استخدام مقدر RMCD الحصين في لوحة السيطرة

Hotelling T^2 للسيطرة النوعية على الإنتاج

(دراسة تطبيقية)

أ.د.حمزة إسماعيل شاهين
أريج إبراهيم توفيق

الجامعة المستنصرية- كلية الإدارة
والاقتصاد

المستخلص:

تم في هذا البحث استعمال احصاءة هوتلنك T^2 التي تعتمد بشكل رئيس على تقدير موجه الأوساط الحسابية ومصفوفة التباين المشترك للعينة، وان وجود قيم شاذة (Outliers) في عينة متعدد المتغيرات يمكن ان يؤثر بشكل كبير على القيم التقديرية ولهذا تم استعمال طريقة التقدير الحصينة ذات الكفاءة العالية لما لها من حصانة كبيرة ضد وجود القيم الشاذة في البيانات ، وإجراء مقارنة بين لوحة السيطرة هوتلنك T^2 الحصينة ولوحة السيطرة هوتلنك T^2 التقليدية للوصول الى الطريقة الأفضل ، وذلك من خلال إجراء تطبيق عملي على بيانات عينة الدراسة. ومن ثم استعمال المحاكاة لتوليد تجربة بياناتها تتبع التوزيع (الطبيعي – الملتوي) متعدد المتغيرات وقد اثبتت نتائج المحاكاة ان لوحة السيطرة الحصينة وفق مقدر (RMCD) كانت اكثر كفاءة من لوحة السيطرة التقليدية في الكشف عن الانحرافات عن متوسط العملية الانتاجية.

Use the Robust Estimator (RMCD) For Hotelling T^2 Control Chart In production Quality Control With Practical Application

Abstract:

In this study, we used the T^2 statistic, which is based mainly on the estimator of the computational medium and the common variance matrix of the sample there are outliers in the sample, Can greatly affect the estimated values and therefore used the method of appreciation of the fortified high-efficiency because of its great immunity against the existence of abnormal values in the data, A comparison between the control chart Hotelling T^2 robust and the control chart Hotelling T^2 classical to get to the best way, Through practical application of the sample data of the study. The simulation results showed that the control chart (RMCD) was more efficient than the classical control chart in detecting deviations from the average production process.

1- المقدمة وهدف البحث

في هذه الدراسة تم التركيز بشكل رئيسي على لوحة السيطرة هوتلنك T^2 لكونها الأكثر استعمالا من بين لوحات السيطرة الاخرى التي تهدف الى الكشف عن الانحرافات الحاصلة في موجه متوسط العملية ومعالجة هذا الانحراف وإعادة انتظام العملية من جديد. والتي تقوم على افتراض ان البيانات المشاهدة تتبع التوزيع الطبيعي متعدد المتغيرات (*Multivariat Normal Distribution*) والتي حدود السيطرة (*Control Limits*) لهذه اللوحة تشكل نسبة مئوية من توزيع (*F-Distribution*) وهذا الافتراض قد لا يتحقق بالواقع اذ قد لاتتوزع البيانات المشاهدة توزيعا طبيعيا متعدد المتغيرات وبالتالي يتعذر استعمال لوحة السيطرة هوتلنك T^2 التقليدية. ومن المعروف إن احصاءة *Hotelling* T^2 تعتمد بشكل رئيسي على تقدير موجه الأوساط الحسابية ومصفوفة التباين

المشترك للعينة . وان وجود قيم شاذة (*Outliers*) في عينة متعدد المتغيرات يمكن ان يؤثر تأثيرا كبيرا على القيم التقديرية لها ومن هنا برزت الحاجة لتوظيف طرائق للتقدير غير متحسسة لوجود الشواذ في العينة وهذه الطرق هي طرائق التقدير الحصينة (*Robust Estimation Methods*).

يهدف البحث إلى استعمال لوحات سيطرة حصينة متعددة المتغيرات للمشاهدات المنفردة وذلك من خلال إيجاد تقديرات كفوءة لموجه المتوسطات $\underline{\mu}$ ومصفوفة التباين المشترك $\sum$ في حالة وجود قيم شاذة (*Outliers*) وباستخدام طريقة التقدير الحصينة وهي مقدر اصغر محدد تباين مشترك معاد الاوزان (*RMCD*)[1]، وإجراء مقارنة بين لوحة السيطرة هوتلنك T^2 الحصينة ولوحة السيطرة هوتلنك T^2 التقليدية من خلال رسم لوحات السيطرة وتحديد نسبة عدد المشاهدات الخارجة من السيطرة في قياس أداء لوحة السيطرة.

2- لوحة السيطرة هوتلنك T^2 التقليدية [5][9][11]

لوحة السيطرة هوتلنك T^2 والتي تعرف بلوحة شيورات تعتبر الأكثر انتشاراً واستخداماً من بين لوحات السيطرة متعددة المتغيرات الأخرى وهي تستعمل لمراقبة ورصد عدة متغيرات (صفات) في وقت واحد والكشف عن التغيرات (الانحرافات) الحاصلة في موجه متوسط العملية ومعالجة هذه التغيرات وإعادة انتظام العملية من جديد.

وعلى افتراض لدينا بيانات بحجم (n) من المشاهدات ولكل مشاهدة j (اذ $j=1,\ldots,n$) اخذت (P) من المتغيرات (الصفات) التي يتعين مراقبتها، وبافتراض ان موجه المشاهدات $\underline{Xj}$ اذ ان $\underline{Xj}=(xj_1,xj_2,\ldots.xjp)'$ يتبع توزيعا طبيعيا متعدد المتغيرات بموجه متوسطات $\underline{\mu}$ ومصفوفة تباين وتباين مشترك Σ غير معلوميين، احصاءة هوتلنك T^2 لكل مشاهدة j تحسب وفق الصيغة الاتية

$$T^2_j = (\underline{x}_j - \underline{\bar{x}})` S^{-1} (\underline{x}_j - \underline{\bar{x}}) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

الحد الأدنى لهذه اللوحة صفر والحد الأعلى للمراقبة بمستوى α يكون

$$UCL = T^2_{(p,n-p)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

إذ $T^2_{(p,n-p)}$ تمثل القيمة الحرجة وتستخرج من جداول توزيع هوتلنك T^2 (*T^2-distribution*) بدرجتي حرية (n-p,p) وبمستوى معنوية (α).

وإذ ان من مميزات احصاءة T^2 إمكانية تحويلها الى توزيع F (*F- distribution*) بدرجتي حرية (n-p,p) تحت افتراض التوزيع الطبيعي متعدد المتغيرات

فان

[1] : (RMCD) مختصر للمصطلح (Re-weighted minimum covariance determinant estimators)

$$\frac{(n-p)}{p(n-1)}\,T^2 \sim F_{(p,n-p)}$$

وبالتالي الحد الأعلى للوحة T^2 التقليدية يعطى وفق الصيغة الاتية

$$UCL = \frac{p(n+1)(n-1)}{n(n-p)}\,F_{(\alpha,p,n-p)} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

إذ إن $F_{(\alpha,p,n-p)}$ تمثل النسبة المئوية بـ $100\,(1-\alpha)^{th}$ من توزيع F بمستوى معنوية α وبدرجتي حرية (n-p,p).

إذ إن (α) تمثل معدل الخطأ من النوع الأول (*Type I error*) وتسمى في مجال السيطرة النوعية بمعدل الإنذار الكاذب (*False alarm Rate*) وتحدد قيمتها من قبل الباحث. ومعدل الخطأ من النوع الأول يتم تقديره بنسبة عدد المشاهدات التي عرفت بصورة غير صحيحة انها خارج السيطرة الى العدد الكلي للمشاهدات ضمن السيطرة. وان حدود السيطرة (*Control limits*) التي تم تحديدها وفق الصيغة (3) تستعمل لمراقبة العملية فيقال ان العملية خارج السيطرة في حالة قيم T^2 المحسوبة بالصيغة (1) المناظرة للمشاهدة المحدد تتجاوز حدود السيطرة.

إن لوحة السيطرة هوتلنك T^2 التقليدية التي تستند على الصيغة (1) تعتمد في حسابها على موجه المتوسطات للعينة وعلى مصفوفة التباين المشترك للعينة وإذ ان هذين التقديرين تكون حساسة وتتأثر بوجود القيم الشاذة ضمن البيانات فان لوحة السيطرة هوتلنك T^2 التقليدية تكون هي الأخرى حساسة اتجاه القيم الشاذة وبالتالي تصبح لوحة سيطرة غير حصينة وتعطي إنذارات مضللة وكاذبة عن خروج العملية عن السيطرة.

