تقييم الكفاءة الفنية للمخابر الميكانيكية الحرارية من خلال استخدام المعالجة الإحصائية لنتائج الاختبار

م. شامان لورنس العفاش* **م. هاني إبراهيم العلي****

الملخص

هَدَفَ هذا البحث إلى إظهار أهمية استخدام الأساليب الإحصائية في أثناء تأسيس نظام إدارة الجودة في المخبر وفق متطلبات المواصفة القياسية الدولية ISO 17025:2005.

وَصَفَ هذا البحث كيفية التحليل الإحصائي لنتائج الاختبارات، وتضمَّن دراسة عملية لتقييم الكفاءة الفنية للمخبر عن طريق استخدام أكثر الأساليب الإحصائية شيوعياً (اختبار الفرضيات) لمعالجة النتائج بطريقة علمية تمكن الباحثين من تحديد نقاط الضعف في أداء المخبر، ومن ثَمَّ تزويده بتغذية راجعة ونصائح تقنية تساعد في تحديد مشكلات القياس والتأكد من صحة نتائج الاختبار، وكما قَدَمَ توصيات ومقترحات كضرورة تطبيق أساليب عملية لمراقبة أداء الاختبارات والتأكد من أنها تفي بمتطلبات الجودة من حيث الدقة والصحة، والعمل على إزالة الأسباب التي تؤثر في جودة الأداء خلال مراحل إجراء الاختبار كلّها، هذه المقترحات من شأنها إذا ما عُمِلَ بموجبها أن تساعد المخبر في الحصول على شهادة الاعتماد الدولية وفق المواصفة ISO 17025:2005 .

الكلمات المفتاحية: نظام إدارة الجودة، اختبار الفرضيات، صحة ودقة القياس، الاعتماد، الأداء المخبري.

* قسم الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

**قسم ميكانيك الصناعات النسيجية، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

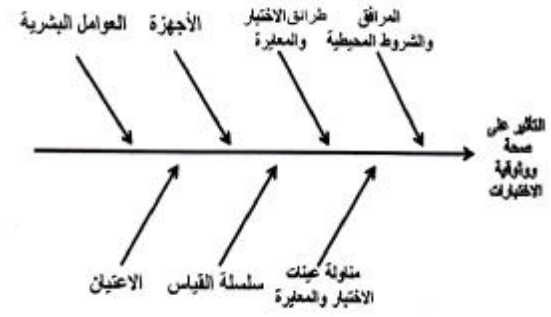
× المرجعية النظرية:

1- المقدمـــــــة:

تناول هذا البحث موضوعاً بالغ الأهميـــة بالنـــسبة إلـــى أعمال مخابر التحليل والاختبار والمعايرة ألا وهو آليات معالجة النتائج إحصائياً، فالمخبر الذي يسعى للحـــصول على شهادة الاعتماد الدوليـــة وفـــق المواصـــفة **ISO 17025:2005**، مطالب باستخدام أساليب إحصائية، فضلاً عن تلبية متطلبات العناصر والبنود الأخرى ذات العلاقة الواردة في المواصفة القياسية المذكورة.

فلكي يصبح المخبر قادراً على إعطاء نتائج فنية موثوق بها خاصة باختبار معين لابدَّ من توافر متطلبات الكفاءة الفنية فيه.واستناداً إلى ISO 17025:2005، هناك عدة عوامل تحدد صحة الاختبارات و/أو المعايرات المنفـــذة وموثوقيتها من قبل المخبـــر. وتتـــضمن هـــذه العوامـــل إسهامات من (ISO 17025,2005):

- العوامل البشرية.
- المرافق والشروط المحيطية.
- طرائق الاختبار والمعايرة، والتحقق من الطرائق.
- الأجهزة.
- سلسلة القياس.
- المعاينة.
- مناولة عينات الاختبار والمعايرة.



الشكل (1) مخطط الأسباب والنتائج

وفي هذا البحث اعتمدنا علم الإحصاء دلـــيلاً للبـــاحثين للتأكد من تأثير بعض هذه العوامل (الشروط المحيطيـــة، والعوامل البشرية، وأجهزة القياس المستخدمة) للاتجـــاه نحو تأكيد صحة النتائج التحليلية ودقتها أو رفضها.

2- مشكلة البحث:

إن التحقق من تلبية أي منتج للمتطلبات يـــتم بالاعتمـــاد على عملية التفتيش والاختبار، ونظراً إلى أهمية نتـــائج التفتيش والاختبار في اتخاذ القرارات بخصوص مطابقة، أوعدم مطابقة المواصفات الفنيـــة، لابـــدَّ مـــن ضـــمان ضباطة[1] نتائج الاختبار للاعتماد عليها في اتخاذ مثل هذه القرارات.

وتتجلى مشكلة البحث في ظاهرة تفاوت نتائج الاختبـــار، إلى درجة التضارب أحياناً بسبب وجود تغييريـــة فـــي العملية التحليلية، إذْ تخضع هـــذه العمليـــة لكثيـــر مـــن المتغيرات منها ما يمكن السيطرة عليه (أخطاء نظامية)، ومنها لا يمكن السيطرة عليه (أخطاء عشوائية)، لا بـــدَّ من التعايش معها، والعمل علـــى تقليلهـــا إلـــى أدنـــى مستوياتها.

ولذلك لابدَّ من توافر نظام مراقبة إحصائي فعال لرصـــد كل سلسلة من النتائج التحليلية، فضلاً عن العمل علـــى إزالة الأسباب التي تؤثر في جودة الأداء خلال مراحـــل إجراء الاختباركلّها. ومن هذه الأسباب (Revoil,2010): كفاءة العاملين ودرجـــة تـــدريبهم، وطرائـــق الاختبـــار

1 تعرف ضباطة القيـــاس (Measurement accuracy) بحـــسب المعجم الدولي للمترولوجيا (VIM) على أنها:"شدة التوافق بين قيمة القياس والقيمة الصحيحة للكمية المقيسة".

