبلية. عندها يمكن حساب مقدرة عملية الانتاج وكما اسلفنا سابقا، اي عندما تكون العملية تحت السيطرة. وحيث تشير النتائج اعلاه الى ظهور انحرافات في عمليات الانتاج بسبب ظهور وحدات معيبة خارج حدود السيطرة، وبالاعتماد على الطرق الاحصائية التقليدية في رسم حدود السيطرة الابتدائية والنهائية فانه سيتم اجراء دراسات حول الاسباب التي ادت الى ظهور هذه الاخطاء والتخلص من المسببات النظامية، او حذف واهمال العينات المعيبة لغرض رسم الحدود النهائية ، واتخاذ القرار المناسب عندها بشأن قبول او رفض الدفعة الانتاجية.

ثم نقوم بتنظيم مصفوفة ذات ابعاد (3 *20) من بيانات الجدول (1) لتعبر عن المصفوفة المقدرة (H) في المعادلة رقم (1).

$$X = \begin{bmatrix} 126.5 & 120.8 & 122.1 \\ 126.5 & 119.8 & 125.6 \\ 126.5 & 119.8 & 119.5 \\ 126.6 & 120.8 & 120.6 \\ 126.1 & 119.8 & 121.8 \\ 118.5 & 120 & 120.2 \\ 121 & 118.9 & 120.2 \\ 119.5 & 120.9 & 121.4 \\ 119.8 & 119.9 & 121.2 \\ 127.7 & 119.8 & 127.2 \\ 120.1 & 121.2 & 126.5 \\ 120.3 & 120.2 & 126.5 \\ 119.8 & 119.8 & 126.6 \\ 119.5 & 119.3 & 123.4 \\ 118.1 & 119.3 & 121.2 \\ 119 & 120.8 & 120.8 \\ 118.9 & 121 & 124 \\ 119.1 & 120.2 & 124.6 \\ 120.6 & 120.3 & 124.3 \\ 117.7 & 121.4 & 121 \end{bmatrix}$$

ثم ايجاد منقول المصفوفة X وهو 'X :-

$$\begin{bmatrix} 126.5 & 126.5 & 126.5 & 126.6 & 126.1 & 118.5 & 121 & 119.5 & 119.8 & 127.7 & 120.1 & 120.3 & 119.8 & 119.5 & 118.1 & 119 & 118.9 & 119.1 & 120.6 & 117.7 \\ 120.8 & 119.8 & 119.8 & 120.8 & 119.8 & 120 & 118.9 & 120.9 & 119.9 & 119.8 & 121.2 & 120.2 & 119.8 & 119.3 & 119.3 & 120.8 & 121 & 120.2 & 120.3 & 121.4 \\ 122.1 & 125.6 & 119.5 & 120.6 & 121.8 & 120.2 & 120.2 & 121.4 & 121.2 & 127.2 & 126.5 & 126.5 & 126.6 & 123.4 & 121.2 & 120.8 & 124 & 124.6 & 124.3 & 121 \end{bmatrix}$$

بعد ان تم تنظيم المصفوفة ومنقولها، نعمل على ايجاد المصفوفة المقدرة وكالاتي :-

1 - ايجاد حاصل ضرب منقول المصفوفة * المصفوفة :-

$$(X' * X) = 1.0E+005 * \begin{bmatrix} 2.958 & 2.922 & 2.989 \\ 2.922 & 2.889 & 2.955 \\ 2.989 & 2.955 & 3.023 \end{bmatrix}$$

2- حساب معكوس حاصل ضرب منقول المصفوفة * المصفوفة :-

$$(X' * X)^{-1} = \begin{bmatrix} 0.0040 & -0.0033 & -0.0008 \\ -0.0033 & 0.0109 & -0.0074 \\ -0.0008 & -0.0074 & 0.0080 \end{bmatrix}$$

3- ايجاد المصفوفة المقدرة وحسب المعادلة (1).

ونظراً لكبر حجم المصفوفة المقدرة ، حيث تكون إبعادها (20 *20) لذا يعبر الجدول (2) عن قيم عناصر القطر الرئيسي للمصفوفة المقدرة .