ولهذا السبب ولجعل هذه اللوحة حصينة فإنه لابد من إيجاد مقدرات حصينة لموجه المتوسطات $\underline{\mu}$ ومصفوفة التباين المشترك Σ بحيث تجعل المقدر يتصف بأحتفاظه بالعديد من الخصائص المرغوب بها للمقدرات عند انتهاك فرضيات النموذج.

3- لوحة السيطرة هوتلنك T^2 وفق طريقة مقدر أصغر محدد تباين معاد الاوزان (RMCD)[8][10][12]

اقترح الباحثان (Rousseeuw) و (Leroy) عام 1987 هذه الطريقة وهي تطوير وتحسين لطريقة (MCD) ، وفكرة طريقة (RMCD) تقوم على أساس حساب المحددات لمصفوفات التباين المشترك للعينات الجزئية التي بحجم (h) واختيار مصفوفة التباين المشترك التي تمتلك اقل محدد من بين محددات بقية مصفوفات التباين المشترك واعتباره هذا مقدر أولي لمصفوفة التباين المشترك Σ ويعبر عنه بـ $\hat{\Sigma}_{j,0}$ وكذلك يعبر عن المقدر الأولي لموجه المتوسط $\underline{\mu}$ بـ $\overline{x}_{j,0}$ وحسب الصيغ الاتية:

$$\underline{\bar{x}}_{j,0} = \frac{1}{h}\sum_{j=1}^{h}\underline{x}_j$$

..... (4)

$$\hat{\sum}_{j,0} = dp * \frac{1}{h}\sum_{j=1}^{h}\left(\underline{x}_j - \underline{\bar{x}}_{j,0}\right)\left(\underline{x}_j - \underline{\bar{x}}_{j,0}\right)'$$

إذ إن dp يعرف بمعامل الاتساق (Consistent Coefficient) وتحسب كالآتي

$$dp=\left(1+\frac{15}{(n-p)}\right)^2 * \frac{1}{X^2_{p,\propto}} \quad \ldots\ldots\ldots(5)$$

ووفقا لهذه التقديرات الأولية يتم حساب وزن لكل مشاهدة على النحو الاتي

$$Wj = \begin{cases} 1 \; if \; \sqrt{\left(\underline{x}_j - \underline{\bar{x}}_{j,0}\right)' \hat{\Sigma}^{-1}_{j,0}\left(\underline{x}_j - \underline{\bar{x}}_{j,0}\right)} \leq X^2_{p,1-\alpha} \\ 0 \qquad\qquad o.w \end{cases} \quad .....(6)$$

وعلى ضوء الصيغة (6) يتم حساب مقدرات (RMCD) للمشاهدات التي اوزانها (1) فقط وتكون تقديرات (RMCD) بالصيغ الاتية

$$\underline{\bar{X}}_{RMCD} = \frac{\sum_{j=1}^{n} wj\underline{x}_j}{\sum_{j=1}^{n} wj}$$

.....(7)

$$\hat{\Sigma}_{\mathrm{RMCD}} = \mathrm{dp} * \frac{\sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{wj}\left(\underline{\mathrm{x}}_{\mathrm{j}} - \underline{\bar{\mathrm{x}}}_{\mathrm{RMCD}}\right)\left(\underline{\mathrm{x}}_{\mathrm{j}} - \underline{\bar{\mathrm{x}}}_{\mathrm{RMCD}}\right)'}{\sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{wj}}$$

وتتمتع مقدرات (RMCD) بنقطة انهيـــار تصل الى 50% وبخاصيـــة التغاير المتســـاوي (Affine Equivariant) وان احصاءة لوحة السيطرة هوتلنك T^2 الحصينة وفق مقدر (RMCD) تكون

$$T^2_{j(RMCD)} = (\underline{x}_j - \underline{\bar{x}}_{RMCD})' \hat{\sum}^{-1}_{RMCD}\left(\underline{\mathrm{x}}_{\mathrm{j}} - \underline{\bar{\mathrm{x}}}_{\mathrm{RMCD}}\right) \quad \ldots\ldots\ldots(8)$$

j=1,2,.....,n

4 الجانب التجريبي (المحاكاة)

تم توظيف أسلوب المحاكاة في هذا البحث لتوليد تجربة بياناتها تتبـع توزيع (الطبيعي _ الملتوي) (SN)، إذ تم توليد (100) مشاهدة لتوزيع واحد (الطبيعي _ الملتوي) (SN) وقد كررت التجربة (1000) مرة، تم استعمال أربعة متغيرات تمثل الخصـائص النوعية للعملية، وتم استعمال 0 0 0 0 () = μ` كمتوسط موجه ($Mean\ Vector$) لتوليد التوزيع (الطبيعي _الملتوي) متعدد المتغيرات فضلا عن ذلك تم استعمال مصفوفة التباين والتباين المشترك

$$\sum = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0.5 & 1 & 0.3 & 0.6 \\ 0.4 & 0.3 & 1 & 0.3 \\ 0.1 & 0.6 & 0.3 & 1 \end{pmatrix}$$

والتوزيع (الطبيعي – الملتوي) متعدد المتغيرات تم افتراض قيم مختلفة لدرجات التلوث في البيانات وهي (λ = 25, 50) لملاحظة تأثيرات هذه القيم على أداء لوحات السيطرة .

4-1 عرض ورسم النتائج المحاكاة في حالة λ =25

4-1-1 نتائج المحاكاة للوحة هوتلنك T^2 التقليدية

على وفق النتائج في الجدول (1) والشكل (1) نلاحظ الاتي:

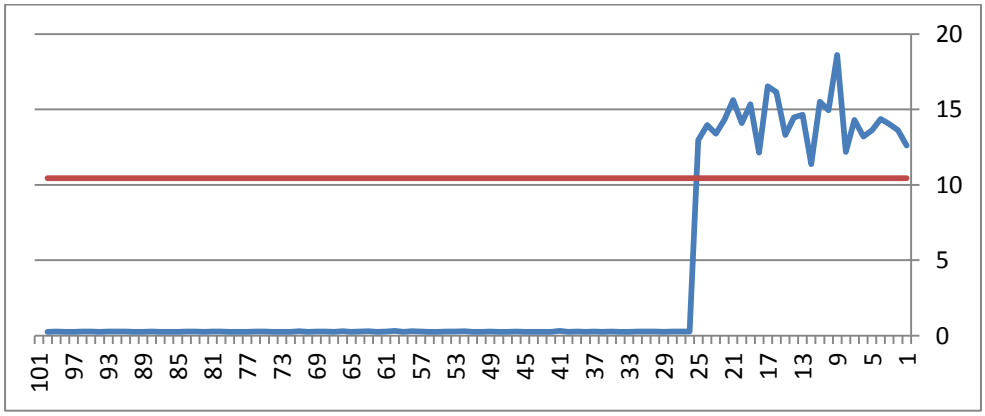
ان الحد الأعلى للسيطرة على وفق لوحة السيطرة هوتلنك T^2 بلـغ (10.436) بمستوى معنويـــة (α=0.05).

- خروج (25) مشاهدة عن الحد الأعلى للسيطرة بمستوى معنوية (α=0.05) بنسبة 25% من العدد الكلي للمشاهدت.
- العملية الإنتاجية خارج السيطرة.

جدول (1) نتائج المحاكاة للوحة هوتلنك T^2 التقليدية لمستوى معنوية (α=0.05)

مستوى معنوية	حد السيطرة UCL	المشاهدات خارج حدود السيطرة
0.05	10.436	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19 ,20,21,22,23,24,25

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.