وإن مفهوم ضباطة القياس هو مفهوم غير كمي، ولا يعطـــي قيمـــة عددية، ويجب عدم الخلط بين مصطلح "ضباطة القياس" ومـــصطلح "صحة القياس" ومصطلح"دقة القياس"، على الرغم من وجود علاقـــة بينهم.

المعتمدة ومرجعيتها، والأجهزة المستخدمة وظروف عملها.

3- أهمية البحث:

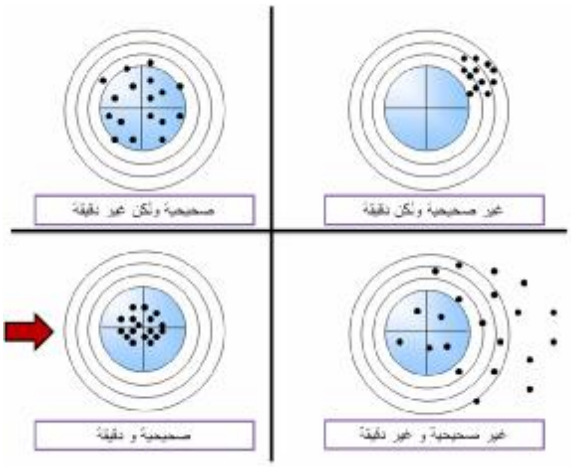
انطلاقاً من مشكلة البحث واستناداً إلى الأهداف المتوخّاة منه في مساعدة المخابر على رفع سوية أدائها، وتعزيز الثقة بعمل هذه المخابر من خلال نتائج المعالجة الإحصائية، التي تمكننا من التأكد من أن فعاليات المخبر كلّها تعمل بالشكل المطلوب، متضمناً ذلك طرائق التحليل والاختبار والمعايرة التي يعتمدها المخبر، والأجهزة المستخدمة في الاختبار، والعاملين ذوي الكفاءة وبرامج التدريب التي يخضعون لها...

تناول هذا البحث أكثر الأساليب الإحصائية شيوعاً التي تستخدم في أثناء تأسيس نظام إدارة الجودة، وتطبيقه، والحفاظ عليه، وتحسينه:

- § الإحصاء الوصفي.
- § اختبار الفرضيات.

ومن هذا المنطق أُجْرِيَتْ معالجة إحصائية لنتائج البيانات الصادرة للتأكد من أن نتائج الاختبار مضبوطة من حيث دقتها وصحتها. ويوضح الشكل الآتي خصائص النتيجة التحليلية

(ISO 5725-1,1994) :



الشكل (2) دقة نتائج القياس وصحتها

وفقاً للمعجم الدولي للمترولوجيا (VIM) يعرف مصطلح "صحة القياس" (Measurement trueness): شدة التوافق بين متوسط عدد غير محدود من نتائج القياس المكررة للكمية نفسها وقيمة الكمية المرجعية.

أمَّا مصطلح "دقة القياس" (Measurement precision) فيعرف: شدة التوافق بين قيم الكمية المقيسة بعضها مع بعض، التي تم الحصول عليها بتكرارية القياس باستخدام الأداة نفسها وعند ظروف محددة (VIM,2007).

4- أسئلة البحث:

طَرَحَ هذا البحث التساؤلات الآتية:

- § هل نتائج القياس الصادرة عن المخبر صحيحة ؟
- § هل يؤدي اختلاف اليوم الذي تُجْرَى فيه القياسات إلى اختلاف نتائج القياس؟
- § هل تُؤْخَذُ نتائج معايرة أجهزة القياس بالحسبان عند إجراء القياسات؟

5-المنتج المختبر: عنفات غازية إيطالية الصنع من نوع (Nuovo Pignone Frame 6)، وهي ذات استطاعة ظاهرية اسمية بحدود (40 MW)، واستطاعة فعلية بحدود (32 MW)، تستخدمها شركة الفرات للنفط لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لعمل المضخات والضواغط والمعدات الأخرى فضلاً عن تأمين أحمال الإنارة والتكييف والخدمات الأخرى في منشآت الشركة.

تعمل هذه العنفات على الوقود الغازي المنتج في معمل غاز العمر، وفي حالات الطوارئ (عند انقطاع الإمداد بالغاز) تعمل على وقود الديزل.

6 - أجهزة القياس المستخدمة:

- جهاز قياس درجة الحرارة بالاعتماد على المقاومة الكهربائية (resistance temperature detector):

وهو عبارة عن حساس يستخدم لقياس درجة الحرارة يصنع من أنواع متعددة من المعادن (أكثرها انتشاراً ودقة البلاتينيوم) حيث يُرَكَّبُ هذا المعدن على شكل لفافة حول أنبوب من السيراميك ويُدْخَلُ إلى النقطة المراد قياس درجة حرارتها.

ويعمل هذا الجهاز بالاعتماد على المبدأ الآتي:

عند تغير درجة الحرارة في النقطة المراد قياسها تتغير المقاومة الكهربائية للمعدن المصنوع منه الجهاز، وهناك جدول يبيّن التغير في درجة الحرارة لكل تغير في المقاومة الكهربائية ومن ثَمَّ فإن هذا التغير في المقاومة الكهربائية يمكننا من معرفة التغير في درجة الحرارة.

فبالنسبة إلى معدن البلاتينيوم تكون المقاومة الكهربائية (100 أوم) عندما تكون درجة الحرارة المقابلة (0ºC) (Childs,2001).

- جهاز قياس درجة الحرارة باستخدام الأشعة تحت الحمراء(Infrared temperature gun) :

وهو عبارة عن جهاز يستخدم لقياس درجات الحرارة لبعض المواد الساخنة جداً أو شديدة الخطورة أو التي نواجه صعوبة في الوصول إليها.