جدول (2)

عناصر القطر الرئيسي للمصفوفة المقدرة H

تسلسل عناصر القطر الرئيسي	قيم عناصر القطر الرئيسي للمصفوفة المقدرة H
1	0.1517
2	0.2133
3	* 0.2619
4	* 0.2185
5	0.1568
6	0.1228
7	0.0684
8	0.1124
9	0.0715
10	* 0.3473
11	0.1377
12	0.1656
13	0.1990
14	0.0728
15	0.0778
16	0.1378
17	0.1016
18	0.1036
19	0.0698
20	0.2098

(*) تعبرهذه القيم عن القيم الواقعة خارج حدود السيطرة للوحة المتوسط (x)

ولغرض تجنب وتلافي احتمالية رفض الدفعة الانتاجية بسبب ظهور بعض القيم الشاذة، خاصة عند ظهور حالات عدم العشوائية في المظهر العام للوحة السيطرة، او عندما تكون الاسباب وراء ظهور الانحرافات هي اسباب خاصة فقط ولا يمكن الحد منها او من محصلة تاثيرها، وبعد تطبيق طريقة المصفوفة المقدرة (H) وتحديد عناصر قطر المصفوفة، يمكن تطبيق اختبار المعنوية الاول وهو اختبار (Thump test) الذي يعطي مؤشرا اوليا على شذوذ القيم . وقد اظهرت النتائج ان العينة رقم (10) هي القيمة الشاذة الوحيدة بموجب هذا الاختبار. كما تم تطبيق الاختبار الثاني (Fisher test) للتاكد من شذوذ القيم او عدم شذوذها. اذ اظهرت نتائج هذا الاختبار ان العينة رقم (10) شاذة عن بقية قيم المتوسطات الحسابية الاخرى. اما باقي العينات الاخرى التي تم تحديدها خارجة عن السيطرة بموجب اللوحة في الشكل (3)، فانه يتم الكشف عنها بانها غير شاذة بموجب اختبارات المعنوية اعلاه . وكما مبين في ادناه :

الاختبار الاول (اختبار Thumb)

2*p / n = 2*3/20 = 6/20 = 0.3
h10 = 0.3473
h10 > 0.3
0.3473 > 0.3

الاختبار الاول يبين h10 شاذ

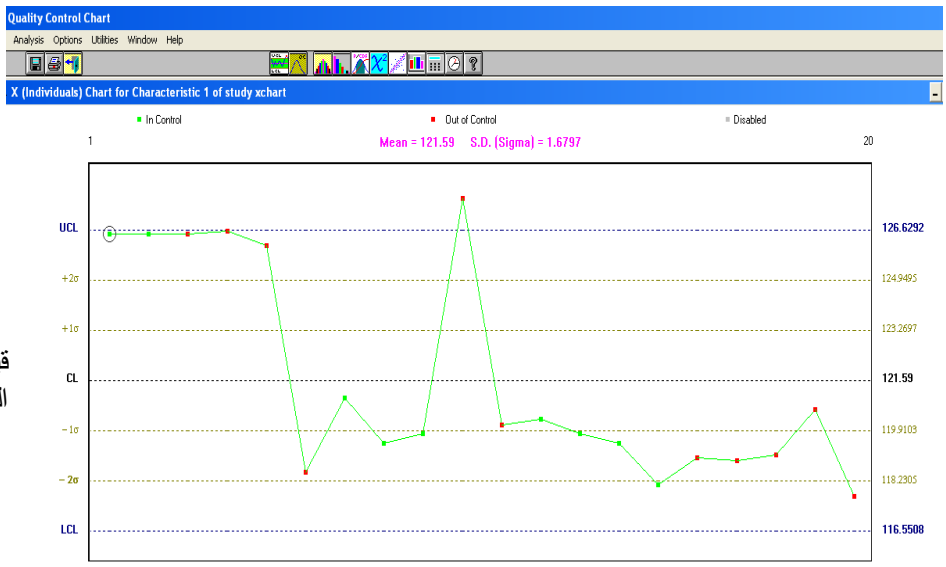
الاختبار الثاني (اختبار Fisher)