شكل (1) حدود السيطرة لوحة هوتلنك T^2 التقليدية بمستوى معنوية (α=0.05)

4-1-2 نتائج المحاكاة للوحة (RMCD) الحصينة عندما 25= λ

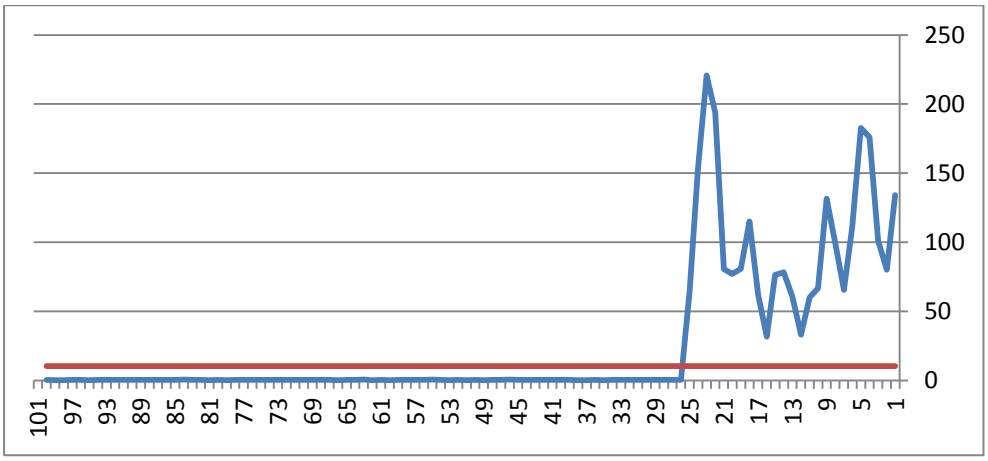
على وفق النتائج في الجدول (2) والشكل (2) نلاحظ الاتي:

- إن الحد الأعلى للسيطرة على وفق لوحة السيطرة **(RMCD)** بلغ (10.436) بمستوى معنوية (α=0.05).
- خروج (25) مشاهدة عن الحد الأعلى للسيطرة بمستوى معنوية (α=0.05) بنسبة 25% من العدد الكلي للمشاهدت.
- العملية الإنتاجية خارج السيطرة.

جدول (2) نتائج المحاكاة للوحة (RMCD) الحصينة لمستوى معنوية (α=0.05)

مستوى معنوية	حد السيطرة UCL	المشاهدات خارج حدود السيطرة
0.05	10.436	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18, 19,20,21,22,23,24,25

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.



شكل (2) حدود السيطرة للوحة هوتلنك T^2 الحصينة وفق مقدر (RMCD) بمستوى معنوية (α=0.05)

4-2عرض ورسم النتائج المحاكاة في حالة 50= λ

4-2-1 نتائج المحاكاة للوحة هوتلنك T^2 التقليدية

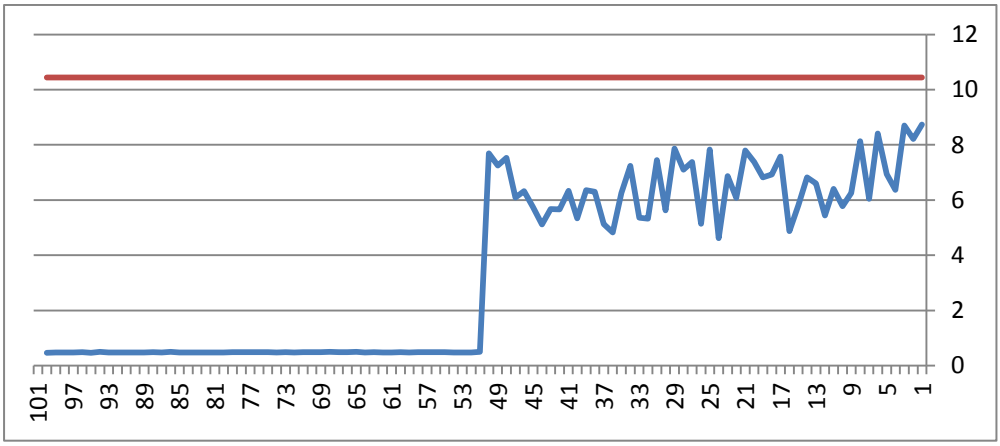
على وفق النتائج في الجدول (3) والشكل (3) نلاحظ الاتي:

- إن الحد الأعلى للسيطرة على وفق لوحة السيطرة هوتلنك T^2 بلغ (10.436) بمستوى معنوية (α=0.05).
- عدم خروج أي مشاهدة عن الحد الأعلى للسيطرة بمستوى معنوية (α=0.05).
- العملية الإنتاجية داخل حدود السيطرة.

جدول (3) نتائج المحاكاة للوحة هوتلنك T^2 التقليدية لمستوى معنوية (α=0.05)

المشاهدات خارج حدود السيطرة	حد السيطرة UCL	مستوى معنوية
0	10.436	0.05

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.



شكل (3) حدود السيطرة للوحة هوتلنك T^2 الحصينة وفق مقدر (RMCD) بمستوى معنوية (α=0.05)

4-2-2 نتائج المحاكاة للوحة (RMCD) الحصينة

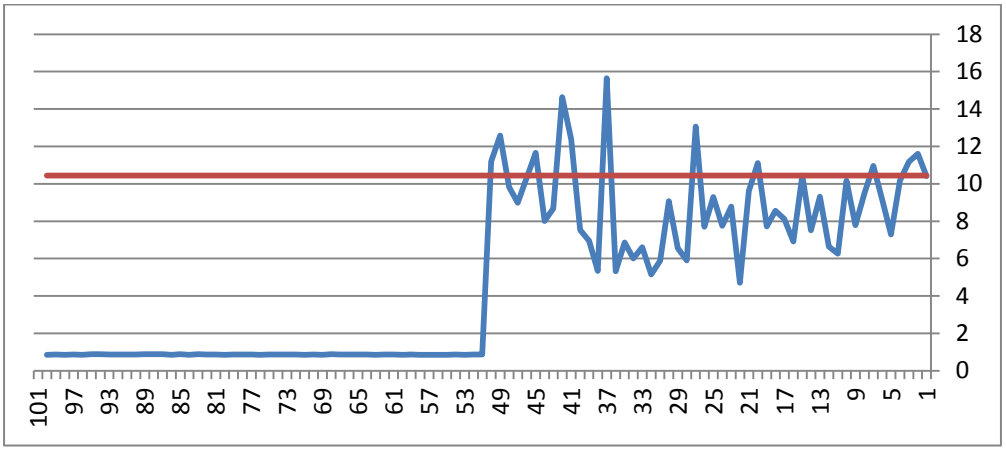
على وفق النتائج في الجدول (4) والشكل (4) نلاحظ الاتي:

- إن الحد الأعلى للسيطرة على وفق لوحة السيطرة (**RMCD**) بلغ (10.436) بمستوى معنوية (α=0.05).
- خروج (13) مشاهدة عن الحد الأعلى للسيطرة بمستوى معنوية (α=0.05) بنسبة 13% من العدد الكلي للمشاهدت.
- العملية الإنتاجية خارج السيطرة.

جدول (4) نتائج المحاكاة للوحة (RMCD) الحصينة لمستوى معنوية (α=0.05)

مستوى معنوية	حد السيطرة UCL	المشاهدات خارج حدود السيطرة
0.05	10.436	1,2,3,7,15,27,37,41,42,45,49,50

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.



شكل (4) حدود السيطرة للوحة هوتلنك T^2 الحصينة وفق مقدر (RMCD) بمستوى معنوية (α=0.05)

4-3 مقارنة لوحات السيطرة التجريبي

تم قياس أداء لوحات السيطرة التقليدية والحصينة باستخدام المحاكاة من خلال مقارنة نسبة عدد المشاهدات خارج حدود السيطرة للوحات السيطرة التقليدية والحصينة عندما (λ = 25, 50)، إذ يلاحظ من خلال الجدولين (5) و(6) إن أعلى نسبة لمعدل خروج المشاهدات عن السيطرة كانت للوحة T^2 الحصينة المقدرة وفق طريقة RMCD إذ بلغت نسبة المشاهدات خارج السيطرة عندما (λ = 25) 25% بمستوى معنوية (معدل انذار كاذب) (0.05)، وكانت نسبة معدل خروج المشاهدات عن السيطرة للوحة T^2 الحصينة المقدرة وفق طريقة RMCD أيضا إذ بلغت نسبة المشاهدات خارج السيطرة عندما (λ = 50) 13% بمستوى معنوية (معدل انذار كاذب) (0.05) في حالة وجود القيم الشاذة ضمن البيانات.

جدول (5) يبين نسبة عدد المشاهدات داخل وخارج حدود السيطرة للوحات الحصينة والتقليدية باستخدام التوزيع (الطبيعي – الملتوي) متعدد المتغيرات عندما (λ = 25)

	$T^2_{C\ell}$	T^2_{RMCD}
نسبة عدد المشاهدات داخل السيطرة	%75	%75
نسبة عدد المشاهدات خارج السيطرة	%22	%25

جدول (6) يبين نسبة عدد المشاهدات داخل وخارج حدود السيطرة للوحـات الحصينـة والتقليدية باستخـدام التوزيع (الطبيعي – الملتوي) متعدد المتغيرات عندما (λ = 50)

	$T^2_{C\ell}$	T^2_{RMCD}
نسبة عدد المشاهدات داخل السيطرة	%100	%87
نسبة عدد المشاهدات خارج السيطرة	%0	%13

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.