ويعمل هذا الجهاز بالاعتماد على المبدأ الآتي:

يلتقط هذا الجهاز الحرارة من العنصر المطلوب تحديد درجة حرارته بواسطة حساسات بصرية، وهذه الحساسات عبارة عن مجموعة من العدسات والمرايا التي تركز طاقة الأشعة تحت الحمراء الصادرة عن العنصر المطلوب تحديد درجة حرارته وتحول هذه الطاقة إلى إشارة كهربائية تُفسَّر وتُحوَّل ضمن الجهاز إلى قيمة لدرجة الحرارة يمكن قراءتها مباشرة من شاشة الجهاز المذكور (Childs,2001).

7 - سبب الاهتمام بمعرفة درجة حرارة غازات العادم وقياسها:

تكمن أهمية مراقبة درجة حرارة غازات العادم للعنفات الغازية والحصول عليها بدقة بشكل دائم لضمان عدم وصول درجة حرارة الغاز العادم إلى قيم عالية (500ºc) (Operation Manual) لأن ذلك يؤدي إلى توقف عمل العنفة بشكل تلقائي حيث لا يسمح بالوصول إلى درجة الحرارة تلك، وذلك لاعتبارات تتعلق بالعمر الفني للعنفة (Giampaolo,2008).

× الدراسة العملية:

مواد البحث وطرائقه:

اعتمدت الدراسة العملية (ISO 5725-1-2,1994) (Schmuller,2009) من أجل إثبات فرضيات البحث أو نفيها، ويجري ذلك باستخدام الحزمة الإحصائية في برنامج (Excel) في تحليل النتائج التي جُمِعَتْ في هذا البحث، فضلاً عن مجموعة أخرى من الأدوات الإحصائية الوصفية مثل المتوسط الحسابي، والانحراف المعياري.

كما استخدمت الدراسة اختبارين إحصائيين:

ü الأول (اختبار Shapiro-wilk): للتأكد من البيانات الناتجة عن عملية القياس تنتمي إلى توزع إحصائي متناظر (التوزع الطبيعي) لنتمكن من الحصول على نتائج حسابات صحيحة.

مع العلم أنه توجد اختبارات أخرى لتقييم مدى كون التوزيع طبيعياً، ومنها أيضاً:

- اختبار.Komolgorov-Smirnov
- اختبار Gear-Pearson.

وقد أثبتت فِرَق الإحصائيين أن هذه الاختبارات متكافئة في أغلب الأحيان.

ونستخدم في هذه الدراسة اختبار Shapiro-wilk، لأنه الأكثر سهولة في الاستخدام خاصة أن أغلب المخابر لا تتعامل مع عدد كبير جداً من القياسات.

ü الثاني (اختبار Grubbs test): لاستبعاد النقاط الشاذة (Outlier)[2] الموجودة في بيان إحصائي ما.

مع العلم أن الاختبار التقليدي الآخر المستخدم لحذف المعطيات الشاذة هو اختبار Dixon.

فعلى المخبر اختيار أحد هذين الاختبارين (وفي دراستنا استخدمنا اختبارGrubbs)، وعليه أيضاً الالتزام الصارم بالقرار الناجم عن هذا الاختبار.

فإذا كانت:

أ- سلسلة البيانات الناتجة عن القياس، لا تتبع توزيعاً إحصائياً متناظراً، فمن غير المشروع إجراء حسابات إحصائية عليها (المتوسط الحسابي)، لأن المخابر لا تضم اختصاصيين في الإحصاء لمعالجة نتائجها، كما أن غالبية المخابر تهتم بالتوزيع الطبيعي، لأنه التوزع الأكثر شيوعاً والأقل صعوبة في المعالجة.

وإن عدم اتباع البيانات لتوزيع إحصائي متناظر، دليل على وجود مشكلة في البيانات الخاصة بنتائج هذا المخبر ومن ثَمَّ فإنه لا يمكن الاعتماد عليها في اتخاذ أي قرار.

ب- سلسلة البيانات الناتجة عن القياس، التي يشار إلى وجود قيمة شاذة كـ(outlier) ضمنها في اختبارGrubbs test، هذا يدل على وجود مشكلة في هذه القيمة ومن ثَمَّ يجب استثناؤها من العمليات الحسابية.

معظم الأخطاء الناتجة في البيان الإحصائي، غالباً ما تكون بسبب: خطأ المحلل، أو خطأ في معايرة تجهيزات القياس، أو خطأ في تحضير المنتج للاختبار، أو خطأ في إجراء الاختبار، أو خطأ ناتج عن عدم توافر الشروط المحيطية اللازمة للاختبار.

× تفسير النتائج:

قمنا بمعالجة نتائج القياسات وتفسيرها كما يأتي:

- المتوسط الحسابي: هو حاصل قسمة مجموعة القياسات على عددها. وهو أكثر مقاييس النزعة المركزية استخداماً، ويعدُّ مقياساً كافياً للنزعة المركزية إذا كانت البيانات متناظرة، ولا تحتوي على قيم متطرفة، ومن ثَمَّ أي قيمة تكون(Outlier) وفق اختبار Grubbs test تُستَثْنَى عند حساب المتوسط الحسابي.

$$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{n} \text{.....(1)}$$

- الانحراف المعياري Standard Division:

أهم المقاييس المستخدمة في تحديد المتغيرية، ويحسب باستخدام البيانات جميعها. وهو الجذر التربيعي لمتوسط مربع انحرافات البيانات عن المتوسط الحسابي.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \overline{X})^2}{n-1}} \text{.....(2)}$$

- Shapiro-wilk (Schmuller,2009),(Revoil,2010) يستخدم هذا الاختبار لتقييم مدى كون سلسلة من البيانات تتبع توزيعاً إحصائياً متناظراً.

