JRUCS
Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)
مجلة كلية الرافدين الجامعة للعلوم

Available online at: https://www.jrucs.iq

AL- Rafidain University College

مراقبة وتحليل عملية حرق الغاز المصاحب باستخدام لوحات السيطرة متعددة المتغيرات

م.د. أزهار كاظم جبارة	أ.د. جواد كاظم خضير
azhar_2017@uomustansiriyah.edu.iq	jwad_k@uomustansiriyah.edu.iq
قسم الإحصاء- كلية الإدارة والاقتصاد- الجامعة المستنصرية، بغداد، العراق.	
م. فراس منذر جاسم	
firasm@uomustansiriyah.edu.iq	
قسم الإحصاء- كلية الإدارة والاقتصاد- الجامعة المستنصرية، بغداد، العراق.	

المستخلص

حرق الغازات المصاحبة عملية تؤدي الى تلوث البيئة وتفاقم الاحتباس الحراري، كما تعد إهدارا لمصدر مهم من مصادر الطاقة. في هذا البحث تم دراسة وتحليل عمليات حرق الغازات المصاحبة في العراق على المدى القصير، المتوسط والطويل باستخدام لوحات السيطرة، اذ تم توظيف تجارب المحاكاة بهدف المقارنة بين اربع لوحات سيطرة هي: لوحة (T^2 Hotelling)، لوحة البوتستراب (Boot)، لوحة (Kernel) ولوحة (KNN) باستخدام معايير المقارنة متوسط طول المدى (ARL)، القيمة المطلقة للتحيز (BALR) والخطأ المعياري لمتوسط طول المدى (SEARL) وباستخدام عدة توزيعات وعند مستويات معنوية واحجام عينات مختلفة. وقد اظهرت نتائج المقارنة افضلية لوحة السيطرة Kernel على بقية اللوحات، ومن خلال تطبيق اللوحة على متغيرات تمثل حجم الغازات المصاحبة المحروقة في الشركات النفطية في العراق، تبين ان تلك الغازات الناتجة عن شعلات الابار النفطية كانت خارجة عن السيطرة على المدى القصير بشكل لافت للنظر، اذ يتضح ان العملية يمكن ان تخرج عن السيطرة عند بداية عملية المراقبة، اما عند المراقبة على المدى المتوسط فان النتائج تشير انخفاض خروج العملية عن السيطرة وقد تخرج العملية عن السيطرة في منتصف مدة المراقبة، وعند مراقبة عملية احتراق الغازات المصاحبة على المدى الطويل فان خروج العملية عن السيطرة سيكون عند نهاية مدة المراقبة.

معلومات البحث

تواريخ البحث
تاريخ تقديم البحث: 2023/1/12
تاريخ قبول البحث: 2023/3/3
تاريخ رفع البحث على الموقع: 2023/12/31

الكلمات المفتاحية
الغاز المصاحب، لوحات السيطرة اللامعلمية.

للمراسلة:
م. فراس منذر جاسم
firasm@uomustansiriyah.edu.iq

https://doi.org/10.55562/jrucs.v54i1.602

1. المقدمة

عملية حرق الغازات المصاحبة مثيرة للجدل لأنها ملوثة للجو وتفاقم من الاحتباس الحراري وتعد إهدارا واضحا لمصدر مهم من مصادر الطاقة. تمثل عملية حرق الغاز المصاحب الذي تنتجه حقول النفط والذي يعرف بغاز الشعلة خطراً على البيئة وصحة الكائنات الحية، فضلا عن كونه مصدرا لهدر كبير للطاقة. ويدعو البنك الدولي شركات النفط والطاقة إلى وقف جميع عمليات حرق الغاز المصاحب بحلول عام 2030. تكمن اهمية الغازات المصاحبة في عدة اتجاهات فيمكن معالجته وبيعه كغاز معالج، أو قد يستخدم لتوليد الطاقة الكهربائية، كما يمكن ان يستخدم لتحسين استخراج النفط أو كمادة خام في المصانع البتروكيميائية. ويعتبر العراق أحد أكبر منتجي النفط مع ذلك فهو ثاني أكثر دولة بعد روسيا تحرق الغاز المصاحب دون الاستفادة منه. وقد وضعت خطط في السنين الماضية وبمدد زمنية محددة لانهاء عملية حرق الغاز، اذ انضم العراق في عام 2017 الى مبادرة البنك الدولي، لذلك وضعت الاهداف لتقضي بانهاء عمليات حرق الغاز المصاحب بحلول عام 2030.. لذلك فان مسالة مراقبة عملية حرق الغاز المصاحب في العراق هي مسالة ملحة وتعطي تقييما عمليا لمتابعة تلك الاهداف، فضلا ان مراقبة وتقييم عملية احراق الغاز المصاحب قد تعطي معلومات دقيقة بهدف الحد من التلوث البيئي. واحدى اهم وسائل عمليات المراقبة الاحصائية على النوعية هي لوحات السيطرة متعددة المتغيرات، والتي يمكن من خلالها مراقبة عدة متغيرات في ان واحد وتحديد فيما إذا كانت العملية الخاضعة للمراقبة ضمن حدود السيطرة أم خارجها. هنالك دراسات عديدة في مجال لوحات السيطرة متعددة