5– الجانب التطبيقي

تضمن البحث جانبين ، الجانب التطبيقي والجانب التجريبي. إذ تم في الجانب التطبيقي حساب إحصاءات هوتلنك T^2 التقليدية الحصينة ورسم حدود السيطرة وإجراء المقارنة بين لوحات السيطرة هوتلنك T^2 الحصينة ولوحة T^2 التقليدية عن طريق الرسم حدود السيطرة لها وتحديد نسبة عدد المشاهدات الواقعة خارج حدود السيطرة . وتم في هذه الدراسة الاعتماد على بيانات تعود للشركة العامة للصناعات الكهربائية لمنتج المروحة السقفية للفترة (2012–2015) والتي تعتبر من أهم منتوجات الشركة المذكورة ولعدم توفر برامج جاهزة فقد اعتمد الباحث على كتابة برنامج بالاعتماد على إحدى لغات البرمجة المرئية (Opject Oriented Programming) وهي لغة البرمجة الشيئية.

5–1 اختبار بيانات عينة الدراسة

قبل تطبيق لوحة هوتلنك T^2 التقليدية والطرائق الحصينة حسب الصيغ (4)، (6)، (7) لابد من إجراء اختبار للتحقق من ان شرط التوزيع الطبيعي متوفر ام لا للمتغيرات المدروسة وللبيانات الموضحة في الجدول (7) ولمعرفة المتغيرات فيما اذا كانت تتبع التوزيع الطبيعي (Normal Distrbution) ام لا بإجراء الاختبار من خلال جودة توفيق البيانات في إحدى لغات البرمجة المرئية(OOP) وبحسب الاختبار أظهرت نتائج قيم اختبار كولموكروف سمير نوف (Kolmogorov – Smirnov) إن جميع متغيرات الدراسة التي هي: التيار (X_1)، والقدرة (X_2)، ومعامل القدرة (X_3)، والسرعة (X_4) لا تتوزع توزيعاً طبيعياً والجدول (8) يبين نتائج الاختبار.

جدول رقم (7)

بيانات المنتج (المروحة السقفية)

DATA	X1	X2	X3	X4	DATA	X1	X2	X3	X4
1	0.37	72	0.98	243	51	0.41	89	0.97	208
2	0.29	20	0.32	110	52	0.38	84	0.99	246
3	0.36	80	0.98	257	53	0.38	83	0.97	249
4	0.37	83	0.99	248	54	0.37	80	0.98	241
5	0.4	88	0.99	245	55	0.35	77	0.98	242
6	0.32	71	0.99	254	56	0.39	83	0.96	215
7	0.35	76.8	0.98	257.3	57	0.37	80	0.97	241
8	0.31	70	0.99	250	58	0.39	85	0.99	239
9	0.37	80	0.98	245	59	0.38	85	0.99	232
10	0.38	83	0.99	250	60	0.38	85	0.99	230
11	0.39	85	0.99	195	61	0.38	82	0.99	235
12	0.38	83	0.98	234	62	0.37	82	0.98	231
13	0.28	60	0.98	250	63	0.38	84	0.99	235
14	0.27	59	0.98	247	64	0.37	82	0.98	231
15	0.28	61	0.98	244	65	0.36	84	0.99	225
16	0.33	70	0.94	234	66	0.36	86	0.96	237
17	0.32	68	0.95	249	67	0.38	84	0.99	235
18	0.32	72.2	0.99	224	68	0.37	82	0.99	233
19	0.38	83.5	0.99	230	69	0.39	85	0.97	223
20	0.33	74	0.99	229	70	0.38	84	0.98	232
21	0.36	80	0.99	226	71	0.38	85	0.98	223
22	0.38	83	0.99	250	72	0.39	85	0.98	225
23	0.36	79	0.98	240	73	0.38	83	0.99	228
24	0.36	79	98	238	74	0.37	82	0.98	230
25	0.39	86	99	249	75	0.36	80	0.98	240
26	0.38	79	0.98	238	76	0.4	88	0.98	243
27	0.38	84	99	234	77	0.37	80	0.98	231
28	0.37	81	90	215	78	0.39	86	0.98	225
29	0.37	80	99	232	79	0.4	87	0.97	245
30	0.35	76	98	254	80	0.37	80	0.97	237
31	0.36	83	100	244	81	0.35	76	0.97	245
32	0.35	76	98	247	82	0.4	86	0.97	236
33	0.39	88	0.99	242	83	0.4	86	0.97	227

34	0.37	80	0.98	230	84	0.39	84	0.99	230
35	0.37	81	98	240	85	0.38	84	0.97	240
36	0.38	82	99	234	86	0.39	84	0.98	233
37	0.38	83	98	234	87	0.38	84	0.99	237
38	0.37	80.3	98	246	88	0.4	84	0.98	244
39	0.39	85	97	230	89	0.35	77.8	0.98	250
40	0.39	83	96	216	90	0.35	76.6	0.98	254
41	0.36	79	98	246	91	0.35	79	0.98	248
42	0.37	82	0.98	230	92	0.37	80	0.98	230
43	0.37	80	0.97	234	93	0.37	80	0.98	248
44	0.38	83	99	239	94	0.37	79	0.98	245
45	0.38	83	98	239	95	0.37	79	0.98	247
46	0.38	84	0.99	240	96	0.39	81	0.98	247
47	0.38	81	97	239	97	0.39	85	0.98	245
48	0.35	76	0.97	243	98	0.36	83	100	244
49	0.37	83	0.99	238	99	0.35	76	98	247
50	0.41	88	0.97	239	100	0.37	81	0.98	243

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.

جدول (8) نتائج اختبار كولموكروف – سميرنوف للبيانات

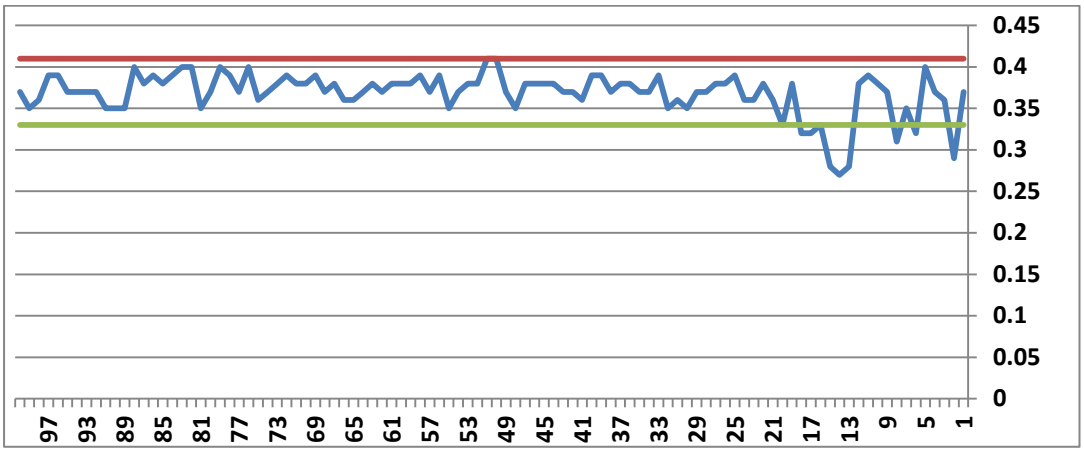
Variables	Kolmogorov – Smirnov	
	Statistic	Sig.
X1 التيار	0.14206	0.000
X2 القدرة	0.11304	0.000
X3 معامل القدرة	0.39205	0.000
X4 السرعة	0.06254	0.000

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.