أ- يُجْرَى اختبار شبيرو فيلك وفقاً للخطوات الآتية:

1 - ترتيب سلسلة البيانات الناتجة عن العملية التحليلية تصاعدياً من X_1 إلى X_n.

2 - حساب الفروق (d_p):

$d_1 = X_n - X_1$، $d_2 = X_{n-1} - X_2$ ، $d_3 = X_{n-2} - X_3$ …etc

إذْ d_1: حاصل طرح آخر قيمة من أول قيمة من سلسلة البيانات المرتبة تصاعدياً.

[2] Outlier : نقطة شاذة في البيان الإحصائي.

d_2: حاصل طرح القيمة ما قبل الأخيرة من القيمة الثانية من سلسلة البيانات المرتبة تصاعدياً. وهكذا بالنسبة إلى بقية الفروق(d_p).

3 - احصل على القيم(a_p) من جدول Shapiro-wilk[3].

4 - احسب القيمة:

$$b = \sum a_{p1} d_{p1} \text{.....(3)}$$

$$b = a_{p1} d_{p1} + a_{p2} d_{p2} + a_{p3} d_{p3} + \cdots$$

إذْ b: مجموع جداء كل قيمة من قيم (a_p) بالقيم المقابلة لها من الفروق (d_p).

5 - احسب القيمة:

$$S^2 = \sum (X_i - \overline{X})^2 \text{ .....(4)}$$

إذْ S^2: مجموع مربعات انحرفات كل قيمة في سلسلة البيانات الناتجة عن الاختبار من المتوسط الحسابي لها.

6 - احسب القيمة المحسوبة لاختبار Shapiro-wilk وفق العلاقة:

$$W_{ob} = \frac{b^2}{s^2} \text{ .....(5)}$$

ب- لتقييم في هذا الاختبار يجري وفقاً لما يأتي:

- إذا كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الحدية $W_{critical}$ عند 5 % المعطاة في الجداول المرجعية[4] عندئذٍ تكون سلسلة المعطيات تتبع التوزع الطبيعي، ومن ثَمَّ يمكن إجراء الحسابات الإحصائية على البيانات بعد حذف القيم الشاذة.
- إذا كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الحدية $W_{critical}$ عند 1 % المعطاة في الجداول المرجعية، وأصغر أو مساوية للقيمة الحدية $W_{critical}$ عند 5% المعطاة في الجداول المرجعية عندئذٍ تكون سلسلة المعطيات مشكوكاً في اتباعها للتوزع الطبيعي، ومن ثَمَّ لابدَّ من استشارة الإدارة الفنية في المخبر لاتخاذ قرار بخصوص قبول هذه السلسلة من البيانات أو رفضها.
- إذا كانت القيمة المحسوبة أصغر من القيمة الحدية $W_{critical}$ أو تساويها عند 1 % المعطاة في الجداول المرجعية عندئذٍ تكون سلسلة المعطيات لا تتبع التوزع الطبيعي، ومن ثَمَّ إجراء حسابات إحصائية غير مقبول، ولابدَّ من إعادة توليد سلسلة أخرى (جديدة) من البيانات.

- Grubbs test:

تُخْتَبَرُ نتائج القياس باستخدام Grubbs test لمعرفة القيم المتطرفة (ISO 5725-1,1994). وهو أحد أهم الاختبارات الإحصائية لتحديد النقاط الشاذة الموجودة في بيان إحصائي ما وتعيينها.

$$G = \frac{|x_i - m|}{s} \text{.....(6)}$$

x_i: القيمة المشكوك بها (القيمة العليا أو الدنيا أو الاثنتين معاً) .

m: المتوسط الحسابي لسلسلة البيانات.

s: الانحراف المعياري لسلسلة البيانات.

يُطَبَّقُ اختبار غرابس على بيانات إحصائية تتبع قانون التوزع الطبيعي، لذلك قبل الشروع بتطبيق هذا الاختبار يجب علينا التأكد مسبقاً بأن معطياتنا التجريبية تخضع إلى قانون التوزع الطبيعي، لكي يكون من المشروع حساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري للبيانات.

يجري التقييم في هذا الاختبار وفقاً لما يأتي:

[3] الجداول الإحصائية المرجعية موجودة (Revoil,2010), (Schmuller,2009)

[4] الجداول الإحصائية المرجعية موجودة (Revoil,2010), (Schmuller,2009)

- إذا كانت القيمة المحسوبة أصغر من القيمة الحدية $G_{critical}$ أو تساويها عند 5% المعطاة في الجداول المرجعية[5] عندئذٍ تكون النقطة المختبرة مقبولة.
- إذا كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الحدية $G_{critical}$ عند 5% المعطاة في الجداول المرجعية، وأصغر أو مساوية للقيمة الحدية $G_{critical}$ عند 1% المعطاة في الجداول المرجعية عندئذٍ تكون النقطة المختبرة (Straggler[6])، ومن ثَمَّ تُسْتَشَارُ الإدارة الفنية في المخبر بخصوص قبول النقطة المختبرة أو رفضها.
- إذا كانت القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الحدية $G_{critical}$ عند 1% المعطاة في الجداول المرجعية عندئذٍ تكون النقطة المختبرة شاذة (outlier) ويجب استبعادها من البيان الإحصائي.