FC= (hi-1/n)/(1/p) /(1-hi)/(n-p) ~ Ft α (p-1,n-p)
ومن خلال مقارنة قيم Fc مع قيم Ft عندما α = 0.05 او α = 0.01
Ft 0.01(2,17) = 6.11
Ft 0.05(2,17) = 3.59
FC10 = (0.3473-1/20) / (2) / (1-0.3473) / (17) = 3.871698

يظهر هذا الاختبار ان h10 غير شاذ عندما α = 0.01 لان FC < Ft ، كما يظهر هذا الاختبار ان h10 شاذ عندما α = 0.05 لان FC > Ft

اما بالنسبة الى h6 =0.1228

FC6 = (0.1228-1/20) / (2) / (1-0.1228) / (17) = 0.70542
ومن خلال مقارنة قيم Fc مع قيم Ft يتبين ان h6 غير شاذ عندما α = 0.05 او α = 0.01 لان FC < Ft.
وبنفس الاسلوب يتم التأكد من معنوية الشذوذ لباقي القيم الاخرى المؤشرة في لوحة السيطرة وكما مبينة في الجدول (3) .



قيم الوسط الحسابي للعينة

تسلسل العينة

جدول (3)
مقارنة قيم F المحسوبة والجدولية

العينات	قيمة F المحسوبة	القرار في حالة	
		قيمة F الجدولية عند مستوى معنوية 0.01 (5.93)	قيمة F الجدولية عند مستوى معنوية 0.05 (3.52)
6	0.705	غير شاذ	غير شاذ
10	3.872	غير شاذ	شاذ
11	0.865	غير شاذ	غير شاذ
20	1.719	غير شاذ	غير شاذ

10- الاستنتاجات والتوصيات:

يمكن ادراج مجموعة من الاستنتاجات، وكالاتي:

1. تؤثر مداخل ادارة العمليات والاسلوب المتبع في ضبط وتحسين عملية الانتاج على مستوى جودة تلك العمليات وبالتالي على مدى تحقيق الاهداف المرجوة.
2. من ضمن المزايا المتحققة عن الانضباط الاحصائي لعملية الانتاج هو انخفاض عدد العينات الواجب فحصها للحكم على نوعية المنتجات، وبالتالي خفض التكاليف. اذ ان المنتجات التي تم انتاجها ضمن عملية منضبطة احصائيا ستكون متناسقة بالمظهر والنوعية ومطابقة للمواصفات المحددة. فضلا عن ان استخدام الطرائق الاحصائية لضبط وتحسين مقدرة العملية يؤدي الى تقليل الانحرافات في العمليات من خلال تحديد اسبابها ومعرفة وقياس محصلة تأثيرها.
3. تعتمد اغلب اجراءات رسم لوحات السيطرة على توزيعات عملية سحب العينات Sampling Distributions، وليس على مواصفات التصميم Design Specifications، مما يؤدي الى وقوع قيم المشاهدات خارج حدود السيطرة مما يتطلب اعادة دراستها ودراسة اسباب ظهورها، واتخاذ الاجراءات اللازمة لازالتها وازالة مسبباتها.
4. يمكن استخدام طريقة المصفوفة المقدرة والاختبارات المعنوية لغرض الحصول على حلول افضل في تشخيص الاخطاء والانحرافات. من خلال التاكد من معنوية الشذوذ الحاصل في عمليات الانتاج.
5. تمتاز طريقة المصفوفة المقدرة بالبساطة وسهولة اجراء الحسابات الخاصة بها، كما انها تتيح امكانية ايجاد مجموعة من القيم الشاذة كنقاط منفردة. فضلا عن امكانية تطبيقها من خلال نماذج البرمجة الخطية Linear Programming بسبب اشتمال تلك النماذج على قيود ومعادلات تسهل حسابات الطريقة.