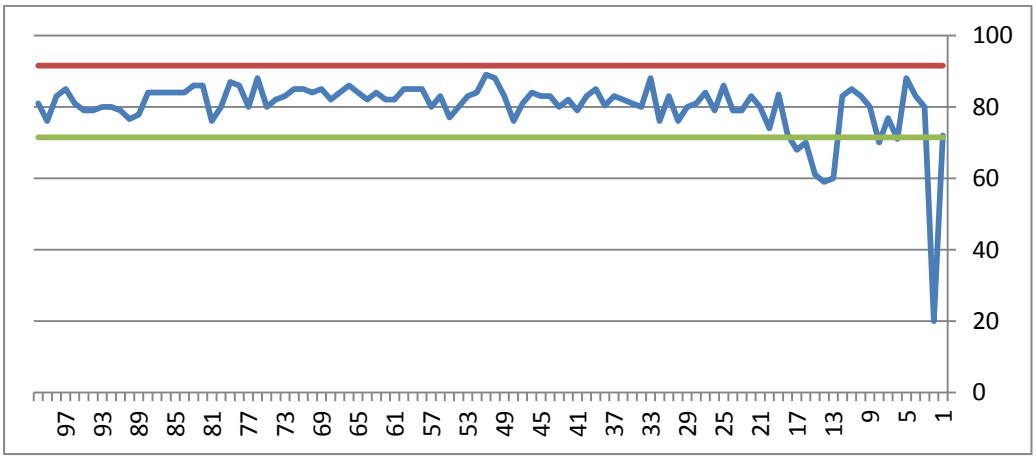
2-5 اختبار وجود أو انعدام القيم الشاذة بطريقة (Box-and-Whisker Plot)

تم اختبار وجود أوعدم وجود القيم الشاذة بطريقة (*Box-and-Whisker Plot*) فيما يخص عينة البحث، فقد أظهرت نتائج طريقة (*Box-and-Whisker Plot*) بأستعمال برنامج البرمجة المرئية (*OOP*) وجود القيم الشاذة لأربعة متغيرات، وبأعداد متفاوتة من طرف واحد أو طرفين للبيانات، بالنسبة لمتغير التيار (X_1) (2,6,14,15,16,18) والقدرة (X_2) (2,6,7,13,14,15,17) ومعامل القدرة

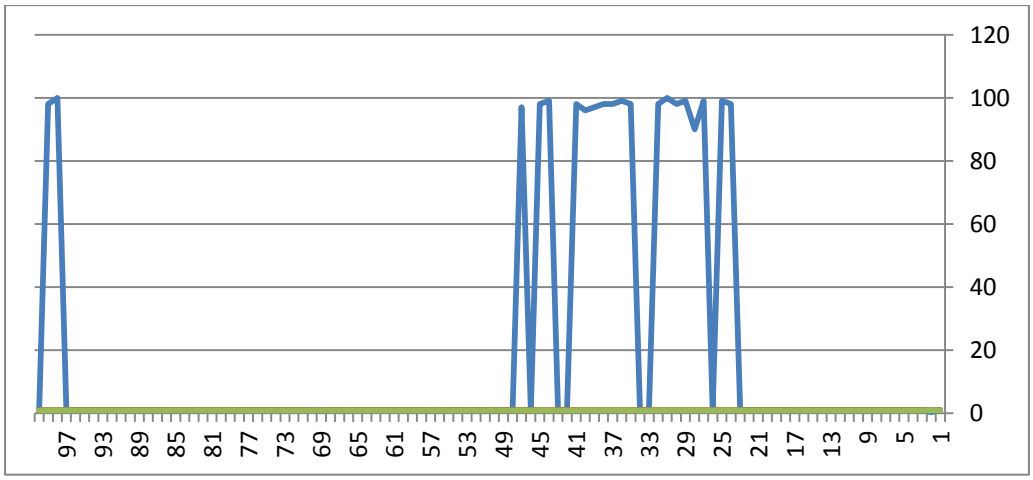
$(X_3)(0)$ والسرعة$(X_4)(2,10,50)$. وتم رسم الاشكال البيانية لكل متغير وكما في الاشكال (5) ، (6) ، (7) ، (8)



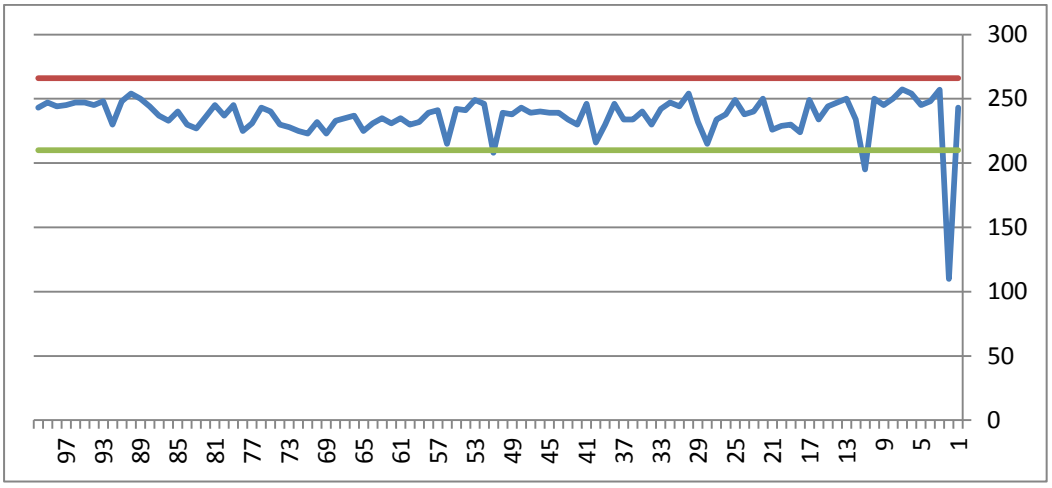
شكل (5) يمثل نتائج اختبار (Box-and-Whisker Plot) للمتغير التيار X_1



شكل(6) يمثل نتائج اختبار (Box-and-Whisker Plot) للمتغير القدرة X_2



شكل (7) يمثل نتائج اختبار (Box-and-Whisker Plot) للمتغير معامل القدرة X_3



شكل (8) يمثل نتائج اختبار (Box-and-Whisker Plot) للمتغير السرعة X_4

3-5 نتائج تقدير موجه المتوسطات ومصفوفة التباين المشترك باستعمال طريقتي التقدير التقليدية والحصينة

نتائج تقدير موجة المتوسط لجميع متغيرات الدراسة لبيانات منتج المروحة السقفية التيار (X_1) ، القدرة (X_2) ،معامل القدرة (X_3) ،السرعة (X_4) باستعمال طريقتي التقدير التقليدية والحصينة (RMCD) موضحة في الجدول (9).

جدول (9) نتائج تقدير موجه المتوسطات لمتغيرات الدراسة للمروحة السقفية باستعمال طريقة التقدير الحصينة (RMCD)

Variables	RMCD
X1	0.3683
X2	80.142
X3	20.3476
X4	236.483

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.

وان نتائج تقدير مصفوفة التباين – التباين المشترك لمعلمة القياس $(\sum)$ لجميع متغيرات الدراسة لمنتج المروحة السقفية التيار (X_1)، القدرة (X_2)، معامل القدرة (X_3) ، السرعة (X_4) باستخدام طريقة التقدير الحصينة وهي موضحة في الجداول (10) (11) على التوالي

جدول (10) نتائج تقدير مصفوفة التباين – التباين المشترك لمتغيرات الدراسة باستعمال طريقة التقدير الحصينة (RMCD)

Variables	X1	X2	X3	X4
X1	4.54E-04	9.00E-02	-1.19E-03	-7.33E-02
X2	9.00E-02	21.5155	0.663572	-16.2564
X3	-1.19E-03	0.663572	1536.718	18.85476
X4	-7.33E-02	-16.2564	18.85476	110.1638

وقد كانت نتائج إحصاءات T^2 التقليدية والحصينة لبيانات عينة الدراسة هي كما موضحة في الجدول (11) ، (12) بمستويي معنوية ($\alpha = 0.05$)، ($\alpha = 0.01$)

جدول (11) نتائج تقدير احصاءة T^2 التقليدية والحصينةعند مستوى معنوية ($\alpha = 0.05$)

N	T^2_{CL}	T^2_{RMCD}	Ucl	N	T^2_{CL}	T^2_{RMCD}	Ucl
1	4.21769	22.36408	10.436	51	6.543716	9.029322	10.436
2	82.8613	840.6899	10.436	52	0.358374	1.897692	10.436
3	1.511616	4.285678	10.436	53	0.323551	2.222633	10.436
4	0.642892	2.740887	10.436	54	0.302011	0.621259	10.436
5	0.714292	4.13295	10.436	55	0.803332	1.250821	10.436
6	4.778142	6.729599	10.436	56	2.57069	6.2645	10.436
7	2.345614	4.047935	10.436	57	0.302271	0.621524	10.436
8	5.075262	8.814749	10.436	58	0.557421	1.291307	10.436
9	0.410459	1.039092	10.436	59	1.036295	1.660722	10.436
10	0.344932	2.503192	10.436	60	1.174797	1.820334	10.436
11	6.693492	16.85207	10.436	61	0.403934	0.708195	10.436
12	0.496255	0.472177	10.436	62	0.529272	0.915498	10.436