- الاختبارات الإحصائية لفرضية:

إن هدف الاختبار الإحصائي هو اختبار فرضية تتعلق بقيم وسيط أو أكثر من المجتمع الإحصائي ويحتوي الاختبار الإحصائي على أربعة عناصر:

§ الفرضية الابتدائية (الصفرية)
§ إحصاء الاختبار
§ منطقة الرفض
§ الفرضية البديلة

الفرضية الابتدائية (الصفرية) ونرمز لها بـــــ H_0 تعرض الفرضية التي سيجري اختبارها، أي إنَّها تحدد قيماً افتراضية لوسيط أو أكثر من وسطاء المجتمع، فعلى سبيل المثال يمكن اختبار الفرضية بأن المتوسط الحسابي يساوي عدداً محدداً أو أن متوسطين حسابين متساويان إحصائياً أو..... وقرارنا برفض الفرضية الابتدائية أو قبولها مبني على المعلومات التي نحصل عليها من اختبار عينة مسحوبة من المجتمع المدروس، وتستخدم قيم العينة لحساب عدد واحد يأخذ دور صانع القرار ويدعى بإحصاء الاختبار (كاختبار T test – اختبار F test - اختبار ANOVA).

ونقسم مجموعة القيم كلّها التي يمكن أن يأخذها إحصاء الاختبار إلى مجموعتين أو منطقتين، إحداهما تدعى منطقة الرفض، وتدعى الأخرى منطقة القبول، ونرفض الفرضية الابتدائية إذا وقعت القيمة التي يأخذها إحصاء الاختبار، محسوباً من العينة، في منطقة الرفض، في حين نقبل الفرضية إذا وقعت هذه القيمة في منطقة القبول.

- **نتائج اختبار الفروض:**

بناء على نتائج المعالجة الإحصائية لهذا البحث، عَرَضْنَا النتائج التي تم التوصل إليها.

الفرضية الأولى: نتائج القياس الصادرة عن المخبر صحيحة.

اعتمدنا في إثبات هذه الفرضية على إثبات الفرضيتين الفرعيتين الآتيتين:

الأولى: نتائج القياس الصادرة عن المخبر تتبع توزيعاً إحصائياً متناظراً ولا تحتوي قيماً متطرفة.

الثانية: لا يوجد فارق حقيقي (جوهري) بين القيمة الحقيقية للعينة المرجعية والمتوسط الحسابي لنتائج الاختبار عند مستوى ثقة 95 %.

1. لإثبات الفرضية الفرعية الأولى:

لا بدَّ من تنفيذ اختباري Shapiro- wilk و Grubbs test على سلسلة المعطيات الناتجة عن قيام الباحثين بإجراء 6 قياسات على العينة المرجعية (مجس حراري مرجعي 24.5°C) وفق طريقة العمل القياسية المعتمدة

[5] الجداول الإحصائية المرجعية موجودة في المواصفة القياسية الدولية ISO 5725-2 .

[6] Straggler: نقطة شاذة في البيان الإحصائي ولكنها أقل شذوذا من Outlier.

للقياس باستخدام جهاز قياس درجة الحرارة باستخدام الأشعة تحت الحمراء.

وقد حصل الباحثان على النتائج الآتية والمقدرة بـ(°C):

الجدول(1): نتائج قياس درجة الحرارة

24.3	24.4	24.4	24.5	24.5	24.6

أ- اختبار Shapiro-wilk، يجري وفق الخطوات المذكورة سابقاً كما يأتي:

الجدول (2): نتائج اختبار Shapiro-wilk

X_i	d_p	a_p	$d_p \times a_p$
24.3	d_1= 24.6-24.3= 0.3	0.64	0.19
24.4	d_2= 24.5-24.4= 0.1	0.28	0.03
24.4	d_3= 24.5-24.4= 0.1	0.09	0.009
24.5	$b = \sum a_{p1} d_{p1}$		0.23
24.5	b^2		0.053
24.6	$S^2 = \sum (X_i - \bar{X})^2$		0.055

ومن ثَمَّ:

- القيمة المحسوبة لاختبارShapiro-wilk:

$$W_{ob} = \frac{b^2}{s^2} = 0.96 \quad .$$

- القيم المرجعية[7] لهذا الاختبار عندما (n=6):

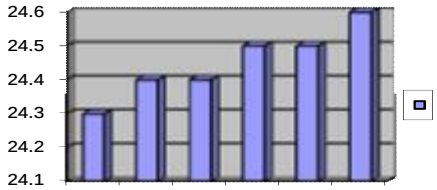
$W_{crt\ 5\%}$= 0.99 ،$W_{crt\ 1\%}$= 0.71

نظراً إلى أن القيمة المحسوبة أكبر من القيمة الحدية $W_{critical}$ عند 1% المعطاة في الجداول المرجعية، وأصغر من القيمة الحدية $W_{critical}$ عند 5% المعطاة في الجداول المرجعية عندئذٍ تكون سلسلة المعطيات مشكوكاً في اتباعها للتوزع الطبيعي. وفي هذه الحالة يمكن الاعتماد على البيانات، ولكن بعد استشارة المدير الفني للمخبر.

ب- اختبار Grubbs test:

نرتب سلسلة المعطيات الناتجة عن قياس درجة الحرارة تصاعديا:

24.3	24.4	24.4	24.5	24.5	24.6



الشكل (3) مخطط يوضح النتائج مرتبة تصاعدياً

نلاحظ من الشكل: القيم المشكوك بها هي القيمة العليا: 24.6، والقيمة الدنيا: 24.3.

وأن المتوسط الحسابي والانحراف المعياري:

المتوسط الحسابي	24.45
الانحراف المعياري	0.10

1) تطبيق اختبار Grubbs test على القيمة العليا المشكوك فيها:

ومن ثَمَّ:

- القيمة المحسوبة لاختبار Grubbs test:

$$G = \frac{|x_i - m|}{s} = 1.43$$

- القيم المرجعية لهذا الاختبار عندما (n=6):

$G_{critical}$=1.887 عند 5% المعطاة في الجداول المرجعية.

[7] الجداول الإحصائية المرجعية موجودة , (Schmuller,2009) (Revoil,2010)

منه استنتجنا:

أن القيمة المحسوبة G_{Ob} = 1.43، أصغر من القيمة الحدية $G_{critical}$ =1.887 عند 5 % المعطاة في الجداول المرجعية، ومن ثَمَّ استنتجنا أن القيمة المختبرة مقبولة.