المتغيرات نذكر منها: دراسة شاهين، حمزة اسماعيل وجاسم، فراس منذر 2017، اذ تم فيها استخدام المحاكاة لمقارنة اساليب ايجاد لوحة هوتلنك T^2 متعددة المتغيرات بطريقة معلمية وطريقة لامعلمية، ودراسة عيسى، امينة كريم، التي ركزت على مقارنة لوحات السيطرة المعلمية واللامعلمية في مراقبة خصائص المياه الصالحة للشرب في بغداد، ودراسة عناد، فهد حسين 2020 والتي قام فيها بمراقبة خصائص المياه الصالحة للشرب في قضاء الشطرة باستخدام لوحات السيطرة اللامعلمية متعددة المتغيرات. في هذا البحث تم اجراء تجارب المحاكاة بهدف المقارنة بين اربع لوحات سيطرة هي: لوحة (Hotelling T^2)، لوحة البوتستراب (Boot)، لوحة (Kernel) ولوحة (KNN) بإستخدام معايير المقارنة متوسط طول المدى (ARL) (Average Run Length)، القيمة المطلقة للتحيز (BALR) والخطا المعياري لمتوسط طول المدى (SEARL) وعند مستويات معنوية واحجام عينات مختلفة. ومن ثم توظيف لوحة السيطرة الافضل في دراسة وتحليل عمليات حرق الغازات المصاحبة في العراق على المدى القصير، المتوسط والطويل.

2. لوحة السيطرة (Hotelling T^2) :Hotelling T^2 Control Chart

لوحة السيطرة متعددة المتغيرات (Hotelling T^2) اسلوب احصائي معلمي يستخدم في مجالات السيطرة على النوعية للحالات التي تشمل عدة متغيرات (8) ، وهي من اكثر لوحات السيطرة انتشارا بين لوحات السيطرة المعلمية متعددة المتغيرات كونها تتميز بمراقبة الانحرافات وتحديدها الحاصل في متوسط عملية مراقبة عدة متغيرات في ان واحد (2:pp158). بافتراض ان لدينا مجموعة من البيانات بحجم (n) من المشاهدات وتم سحب (p) من المتغيرات لكل مشاهدة $(j = 1,2, \dots \dots, n)$، وان البيانات تتوزع توزيعاً طبيعيا متعدد المتغيرات بمتجة المتوسطات (μ) ومصفوفة التباين والتباين المشترك (∑) غير معلومتين, وبذلك يجب تقديرهما من بيانات العينة، عندها فان احصاءة (Hotelling T^2) ستكون وفق الصيغة الاتية [2,1]:

$$T_j{}^2 = \left(X_j - \underline{\bar{X}}\right)' S^{-1}\left(X_j - \underline{\bar{X}}\right) \quad (1)$$