13	10.94489	21.30609	10.436	63	0.607176	0.733785	10.436
14	11.35781	24.59681	10.436	64	0.529272	0.915498	10.436
15	8.747252	20.58067	10.436	65	2.218534	8.807162	10.436
16	1.66172	7.825033	10.436	66	3.029861	13.99759	10.436
17	4.77764	8.596582	10.436	67	0.607176	0.733785	10.436
18	0.949156	10.88798	10.436	68	0.463612	0.710641	10.436
19	0.781697	0.837705	10.436	69	1.852493	2.34504	10.436
20	0.827925	6.372595	10.436	70	0.763119	0.848346	10.436
21	0.503943	2.436492	10.436	71	1.791552	3.026814	10.436
22	0.344932	2.503192	10.436	72	1.631865	1.925331	10.436
23	0.396877	0.536005	10.436	73	0.828646	1.067081	10.436
24	4.123774	4.180646	10.436	74	0.568243	1.048638	10.436
25	4.061618	7.066352	10.436	75	0.461512	0.82523	10.436
26	0.840395	4.739954	10.436	76	0.832402	3.644254	10.436
27	4.445343	4.476165	10.436	77	0.323626	1.015796	10.436
28	4.444372	8.807113	10.436	78	1.879322	2.141673	10.436
29	4.22278	4.78278	10.436	79	0.579059	3.699146	10.436
30	5.861462	6.530867	10.436	80	0.260732	0.532622	10.436
31	5.114669	8.92399	10.436	81	1.120326	1.663291	10.436
32	5.125744	5.360826	10.436	82	1.081684	2.438968	10.436
33	1.126339	4.48097	10.436	83	1.958101	2.725841	10.436
34	0.348789	1.168323	10.436	84	1.04168	1.523972	10.436

35	4.014919	3.883829	10.436	85	0.431898	0.955	10.436
36	4.31222	4.556527	10.436	86	0.826202	1.328493	10.436
37	4.224424	4.138303	10.436	87	0.524302	0.760375	10.436
38	4.1646	4.518792	10.436	88	0.805055	5.495349	10.436
39	4.760165	4.863211	10.436	89	1.440106	2.369027	10.436
40	6.08361	9.810857	10.436	90	1.959524	3.047871	10.436
41	4.421255	4.464293	10.436	91	1.347066	3.019887	10.436
42	0.568243	1.048638	10.436	92	0.348789	1.168323	10.436
43	0.273488	0.681814	10.436	93	0.535706	1.568336	10.436
44	4.144446	4.184311	10.436	94	0.555406	1.782446	10.436
45	4.040681	4.083851	10.436	95	0.64853	2.095328	10.436
46	0.431355	0.954451	10.436	96	0.937033	6.546308	10.436
47	4.07394	5.071575	10.436	97	0.348247	2.253503	10.436
48	0.955871	1.546706	10.436	98	5.114669	8.92399	10.436
49	0.578904	1.405518	10.436	99	5.125744	5.360826	10.436
50	1.381432	4.429587	10.436	100	0.317474	0.578928	10.436

جدول (12) نتائج تقدير احصاءة T^2 التقليدية والحصينةعند مستوى معنوية ($\alpha = 0.01$)

N	T^2_{CL}	T^2_{RMCD}	ucl	N	T^2_{CL}	T^2_{RMCD}	ucl
1	4.21769	23.04712	15.056	51	6.543716	8.78108	15.056
2	82.8613	830.1376	15.056	52	0.358374	1.908091	15.056
3	1.511616	4.372517	15.056	53	0.323551	2.258706	15.056
4	0.642892	2.873136	15.056	54	0.302011	0.606775	15.056
5	0.714292	3.660884	15.056	55	0.803332	0.858191	15.056
6	4.778142	5.028971	15.056	56	2.57069	6.485891	15.056

7	2.345614	3.812998	15.056	57	0.302271	0.607039	15.056
8	5.075262	6.652257	15.056	58	0.557421	1.207583	15.056
9	0.410459	1.045599	15.056	59	1.036295	1.711526	15.056
10	0.344932	2.542482	15.056	60	1.174797	1.881232	15.056
11	6.693492	17.2067	15.056	61	0.403934	0.760076	15.056
12	0.496255	0.497795	15.056	62	0.529272	0.959613	15.056
13	10.94489	14.31882	15.056	63	0.607176	0.753256	15.056
14	11.35781	16.60466	15.056	64	0.529272	0.959613	15.056
15	8.747252	13.85782	15.056	65	2.218534	9.439492	15.056
16	1.66172	5.726917	15.056	66	3.029861	15.05924	15.056
17	4.77764	5.989266	15.056	67	0.607176	0.753256	15.056
18	0.949156	9.088296	15.056	68	0.463612	0.753445	15.056
19	0.781697	0.870406	15.056	69	1.852493	2.349549	15.056
20	0.827925	5.184632	15.056	70	0.763119	0.876976	15.056
21	0.503943	2.360999	15.056	71	1.791552	3.133065	15.056
22	0.344932	2.542482	15.056	72	1.631865	1.914352	15.056
23	0.396877	0.395012	15.056	73	0.828646	1.10854	15.056
24	4.123774	4.203989	15.056	74	0.568243	1.093884	15.056
25	4.061618	6.794349	15.056	75	0.461512	0.785221	15.056
26	0.840395	5.026107	15.056	76	0.832402	3.183127	15.056
27	4.445343	4.511258	15.056	77	0.323626	0.971084	15.056
28	4.444372	8.967419	15.056	78	1.879322	2.082311	15.056
29	4.22278	4.88453	15.056	79	0.579059	3.35538	15.056
30	5.861462	6.395698	15.056	80	0.260732	0.502231	15.056
31	5.114669	9.393525	15.056	81	1.120326	1.1729	15.056
32	5.125744	5.148533	15.056	82	1.081684	2.28409	15.056
33	1.126339	4.252817	15.056	83	1.958101	2.634165	15.056
34	0.348789	1.122337	15.056	84	1.04168	1.557442	15.056
35	4.014919	3.984165	15.056	85	0.431898	0.965603	15.056

36	4.31222	4.674456	15.056	86	0.826202	1.349521	15.056
37	4.224424	4.201713	15.056	87	0.524302	0.775336	15.056
38	4.1646	4.634791	15.056	88	0.805055	5.675905	15.056
39	4.760165	4.791871	15.056	89	1.440106	2.176265	15.056
40	6.08361	10.07971	15.056	90	1.959524	2.742286	15.056
41	4.421255	4.521567	15.056	91	1.347066	3.007318	15.056
42	0.568243	1.093884	15.056	92	0.348789	1.122337	15.056
43	0.273488	0.64283	15.056	93	0.535706	1.593923	15.056
44	4.144446	4.232857	15.056	94	0.555406	1.796161	15.056
45	4.040681	4.13101	15.056	95	0.64853	2.123852	15.056
46	0.431355	0.96503	15.056	96	0.937033	6.980275	15.056
47	4.07394	5.257532	15.056	97	0.348247	2.157695	15.056
48	0.955871	1.033697	15.056	98	5.114669	9.393525	15.056
49	0.578904	1.521381	15.056	99	5.125744	5.148533	15.056
50	1.381432	3.958529	15.056	100	0.317474	0.592688	15.056

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.