2) تطبيق اختبار Grubbs test على القيمة الدنيا المشكوك فيها:

ومن ثَمَّ:

- القيمة المحسوبة لاختبار Grubbs test:

$$G = \frac{|x_i - m|}{s} = 1.43$$

- القيم المرجعية لهذا الاختبار عندما (n=6):

$G_{critical}$ =1.887 عند 5 % المعطاة في الجداول المرجعية.

ومنه استنتجنا:

أن القيمة المحسوبة G_{Ob} = 1.43، أصغر من القيمة الحدية$G_{critical}$ =1.887 عند 5 % المعطاة في الجداول المرجعية، ومن ثَمَّ استنتجنا أن القيمة المختبرة مقبولة.

ومن ثَمَّ يمكننا إجراء حسابات صحيحة على سلسلة البيانات، أي **نتائج القياس الصادرة عن المخبر تتبع توزيعاً إحصائياً متناظراً ولا تحتوي قيماً متطرفة.**

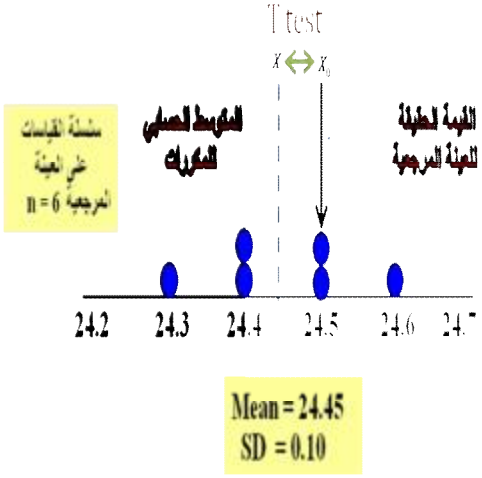
2. إثبات الفرضية الفرعية الثانية:

اعتمد الباحث في إثبات هذه الفرضية على اختبار T test (مقارنة متوسط (Revoil,2010), (Schmuller,2009) مع قيمة ثابتة) الذي يعتمد على مقارنة المتوسط الحسابي للمكررات الناتجة عن اختبار العينة المرجعية بالمقارنة بالقيمة الحقيقية للعينة المرجعية.

إذْ إنَّ العينة المرجعية المستخدمة (مجس حراري مرجعي درجة الحرارة الحقيقة 24.5°C).

وفي هذا الاختبار نحدد ما يأتي:

1. الفرضية الابتدائية (H_0): لا يوجد فرق معنوي بين متوسط المكررات والقيمة الحقيقة للعينة المرجعية $\overline{X}$ =24.5، أمَّا الفرضية البديلة (H_1): فيوجد فرق معنوي بين متوسط المكررات والقيمة الحقيقة للعينة المرجعية $\overline{X}$ ≠24.5.



الشكل (4) اختبار T test

2. القيمة المرجعية للاختبار وتؤخذ من الجداول المرجعية [8] الخاصة باختبار T test،عند درجة الحرية v= n-1= 5، ومستوى الثقة[9] 95 %: T_{cril}=2.57.

3. حساب القيمة المحسوبة لاختبار T test (t_{cal}) من القانون الآتي:

$$t = \frac{\overline{X} - X_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad \text{.....(7)}$$

إذْ:

$\overline{X}$: المتوسط الحسابي لسلسلة البيانات الناتجة عن القياس.

[8] الجداول الإحصائية المرجعية موجودة , (Schmuller,2009) (Revoil,2010)

9 مستوى الثقة 95% الأكثر استخداماً من قبل المخابر، ويمثل مستوى ثقة عالٍ بصورة كافية.

X_0 : القيمة الحقيقة للعينة المرجعية وتساوي 24.5.

s : الانحراف المعياري لسلسلة البيانات الناتجة عن القياس.

n: عدد مرات إجراء الاختبار (المكررات).

$$t = \frac{\overline{X} - X_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{24.45 - 24.5}{\frac{0.10}{\sqrt{6}}} = -1.17$$

4. منطقة الرفض (الإحصاء التطبيقي،2006): هذه الحالة هي حالة اختبار ثنائي الذيل، وتوصف كما يأتي:

$$H_0: \bar{X} = X_0$$
$$H_1: \bar{X} \neq X_0$$

إذْ إنَّ $X_0 = 24.5$ مفروضة مسبقاً، وهي القيمة الحقيقية للعينة المرجعية.

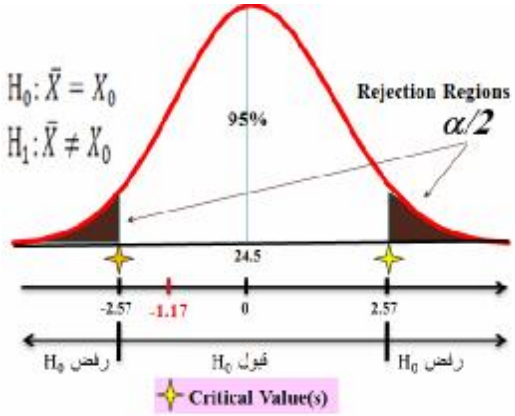
ومنه منطقة القبول هي:

$$= [-2.57, +2.57][-t_{\frac{\alpha}{2}}, +t_{\frac{\alpha}{2}}]$$

ومنطقة الرفض هي:

$$[t < -t_{\frac{\alpha}{2}} = -2.57 \text{ أو } t > t_{\frac{\alpha}{2}} = 2.57]$$

والشكل الآتي يبيّن مناطق القبول والرفض لفرضية العدم (الابتدائية):



الشكل (5) مناطق القبول والرفض لفرضية العدم

إذاً نتيجة الاختبار وفق T TEST هي -1.17 = t_{cal}، ونظراً إلى أنها تقع ضمن منطقة القبول فإننا نقبل الفرضية الابتدائية H_0، ونرفض الفرضية البديلة H_1، ومن ثَمَّ لا يوجد فرق معنوي بين متوسط المكررات والقيمة الحقيقة للعينة المرجعية $\overline{X}$ =24.5، فنستنتج أن **الطريقة المستخدمة في قياس درجة الحرارة تعطي نتائج صحيحة.**

ومن إثبات الفرضيتين الفرعيتين استنتجنا:أن **نتائج القياس الصادرة عن المخبر صحيحة.**

الفرضية الثانية:

اختلاف اليوم الذي تُجْرَى فيه القياسات يؤدي إلى اختلاف نتائج القياس.