اذ ان X_j: المشاهدات لعدد (p) من المتغيرات، $\underline{\bar{X}}$: متجه متوسط العينة لعدد (p) من المتغيرات وعدد (n) من المشاهدات، S: مصفوفة التباين والتباين المشترك بالابعاد (pxp)، وان $\underline{\bar{X}}$ و S يمثلان مقدري طريقة الامكان الاعظم لمتجه المتوسطات $(\underline{\mu})$ ومصفوفة التباين والتباين المشترك (∑) على التوالي، ويمكن تقديرهما وفق الصيغ الاتية [2,1]:

$$\underline{\bar{X}}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_j}{n} \;, S = \frac{\sum_{j=1}^{n}\left(X_j - \underline{\bar{X}}\right)'\left(X_j - \underline{\bar{X}}\right)}{n-1} \quad ,j = 1,2, \dots \dots, p \quad (2)$$

ويتم حساب الحد الاعلى للسيطرة (Upper Control Limit) (UCL) للوحة هوتلنك (Hotelling) بمستوى معنوية (α) باستخدام الصيغة الاتية [2,1]:

$$\mathrm{UCL} = \mathrm{T}^2_{(\alpha,\mathrm{n-p,p})} = \frac{\mathrm{p(n+1)(n-1)}}{\mathrm{n(n-p)}}\left(\mathrm{F}_{\alpha,\mathrm{p,n-p}}\right) \quad (3)$$

اذ ان n: حجم العينة، P:عدد المتغيرات $\mathrm{F}_{\alpha,\mathrm{p,n-p}}$:تمثل النسبة المئوية $100(1-\alpha)^{\mathrm{th}}$ من توزيع F. وتحت افتراض التوزيع الطبيعي متعدد المتغيرات فان احصاءة (Hotelling T^2) تتبع توزيع F (F-Distribution) بدرجتي حرية $(\mathrm{p}, \mathrm{n-p})$ وبمعدل انذار كاذب (False Alarm Rate)(FAR) (α)، وبذلك تصبح صيغة الحد الاعلى للسيطرة (UCL) على الشكل الاتي [4,3]:

$$\mathrm{UCL} = \frac{\mathrm{p(n+1)(n-1)}}{\mathrm{n(n-p)}}\mathrm{F}_{(\alpha,\mathrm{p,n-p})} \quad (4)$$

اذ تتم مقارنة قيم هوتلنك احصاءة (Hotelling T^2) للمشاهدات $\mathrm{j} = 1,2, \dots \dots \mathrm{n}_j$ مع الحد الاعلى للسيطرة. وتحدد قيمة (α) في كثير من الاحيان من قبل الباحث والتي تكون محصورة بين الصفر والواحد ويقدر معدل الخطأ من النوع الاول بنسبة عدد المشاهدات ضمن السيطرة فتكون عملية اتخاذ القرار بخصوص جودة العملية اذا كان الحد الاعلى للسيطرة (UCL) (Upper Control Limit) اكبر من T_j^2 ، اي ان العملية داخل السيطرة اذا كانت [4,3]:

$$\mathrm{T}_\mathrm{j}^2 < \mathrm{UCL}\,, \qquad \text{for all j} \quad (5)$$

وتكون العملية خارج السيطرة، اي عندما $\mathrm{T}_\mathrm{j}^2 > \mathrm{UCL}$.

3. لوحة السيطرة البوتستراب: Bootstrap Control Chart

تعد طريقة البوتستراب احدى طرائق إعادة المعاينة (Resampling) ، وتتلخص الية عمل لوحة السيطرة (Boot) في اعادة المعاينة على الاحصاءات المحسوبة من لوحة (Hotelling T^2)، ثم يتم حساب حد السيطرة الاعلى بعد اعادة المعلينة، اذ يتم حساب إحصاءات هوتلنك $\left(T^2{}_j\right)$ لمشاهدات العينة، ومن ثم يتم سحب (B) من عينات البوتستراب مع الإرجاع المشاهدات، عندها ولكل عينة (لكل تكرار) من عينات البوتستراب يتم تحديد النسبة المئوية $\left[100(1-\alpha)^{\mathrm{th}}\right]$ وبمعدل إنذار كاذب (α)، وان حد السيطرة الاعلى هو متوسط الاحصاءات المحسوبة في الخطوة، اي ان [6,5,1]:

$$UCL_{(Boot)} = \frac{1}{B}\sum_{b=1}^{B} T_{100(1-\propto)}^{2(b)} \quad , b = 1,2, \dots, B \tag{6}$$