5-4 عرض ورسم النتائج

5-4-1 نتائج لوحة هوتلنك T^2 التقليدية

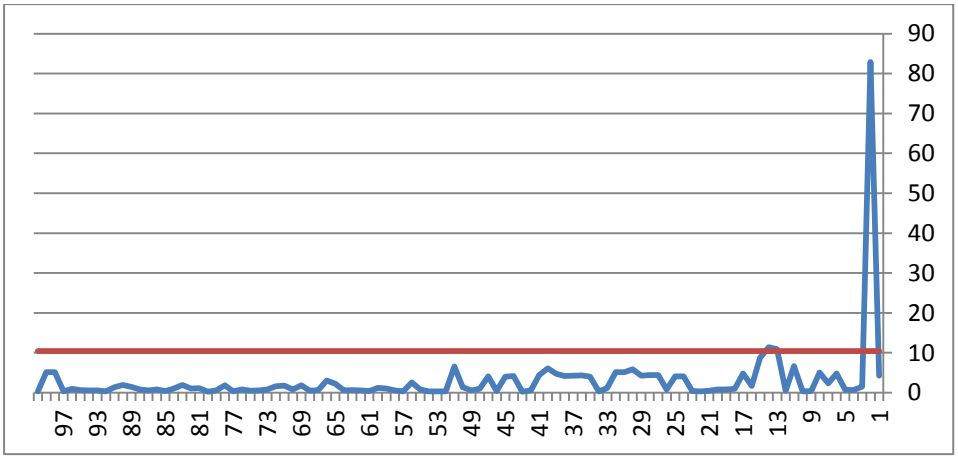
على وفق النتائج في الجدول (13) والشكلين (9) و (10) نلاحظ الاتي:

- إن الحد الأعلى للسيطرة على وفق لوحة السيطرة هوتلنك T^2 بلغ (10.436) بمستوى معنوية $(\alpha = 0.05)$ في حيــن بلغ (15.056) بمستوى معنوية $(\alpha = 0.01)$.
- خروج (3) مشاهدات عن الحد الأعلى للسيطرة بمستوى معنوية $(\alpha = 0.05)$ بنسبة 3% من العدد الكلي للمشاهدات.
- خروج مشاهدة واحدة عن الحد الأعلى للسيطرة بمستوى معنوية $(\alpha = 0.01)$ بنسبة 1% من العدد الكلي للمشاهدات.
- العملية الإنتاجية خارج السيطرة.

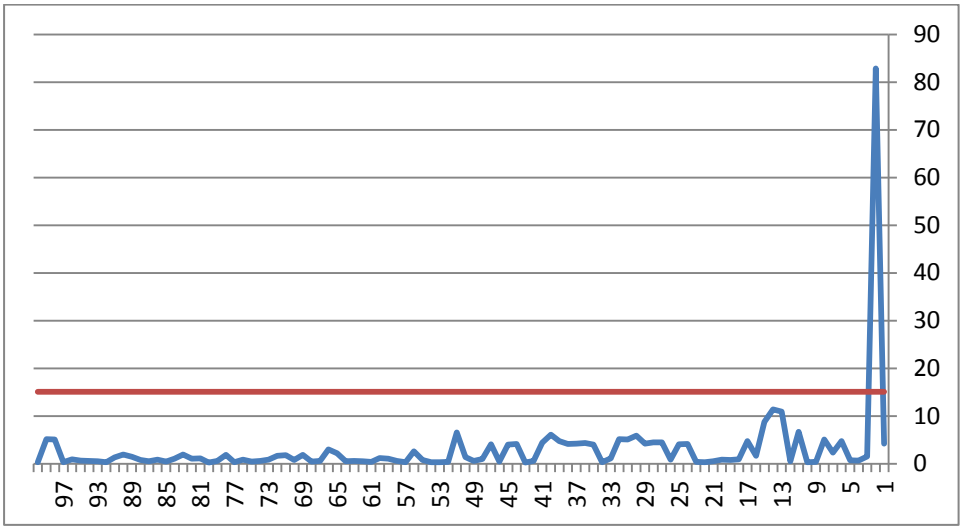
جدول (13) نتائج لوحة هوتلنك T^2 التقليدية لمتعدد المتغيرات (α =0.05 , 0.01)

مستوى المعنوية	حد السيطرة *UCL*	المشاهدات خارج حدود السيطرة
0.05	10.436	2 . 3 . 14
0.01	15.056	3

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.



شكل (9) حدود السيطرة للوحة هوتلنك T^2 التقليدية لمستوى معنوية $(\alpha = 0.05)$



شكل (10) حدود السيطرة للوحة هوتلنك T^2 التقليدية لمستوى معنوية $(\alpha = 0.01)$

5-4-2 نتائج لوحة (RMCD) الحصينة

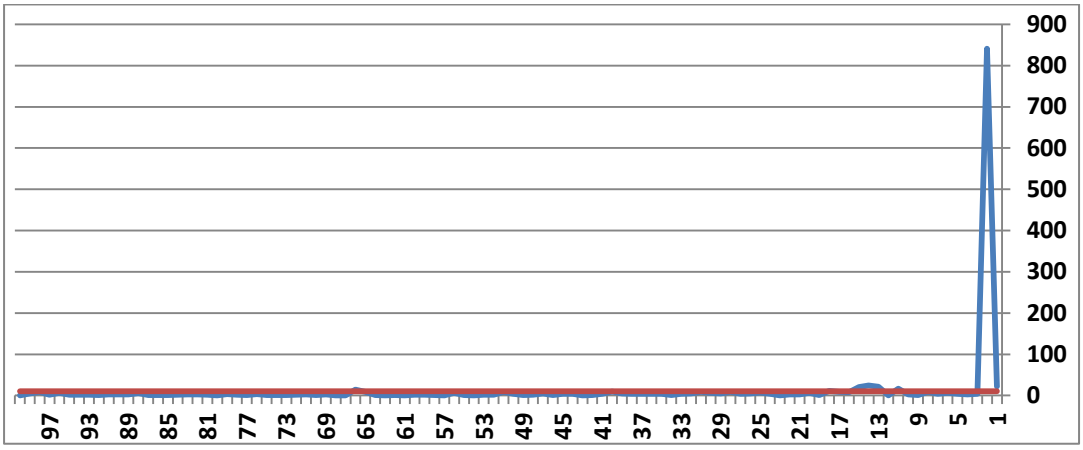
على وفق النتائج في الجدول (14) والشكلين (11) و (12) نلاحظ الاتي :

- إن الحد الأعلى للسيطرة على وفق لوحة السيطرة هوتلنك T^2 بلغ (10.436) بمستوى معنوية ($\alpha = 0.05$) في حين بلغ (15.056) بمستوى معنوية ($\alpha = 0.01$).
- خروج (8) مشاهدات عن الحد الأعلى للسيطرة بمستوى معنوية ($\alpha = 0.05$) بنسبة 8% من العدد الكلي للمشاهدات.
- خروج (5) مشاهدات عن الحد الأعلى للسيطرة بمستوى معنوية ($\alpha = 0.01$) بنسبة 5% من العدد الكلي للمشاهدات.
- العملية الإنتاجية خارج السيطرة.

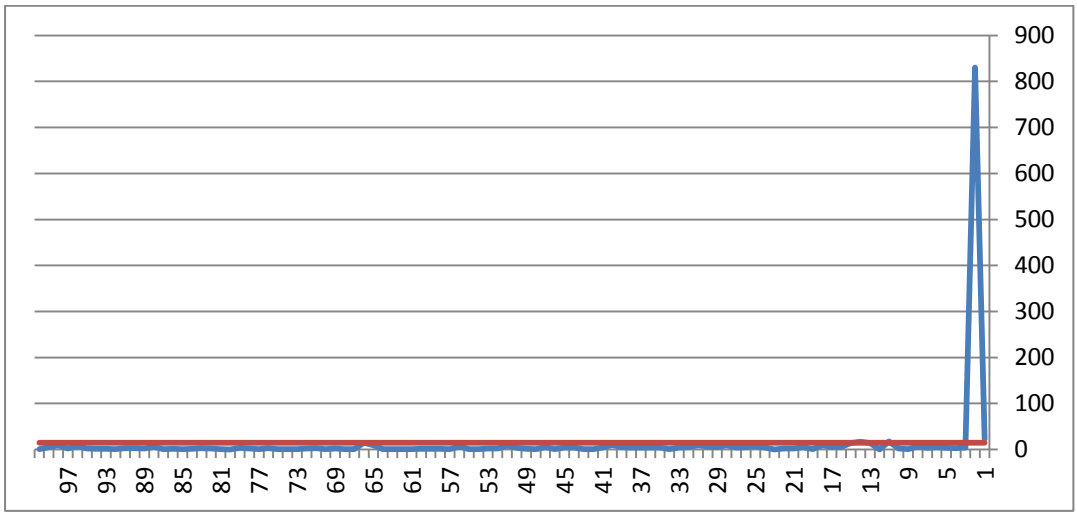
جدول (14) نتائج لوحة هوتلنك T^2 الحصينة وفق مقدر (RMCD) لمستوى معنوية (α =0.05 , 0.01)

مستوى المعنوية	حد السيطرة UCL	المشاهدات خارج حدود السيطرة
0.05	10.436	1,2,11,13,14,15,18,66
0.01	15.056	1,2,11,14,66

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.