اعتمد الباحث في إثبات هذه الفرضية على اختبار ANOVA[10] (Schmuller,2009) الذي يعتمد على مقارنة المتوسطات الحسابية للمكررات الناتجة عن اختبار درجات الحرارة التي قام المدير الفني للمخبر بتنفيذها خلال أيام مختلفة، إذْ قام المدير الفني للمخبر بإجراء 10 مكررات في اليوم الأول، و10 مكررات في اليوم الثاني، و10 مكررات في اليوم الثالث، على العنفة نفسها وفق طريقة العمل القياسية المعتمدة للاختبار في المخبر باستخدام جهاز قياس درجة الحرارة بالاعتماد على المقاومة الكهربائية، وذلك لإثبات أن اختلاف اليوم الذي تُجْرَى فيه الاختبارات لا يؤدي إلى اختلاف نتائج الاختبارات.

وكانت النتائج كما يأتي:

الجدول (3): نتائج قياس درجة حرارة غازات العادم

العنفة المدروسة	Day 1	Day 2	Day 3
درجة حرارة غازات العادم (°C)	450.37	450.40	450.47
	450.38	450.37	450.44
	450.38	450.47	450.39
	450.36	450.44	450.38
	450.40	450.44	450.43
	450.39	450.43	450.42
	450.43	450.43	450.42
	450.42	450.43	450.40
	450.44	450.42	450.39
	450.39	450.42	450.40

[10] تحليل التباين ANOVA : Analysis of Variance

وبإجراء التحليل الإحصائي لنتائج قياس درجة حرارة غازات العادم (°C)(باستخدام برنامج اكسل:

الجدول (4): نتائج اختبار ANOVA

Anova: Single Factor						
SUMMARY						
Groups	Count	Sum	Average	Variance		
Day 1	10	4503.96	450.396	0.000693		
Day 2	10	4504.25	450.425	0.000694		
Day 3	10	4504.14	450.414	0.00076		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0.004287	2	0.002143	2.993792	0.066939	3.354131
Within Groups	0.01933	27	0.000716			
Total	0.023617	29				

نقارن هذه المساحة P-value = 0.066 مع 0.05:

فإذا كانت المساحة المحسوبة باختبار T test أكبر من 0.05 نقبل الفرضية الابتدائية، ونرفض الفرضية البديلة والعكس بالعكس.

ومن ثَمَّ لا يوجد فرق معنوي بين المتوسطات الحسابية للمكررات الناتجة عن قياس درجة حرارة غازات العادم الذي قام المدير الفني للمخبر بتنفيذها خلال أيام مختلفة، ومن ثَمَّ فإن اختلاف اليوم لا يؤدي إلى اختلاف النتائج.

الفرضية الثالثة:

هل تُؤْخَذُ نتائج معايرة أجهزة القياس بالحسبان عند إجراء القياسات.

مخبر القياس يجب أن ينفذ الاختبارات المطلوبة منه في جو قياسي، درجة حرارته 20ºC ±2ºC (K.Yumkella,2009). أي إنَّ مكان تنفيذ الاختبارات تكون درجة الحرارة فيه مضبوطة من المجال (18ºC- 22ºC)،

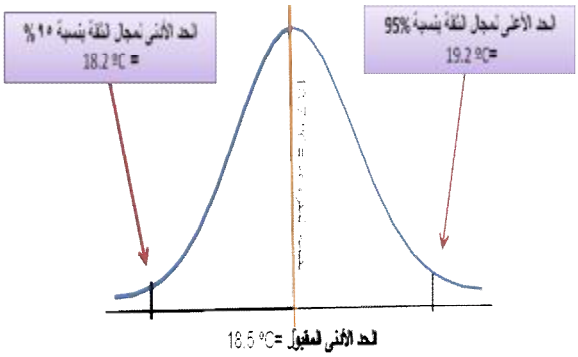
ليجري التحقق من ذلك قام الباحثان بشراء مقياس حرارة ومن ثم معايرته في المخبر الوطني للمعايرة والمعايير، فبينت لنا شهادة المعايرة ما يأتي:

- القيمة المقروءة على مقياس الحرارة هي 20.5ºC،عندما تكون القيمة الحقيقة التي يفترض أن يقيسها هي 20ºC.
- الارتياب المرافق للقيمة المقروءة(المعطى بعامل تغطية[11] 2= الموافق لمجال ثقة 95%)هو 0.5 ºC ±.

واستناداً إلى هذه المعطيات يجب على المخبر تحديد حدود القراءة على مقياس الحرارة هذا التي من شأنها أن تضمن بقاء درجة الحرارة الحقيقية بين 18ºC و 22ºC.

لذلك قام الباحثان بأخذ تصحيح عملية المعايرة 0.5 ºC ± بالحسبان، ومن ثَمَّ يصبح مجال القياس الجديد على مقياس الحرارة بين 18.5ºc و 22.5ºc.