كما تقدمت الدراسة بعدد من التوصيات المهمة وكما موضحة في ادناه:

1. ضرورة استخدام الطرائق الاحصائية المختلفة لغرض مراقبة عمليات الانتاج ورسم لوحات السيطرة الابتدائية والنهائية وبالتالي امكانية حساب وضبط مقدرة عملية الانتاج للوصول الى مرحلة المعيب الصفري.
2. الاهتمام بدراسة المسببات الخاصة التي يصعب تحديدها وحساب محصلة تاثيرها ، والتي ادت الى ظهور الشذوذ والانحرافات المعنوية في العمليات ، ودراسة امكانية ازالتها او التقليل من تأثيرها مما يؤدي بالتالي الى اتخاذ القرار السليم حول رفض او قبول الدفعة.
3. استخدام اساليب ومداخل نظامية لاعادة هندسة العمليات Process) (Re-engineering ، عند الضرورة، بهدف احكام السيطرة على العملية ومنع ظهور الانحرافات والمشاكل وبالتالي تحقيق الميزة التنافسية.
4. التركيز على عمليات وانشطة التحسين المستمر Continuous Improvements سواء في الورشة عينة الدراسة، او بشكل عام لجميع الورش والمعامل الانتاجية، فضلا عن المؤسسات الخدمية. لما يقدمه هذا المدخل من منافع ومزايا كبيرة تتمثل في نخفيض التكاليف وتحسين الجودة، وفهم متطلبات الزبون.
5. اجراء دراسات مستقبلية معمقة حول تطبيقات طريقة المصفوفة المقدرة في عمليات السيطرة ، وضرورة تصميم برامج حاسوبية متكاملة لاجراءات وحسابات الطريقة بما يتكامل مع الحسابات والاجراءات المنطقية المعتمدة في رسم الحدود التجريبية والنهائية للوحات السيطرة، وحساب مؤشرات مقدرة العملية. بما يمكن الباحثين والمختصين من استخدام هذا المدخل بشكل اكثر سهولة ويسر.

المصادر:

1. الحمداني، سعد فارس، تحسين العملية باستخدام طريقة Six Sigma ، رسالة ماجستير مقدمة الى مجلس كلية الادارة والاقتصاد، الجامعة المستنصرية، 2004 .
2. الحميدي، ابتسام محمد علي، ضبط جودة العملية الانتاجية باستخدام لوحتي السيطرة للمتوسط والمدى، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، العراق – بغداد، العدد 10 ، المجلد 23 ، 2004 .
3. العلي، عبد الستار و محجوب، بسمان فيصل، التقييس والسيطرة النوعية في المنشات الصناعية ، جامعة الموصل، 1990 .
4. القزاز، اسماعيل ابراهيم وعبد المالك، عادل، الطرائق الاحصائية في ضبط الجودة، الطبعة الاولى، 2004.
5. المحمد، نعيم ثاني واخرون، مباديء الاحصاء، بغداد، 1990.
6. حسن ، عباس احمد ، البحث عن النقاط الشاذة بأستخدام طريقتي Hat Matrix و Composite Points والمقارنة بينهما مع التطبيق ، مجلة تنمية الرافدين ، العدد 24 ، ص 357 – ص 373 ، 1988.
7. حمود، خضير كامل، ادارة الجودة الشاملة، دار المسيرة للنشر والتوزيع، الاردن، الطبعة الاولى، 2000.
8. متلف، رشا جلال، البحث عن القيود الشاذة في الصيغة العامة لنماذج الانحدار الخطي ونماذج البرمجة الخطية، رسالة ماجستير مقدمة الى مجلس قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية، 2007 .
9. *Evans, James R., "Production Operation Management – Quality, Performance & Value", West Publishing co., 5th. ed. 1997.*
10. *Florac, William A., et. al., "Practical Software Measurement; Measuring for Process Management & Improvement", Carnegie Mellon University, 1997.*
11. *Krajewski, Lee, et.al,"Operations Management" : Process And Supply Chains , Global Edition , 2010.*
12. *Pande, Pete, "Using Six Sigma to Improvement the Supply Chain", Pivotal Resources, USA, 2002.*
13. *Walter A.SH. Ewhart & Samuel S. Wilks, "Applied Linear Regression",* John *Wiley & sons, 2005.*

.....

.....

.....