شكل (11) حدود السيطرة للوحة هوتلنك T^2 الحصينة وفق مقدر (RMCD) بمستوى معنوية ($\alpha = 0.05$)



شكل (12) حدود السيطرة للوحة هوتلنك T^2 الحصينة وفق مقدر (RMCD) بمستوى معنوية ($\alpha = 0.01$)

5-5 مقارنة لوحات السيطرة

تم قياس أداء لوحات السيطرة T^2 التقليدية والحصينة من خلال مقارنة نسبة عدد المشاهدات خارج حدود السيطرة للوحات السيطرة التقليدية والحصينة ، إذ يلاحظ من خلال الجدولين (15) و (16) إن أعلى نسبة لمعدل خروج المشاهدات عن السيطرة كانت للوحة T^2 الحصينة المقدرة وفق طريقة RMCD إذ بلغت نسبة عدد المشاهدات خارج السيطرة 8% بمستوى معنوية (معدل انذار كاذب) (0.05) وبنسبة عدد المشاهدات كانت (5%) بمستوى معنوية (معدل انذار كاذب) (0.01) في حالة وجود القيم الشاذة ضمن بيانات العينة وفيما يخص T^2 التقليدية فقد بلغت عدد المشاهدات خارج السيطرة 3% بمستوى معنوية 0.05 وبنسبة عدد مشاهدات 1% بمستوى معنوية 0.01 . وهذا يشير إلى إن لوحة السيطرة الحصينة T^2 وفق مقدر (RMCD) كانت اكثر دقة وفاعلية في الكشف عن المشاهدات الواقعة خارج السيطرة من لوحة T^2 التقليدية .

جدول (15) يبين نسبة عدد المشاهدات داخل وخارج حدود السيطرة للوحات السيطرة الحصينة والتقليدية بمستوى معنوية ($\alpha = 0.05$)

	$T^2_{C\ell}$	T^2_{RMCD}
نسبة عدد المشاهدات داخل السيطرة	%97	%92
نسبة عدد المشاهدات خارج السيطرة	%3	%8

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.

جدول (16) يبين نسبة عدد المشاهدات داخل وخارج حدود السيطرة للوحات السيطرة الحصينة والتقليدية بمستوى معنوية ($\alpha = 0.01$)

	$T^2_{C\ell}$	T^2_{RMCD}
نسبة عدد المشاهدات داخل السيطرة	%99	%95
نسبة عدد المشاهدات خارج السيطرة	%1	%5

المصدر: إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات الحاسب الإلكتروني.

6- الاستنتاجات والتوصيات

6-1 الاستنتاجات

1. لوحظ من خلال تطبيق المحاكاة أن لوحة السيطرة T^2 الحصينة وفق RMCD حققت اعلى نسبة لمعدل خروج للمشاهدات بمستوى معنوية (0.05) في حالة (λ = 25, 50) من لوحة السيطرة T^2 التقليدية وهذا يعني ان لوحة السيطرة الحصينة T^2 وفق مقدر RMCD كانت اكثر تشخيصاً وحساسية للمشاهدات من بقية لوحات السيطرة الأخرى في حالة وجود قيم شاذة ضمن بيانات العينة.
2. اتضح ان لوحة السيطرة T^2 الحصينة وفق RMCD كانت أكثر كفاءة من لوحات السيطرة التقليدية لكلا الحالتين حينما (λ = 25, 50) في حالة وجود قيم شاذة ضمن البينات .
3. لوحظ أن لوحة السيطرة T^2 الحصينة وفق RMCD حققت أعلى نسبة لمعدل خروج للمشاهدات بمستويي معنوية (0.05) و(0.01) عن لوحة السيطرة T^2 التقليدية والحصينة وهذا يعني أن لوحة السيطرة الحصينة T^2 وفق مقدر RMCD كانت أكثر تشخيصاً وحساسية للمشاهدات من لوحة السيطرة Hotelling T^2 التقليدية في حالة وجود قيم شاذة ضمن بيانات العينة.
4. اشارت النتائج ان لوحة T^2 التقليدية كانت الأقل فعالية في الكشف عن خروج المشاهدات عن السيطرة بمستويي معنوية (0.05) و (0.01) والتي حققت نسبة 3% لخروج المشاهدات خارج السيطرة.
5. ان لوحات السيطرة تختلف فيما بينها بمقدار تحسس نسب الإنتاج خارج السيطرة حتى مع ثبات البيانات التجريبية لها.
6. تختلف لوحات السيطرة فيما بينها باختلاف نسب التلوث إذ أن قدرة كل طريقة على تحسس الملوث تتغايير فيما بينها وكانت لوحة السيطرة T^2 الحصينة وفق RMCD هي الأفضل بالتحسس.

6-2 التوصيات

من خلال البحث والدراسة التجريبية التطبيقية تم التوصل الى بعض التوصيات وهي:

1. نوصي بأستعمال لوحات السيطرة هوتلنك T^2 الحصينة في مجال مراقبة وتحسين النوعية للعملية الإنتاجية والخدمية للحصول على منتجات وخدمات تتصف بنوعية عالية ذات مواصفات مطابقة للمواصفات العالمية.
2. نوصي بالتوسع باستخدام لوحات السيطرة متعددة المتغيرات بدلاً من لوحات السيطرة الأحادية في عملية السيطرة النوعية في مجال الصناعات الإنتاجية والخدمية .
3. نوصي بأستعمال لوحة السيطرة هوتلنك T^2 الحصينة المقدرة وفق طريقة RMCD في السيطرة النوعية.
4. تطوير الطرق الحصينة باتجاه افتراض وجود توزيع للملوثات بمعلمات مقدرة يمكن ان تساهم في تطوير التحسس الذي يظهر لاحقاً .
5. اعتماد الطرق البيزية في زيادة حصانة خرائط السيطرة وذلك بأعتماد توزيع اولي للملوثات بأتجاه التطوير.

6- المصادر

1. الحارثي، عبد الرحيم خلف راهي / رشيد ، كاوه محمد جمال (2008) "استعمال أسلوب متعدد المتغيرات للسيطرة على النوعية صفتي التشبع والكلس الحر لمعمل اسمنت طاسلوجة ، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية / جامعة الموصل / كلية علوم الحاسبات والرياضيات عدد 14 مجلد 8 .
2. شاهين، حمزة إسماعيل / جاسم ، فراس منذر (2017) "استعمال أسلوب البوتوستراب في لوحات السيطرة T^2 متعددة المتغيرات" المجلة العلمية كلية العلوم الإدارية و المالية /جامعة جيهان / السليمانية (المجلد1) (العدد3).
3. شاهين، حمزة إسماعيل / صالح، عائدة هادي (2013) "استعمال مقدرات حصينة للوحة السيطرة Hotelling T^2 للمشاهدات المنفردة " مجلة الإدارة والاقتصاد / الجامعة المستنصرية / العدد 11.
4. الياسين، دريد حسين بدر (2009) "استخدام بعض طرائق التمييز الحصينة لتشخيص امراض سرطان الدم (اللوكيميا) "رسالة ماجستير في الإحصاء / كلية الإدارة والاقتصاد / الجامعة المستنصرية.
5. *Abdullah A.Ameen &* Mohand *N.Abdul-Seid (2016) "Robust Hotelling's Statistic for Test A* Hypothesis *of Mean Multivariate Population Based on RMCD " Basra University, Vol.34(3), 182-*195 .
6. *Huber, P.J.(1981) " Robust Statistics " John wiley , New York .*

7. *Marchant , Carolina ; Leiva ,Victor ; Cysnriros , Francisco Jose A. & Liu , Shuangzhe , (2017) " Robust multivariate Control Charts based on Birnbaum- Saunders distributions " Pages 182-202 .*
8. *Marronn, R.A.(2006), Robust M-Estimations of multivariate location Scatter , The Annals of Statistics ,4,151-267.*
9. *Mason , R.L. and Young , J.C.(1999) ,Improving the sensitivity of the T2 statistic in multivariate process control . Journal of Quality Technology , Vol .31 ,No .2 pp.155-165.*
10. *Midi , Habshah & shabbak (2011)" Robust Multivariate Control charts to Detect Small Shifts in Mean" university Putra Malaysia (UPM).*
11. *Rousseeuw , P.J & Katrin V.D , (1999) "A fast Algorithm for the Minimum Covariance Determinant Estimator " , Techno metries , 41 , pp . 212 – 223.*
12. *Rousseeuw , P.J (1985)"Multivariate Estimation with High Breakdown Point " , Mathematical statistics and Application , B P P .83 -397.*