ويبين المخطط[12] الآتي أنه لا ينبغي الاكتفاء بأخذ خطأ الصحة بالحسبان:



الشكل(6) مجال الثقة للقيمة المقروءة على مقياس الحرارة

تفسير ذلك عملياً:

11 عامل التغطية يرمز له بالرمز K،وغالباً يساوي 2 أو3 ويوافق مستوى ثقة بنسبة 95% و99.7% على الترتيب، ويعد عامل التغطية K=2 الأكثر استخداماً،هوالمعطى في شهادة المعايرة الخاصة بجهاز القياس المستخدم.

12 المخطط تم إنشاؤه لقيمة مقروءة على ميزان الحرارة = 18.7ºc.

إذا كانت القيمة المقروءة على مقياس الحرارة (18.7ºc)، يبدو لنا من الوهلة الأولى أن درجة الحرارة في المخبر مقبولة لأنَّها واقعة ضمن مجال القياس الذي قمنا بتحديده للتو، وهو بين 18.5ºC و 22.5ºC. إلا أنه يجب بالطبع أخذ الارتياب المرافق لنتيجة القياس بالحسبان أيضاً (الذي يظهر في الشكل السابق على شكل توزع طبيعي مركزه القيمة المقروءة). وهذا يؤدي بدوره إلى تقليص المجال السابق من طرفيه بالقيمة المطلقة للارتياب (أي 0.5ºC). ومن هنا نستنتج أنه لكي يضمن المخبر تنفيذ اختباراته بين 18ºC و 22ºC، يجب عليه قياس درجة الحرارة، والحصول بهذا المقياس على قراءات لا تخرج عن المجال الواقع بين 19ºc و 22ºc.

ومن ثَمَّ يجب على المخبر أخذ نتائج معايرة أجهزة القياس بالحسبان عند إجراء القياسات للحصول على نتائج صحيحة ودقيقة تثبت الكفاءة الفنية للمخبر.

v الاستنتاجات والتوصيات:

بالنظر إلى النتائج التي توصل إليها البحث يمكننا القيام بوضع المقترحات والتوصيات الآتية:

1 - ضرورة القيام بمزيد من البحوث والدراسات التي تتناول موضوع أنظمة إدارة الجودة في المخابر الميكانيكية الحرارية.

2 - ضرورة تفهم المخابر جميعها لأهمية استخدام أساليب إحصائية، فضلاً عن تلبية متطلبات العناصر والبنود الأخرى ذات العلاقة الواردة في المواصفة القياسية ISO 17025:2005، للتأكد من أن نتائج الاختبار مضبوطة من حيث دقتها وصحتها.

3 – من الضروري أن نتأكد، بمجرد شروعنا بمعالجة سلسلة من المعطيات للوصول إلى خلاصة مفيدة، أن الحساب المنفذ لم يتأثر بطبيعة التوزيع الإحصائي الذي تنتمي إليه هذه المعطيات.

4- من الضروري أن نتأكد، بمجرد شروعنا بمعالجة سلسلة من المعطيات للوصول إلى خلاصة مفيدة، أن الحساب المنفذ لم يتأثر بوجود نقاط شاذة ضمن هذه المعطيات.

5– ضرورة التأكد باستخدام المعالجة الإحصائية أن الشروط المحيطية المطبقة في المخبر مضبوطة بشكل لا يؤثر في صحة نتائج الاختبار ودقتها.

6– معايرة الأجهزة المستخدمة في المخبر جميعها وفق خطة سنوية، وأخذ نتائجها بالحسبان أمر مهم جداً لضمان ضباطتها في أثناء عملها.

7- ضرورة تطبيق أساليب عملية لمراقبة أداء الاختبارات والتأكد من أنها تفي بمتطلبات الجودة من حيث الدقة والصحة، والعمل على إزالة الأسباب التي تؤثر في جودة الأداء خلال مراحل إجراء الاختبار كلّها.

8- يجب استخدام نتائج المعالجة الإحصائية كأداة إضافية لتحديد مشكلات المخبر التي يمكن أن تكون موجودة، فالنتائج المرفوضة التي يمكن ظهورها خلال التحليل الإحصائي يجب أن تُدَقَّقَ ويُحَدَّدَ سبب أو أسباب الأداء غير المقبول والتي من الممكن أن يكون مصدرها بسبب خطأ في معايرة تجهيزات الاختبار، أو خطأ في تحضير العينة للاختبار، أو خطأ في إجراء الاختبار، أو خطأ ناتج عن خلل بتكييف المخبر أو العينة ...، والقيام بالإجراءات التصحيحية إذا لزم الأمر.

المراجع*

1- د. عدنان حميدان ، د. مطانيوس مخول ، الإحصاء التطبيقي، كلية الاقتصاد، جامعة دمشق، 2006.

2- المعجم الدولي للمترولوجيا(VIM)،المفاهيم الأساسية والمصطلحات،هيئة المواصفات الأردنية، الطبعة الثالثة،2007.

3- Childs Peter R.N, Practical Temperature Measurement, Elsevier Inc, 2001.

4- Giampaolo Tony, Gas turbine handbook: principles and practices, Third Edition, The Fairmont Press Inc, 2006.

5- ISO 5725-1,1994- Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results – Part 1 General principles and definitions.1st.ed, ISO,17P.

6- ISO 5725-2,1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results –Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. 1st.ed, ISO,42P.

7- ISO/IEC 17025, 2005- General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. 2nd.ed., ISO,28P.

8- K.Yumkella, Complying with ISO 17025 ,Practical guide book, UNIDO,2009,122P

9- Operation Manual for Frame 6 Nuovo Pignone Turbine in Alfurat Petroleum Company

10- Revoil Gilles; ISO17025: Quality Management, Requirements, Fundamentals-Project by European Union,2010

11- Schmuller Joseph, Statistical Analysis, Wiley publishing,2nd.Ed, 2009, 507P.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2013/1/23