4. لوحة السيطرة اللامعلمية Kernel: kernel Control Chart

يعد التمهيد اللامعلمي احد الاساليب الرئيسة للتعامل مع البيانات اللخطية، ويعتمد على أساليب المختلفة لتمهيد تلك البيانات منها اسلوب الدوال اللبية (Kernel Function) والتي تعرف على انها دوال وزنية إحتمالية حقيقية، مستمرة ومتماثلة، ويمكن التعبير عن الدالة اللبية رياضياً من خلال العلاقة التالية [7]:

$$p(a \le u \le b) = \int_{a}^{b} k(u)\, du \qquad , \qquad for\ all\ a < b \tag{7}$$

وان الصيغة الرياضية لتقدير دالة الكثافة الإحتمالية $f(t)$ للمتغير العشوائي T (قيم احصاءة Hotteling) بإستعمال الدوال اللبية تعرف بالشكل التالي [7]:

$$\hat{f}(z) = \frac{1}{nh}\sum_{j=1}^{n} k(u) = \frac{1}{nh}\sum_{j=1}^{n} k\left(\frac{t - T_j}{h}\right) \quad , i = 1,2, \dots, n \ , u = \frac{t - T_j}{h} \tag{8}$$

إذ ان $k(u)$: تمثل دالة التمهيد اللبية، h: عرض الحزمة او معلمة التمهيد. ومن اكثر الدوال اللبية استخداما في التمهيد اللامعلمي هي (Gaussian)، وصيغتها الرياضية [7]:

$$K(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{u^2}{2}} \quad , 0 < u < \infty \tag{9}$$

ومن المسائل المهمة عند إستعمال الدوال اللبية هي بعرض الحزمة(Bandwidth) ويرمز له بالرمز (h)،.وهناك عدة طرائق إختيار عرض الحزمة ومن اشهرها هي طريقة العبور الشرعي(Cross Validation Method)(cv والتي تعتمد على طريقة المربعات الصغرى للعبور الشرعي (Least square Cross Validation) (LSCV) اي بجعل متوسط مربعات الخطأ التكاملية (Mean Integrated Squared Error) (MISE) اقل ما يمكن، وعلى إستبعاد قيمة واحدة من قيم المشاهدات في كل مرة (Leave-One-Out) ، ويمكن تلخيص خطوات التقدير وفق طريقة (LSCV) بإفتراض قيم أولية لمعلمة التمهيد (h)، ومن ثم حذف المشاهدة T_i للحصول على $\hat{f}_{-i}(t_i)$ عند نقاط المشاهدات وكما يلي [7]:

$$\hat{f}_{-i}(t_i) = \frac{1}{(n-1)h}\sum_{j \ne i}^{n} K\left(\frac{t_i - t_j}{h}\right) \tag{10}$$

ومن خلال صيغة دالة المربعات الصغرى للعبور الشرعي التالية [7]:

$$LSCV(h) = \frac{1}{n^2 h}\sum_{j=1}^{n} K * K\left(\frac{t_j - t_k}{h}\right) - \frac{2}{n}\sum_{i=1}^{n} \hat{f}_{-i}(t_i) \tag{11}$$

اذ ان $K * K(.)$: يمثل الالتفاف للدالة اللبية، $K * K(u) = \int K(u - v)kv$.عندها يمكن تكرار الخطوات اعلاه واختيار معلمة التمهيد التي تقابل أصغر $LSCV(h)$ ، اي[7] :

$$h_{LSCV} = argmin_h LSCV(h) \tag{12}$$

وبعد تحديد النسبة المئوية $[100(1-\alpha)^{th}]$ بالاعتماد على قيمة (α)، فانه يمكن ايجاد حد السيطرة الاعلى وفق الصيغة الاتية [9,5]:

$$CL_{Kernel} = \hat{f}_h(T_j)^{-1}(1-\alpha) \tag{13}$$

5. لوحة السيطرة اللامعلمية KNN:

تعتمد طبيعة هذه اللوحة على خوارزمية الجوار الاقرب (K-Nearest Neighbor Algorithm)(KNN)، وتعد خوارزمية (KNN) من خوارزميات التصنيف اللامعلمية وتعتمد على توليد المقدرات المكانية لمشاهدة معينة من خلال قياس المسافة الاقليدية بين تلك نقطة والنقطة الاقرب اليها، اذ تزداد المسافة الاقليدية بين النقاط كلما تبعثرت قيم البيانات، وتقل كلما كانت البيانات متقاربة. لتوضيح الية ايجاد الحد الاعلى للسيطرة للوحة KNN، لنفرض $NN_i(T)$ التي تمثل عينة الجوار الاقرب للاحصاءة (T) المراد تصنيفها، عندها فان الاحصاءة K التي تمثل معدل المسافة بين (T) واحصاءات الجوار الاقرب لها تعرف وفق الصيغة الاتية [10]:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{K} \|T - NN_i(T)\|}{T} \tag{14}$$

وبافتراض ان $K_{1b}, K_{2b}, \dots, K_{nb}$ حيث ان$(b = 1,2 \dots, B)$ تمثل الاحصاءات المرتبة لـ b من عينات البوتستراب كعينات تمهيدية (Bootstrap)، بحيث ان $K_{1b} < K_{2b} < \cdots < K_{mb}$ ، عندها وبعد تحديد النسبة مئوية $1[00(1-\alpha)^{th}]$ وبمعدل انذار α ، فانه يمكن ايجاد حد السيطرة الاعلى وفق الصيغة الاتية [10]:

$$UCL = \sum_{b=1}^{B} \frac{K_{jb}^2}{B} \qquad ,j = 1, \dots, n \,, b = 1,2 \dots, B \tag{15}$$

6. الجانب التجريبي

في تجارب المحاكاة تم توليد المتغيرات العشوائية $p = 5$ لأربع حالات هي:

case I : $\underline{X} \sim MN_p\left(\underline{\mu}, \sum\right)$

اذ تم توليد متغيرات تتبع التوزيع الطبيعي متعدد المتغيرات (Multivariate Normal distribution) (MN)، اعتماداً على متجه متوسطات $(\underline{\mu})$ ومصفوفة التباين والتباين المشترك $(\sum)$ الخاصة بالبيانات الحقيقية وكما ياتي:

$$\underline{\mu} = [\,2.47, 98.54, 1097.97, 85.92, 275.53]$$

$$\sum = \begin{bmatrix} 1.19 & 4.05 & 7.94 & 3.26 & 10.28 \\ & 54.66 & 98.93 & 38.33 & 84.61 \\ & & 439.1 & 113.6 & 241.7 \\ & & & 49.58 & 85.55 \\ & & & & 228.2 \end{bmatrix}$$

case II : $\underline{X} \sim MSN_p^+\left(\underline{\mu_1}, \sum\right)$

وتم توليد متغيرات تتبع التوزيع الطبيعي الملتوي (Multivariate Skew Normal distribution) (MSN) متعدد المتغيرات بمتجه متوسطات يساوي $\underline{\mu_1} = \underline{\mu} + \underline{S_1}$ ، حيث ان $(\underline{S})$ متجه له ذات ابعاد المتجه $\underline{\mu}$ ، وان $\underline{S_1} = 0.2 * \underline{\mu}$.

case III : $\underline{X} \sim MSN_p^-\left(\underline{\mu_2}, \sum\right)$

كما تم توليد متغيرات تتبع التوزيع الطبيعي الملتوي (MSN) متعدد المتغيرات بمتجه متوسطات مساوي الى $\underline{\mu_2} = \underline{\mu} - \underline{S_2}$، حيث ان $(\underline{S})$ متجه له ذات ابعاد المتجه $\underline{\mu}$ ، وان $\underline{S_2} = 0.1 * \underline{\mu}$

case IV : $\underline{X} \sim MT_p\left(\underline{\mu_t}, \sum_t\right)$

وايضا تم توليد متغيرات تتبع توزيع (t) متعدد المتغيرات (Multivariate t Student distribution) (MT) من خلال تحويل متغيرات التوزيع الطبيعي الى التوزيع الطبيعي القياسي للحصول على متجه المتوسطات $\underline{\mu_t} = \underline{0}$، ومصفوفة تباينات توزيع (t) الاتية [11]:

$$\sum_t = \frac{v}{v-2} \sum \quad , v = n - p \tag{16}$$

ومن ثم تم ايجاد لوحات السيطرة التي ذكرت في الجانب النظري المتمثلة بلوحة هوتلنك Hotelling T^2 ، لوحة Boot T^2 بتكرار (B=1000)، لوحة KNNer chart بالدالة اللبية Gaussian وبعرض حزمة محسوب وفق طريقة العبور الشرعي، خارطة K chart، بعدد متجاورات بلغ (4) وبتكرار بوتستراب بلغ (BK=500) لحساب حد السيطرة الاعلى. ومن اجل مقارنة اداء لوحات السيطرة تم حساب متوسط طول المدى ARL لكل لوحة عند فترات المراقبة القصيرة والمتوسطة والطويلة ، أي $\alpha = (0.1, 0.04, 0.02, 0.01)$ ولحجوم العينات كافة، علما ان حجوم العينات كانت $n = 12, 24, 48, 96$، وان تكرار كل تجربة هو (R=5000). فضلا عن ذلك، تم استخراج النتائج بالاعتماد على برنامج مكتوب بلغة (R) بالإصدار (4.3) كما هو مبين في الجداول من (1) الى (3) ادناه.

جدول (1): متوسط طول المدى (ARL) لكافة تجارب المحاكاة

Case	α	ARL_0	n = 12				n = 24			
			T^2	Boot	Kernel	KNN	T^2	Boot	Kernel	KNN
I	0.2	5	5.12	5.15	4.51	4.48	4.61	4.57	5.26	5.23
	0.1	10	9.47	9.39	10.79	10.74	9.57	9.5	10.91	10.86
	0.04	25	24.66	24.46	25.58	25.45	24.49	24.29	25.71	25.58
	0.02	50	49.17	48.77	51.63	51.37	49.33	48.94	51.8	51.54
	0.01	100	98.83	98.04	103.78	103.26	99.07	98.27	104.02	103.5

II	0.2	5	6.36	6.04	4.45	4.46	6.22	5.91	4.48	4.49
	0.1	10	12.04	11.32	9.27	9.3	11.84	11.12	9.33	9.34
	0.04	25	28.06	26.37	24.13	24.2	27.75	26.09	24.28	24.32
	0.02	50	54.59	51.86	48.86	49	54.13	51.42	49.15	49.25
	0.01	100	106.88	102.61	98.33	98.63	106.19	102.26	98.92	99.12
III	0.2	5	3.3	3.84	3.8	3.83	3.39	3.89	3.94	3.93
	0.1	10	7.96	8.86	8.76	8.84	8.06	8.87	8.98	8.96
	0.04	25	22.55	23.68	23.97	23.92	22.68	23.81	24.1	24.05
	0.02	50	47.06	48.01	48.58	48.49	47.21	48.15	48.73	48.64
	0.01	100	96.48	97.44	98.61	98.42	96.65	97.62	98.79	98.6
IV	0.2	5	7.95	6.12	5.96	5.9	7.65	5.89	5.78	5.84
	0.1	10	14.42	11.25	11.11	11	13.98	10.91	10.78	10.88
	0.04	25	31.64	26.57	26	26.34	30.97	26.02	25.74	26
	0.02	50	59.96	52.16	51.3	51.56	58.96	51.29	50.79	51.3
	0.01	100	114.93	104.59	101.29	102.18	113.44	103.23	101.27	101.78

Case	α	ARL_0	n = 48				n = 96			
			T^2	Boot	Kernel	KNN	T^2	Boot	Kernel	KNN
I	0.2	5	4.83	4.79	5.33	5.26	4.84	4.8	5.36	5.28
	0.1	10	9.7	9.62	10.86	10.8	9.82	9.74	10.8	10.75
	0.04	25	24.64	24.44	25.58	25.46	24.78	24.79	25.46	25.33
	0.02	50	49.53	49.14	51.54	51.28	49.72	49.32	51.28	51.03
	0.01	100	99.35	98.55	103.5	102.98	99.61	98.81	102.98	102.47
II	0.2	5	6.08	5.77	4.51	4.52	5.93	5.57	4.61	4.63
	0.1	10	11.61	10.8	9.41	9.44	11.39	10.59	9.6	9.62
	0.04	25	27.42	25.91	24.32	24.37	27.08	25.73	24.59	24.58
	0.02	50	53.63	50.95	49.29	49.32	53.12	50.79	49.47	49.52
	0.01	100	105.45	101.23	99.12	99.22	104.69	100.71	99.22	99.47
III	0.2	5	3.47	3.99	4.26	4.23	3.54	4.11	4.38	4.24
	0.1	10	8.16	8.98	9.07	9.08	8.25	9.08	9.19	9.16
	0.04	25	22.79	23.93	24.17	24.22	22.9	24.05	24.34	24.29
	0.02	50	47.35	48.3	48.78	48.88	47.48	48.43	49.18	48.92
	0.01	100	96.82	97.79	98.77	98.96	96.98	97.95	99.13	98.93
IV	0.2	5	7.39	5.69	5.67	5.69	7.15	5.61	5.51	5.56
	0.1	10	13.58	10.6	1.66	10.75	13.23	10.32	10.35	10.45
	0.04	25	30.38	26.43	25.48	25.81	29.84	26.06	25.22	25.48
	0.02	50	58.06	52.55	50.52	51.05	57.26	49.03	50.28	50.79
	0.01	100	112.1	102.71	100.76	101.27	110.89	100.68	100.26	100.36

جدول (2): معدل التحيز لمتوسط طول المدى (BARL) لكافة تجارب المحاكاة

Case	α	ARL_0	n = 12				n = 24			
			T^2	Boot	Kernel	KNN	T^2	Boot	Kernel	KNN
I	0.2	5	**0.12**	0.15	0.49	0.52	**0.39**	0.43	0.26	0.23
	0.1	10	**0.53**	0.61	0.79	0.74	**0.43**	0.5	0.91	0.86
	0.04	25	**0.34**	0.54	0.58	0.45	**0.51**	0.71	0.71	0.58
	0.02	50	**0.83**	1.23	1.63	1.37	**0.67**	1.06	1.8	1.54
	0.01	100	**1.17**	1.96	3.78	3.26	**0.93**	1.73	4.02	3.5
II	0.2	5	1.36	1.04	0.55	**0.54**	1.22	0.91	0.52	**0.51**
	0.1	10	2.04	1.32	0.73	**0.7**	1.84	1.12	0.67	**0.66**
	0.04	25	3.06	1.37	0.87	**0.8**	2.75	1.09	0.72	**0.68**
	0.02	50	4.59	1.86	1.14	**1**	4.13	1.42	0.85	**0.75**
	0.01	100	6.88	2.61	1.67	**1.37**	6.19	2.26	1.08	**0.88**
III	0.2	5	1.7	1.2	**1.16**	1.17	1.61	1.11	**1.06**	1.07
	0.1	10	2.04	1.24	**1.14**	1.16	1.94	1.13	**1.02**	1.04
	0.04	25	2.45	1.32	**1.03**	1.08	2.32	1.19	**0.9**	0.95
	0.02	50	2.94	1.99	**1.42**	1.51	2.79	1.85	**1.27**	1.36
	0.01	100	3.52	2.56	**1.39**	1.58	3.35	2.38	**1.21**	1.4

	0.2	5	2.95	1.12	**0.9**	0.96	2.65	0.89	**0.78**	0.84
	0.1	10	4.42	1.25	**1**	1.11	3.98	0.91	**90.7**	0.88
IV	0.04	25	6.64	1.57	**1**	1.34	5.97	1.02	**0.74**	1
	0.02	50	9.96	2.16	**1.3**	1.56	8.96	1.29	**0.79**	1.3
	0.01	100	14.93	4.59	**1.29**	2.18	13.44	3.23	**1.27**	1.78
Case	**α**	**ARL_0**	**n = 48**				**n = 96**			
			T^2	**Boot**	**Kernel**	**KNN**	**T^2**	**Boot**	**Kernel**	**KNN**
	0.2	5	**0.17**	0.21	0.33	0.26	**0.16**	0.2	0.36	0.28
	0.1	10	**0.3**	0.38	0.86	0.8	**0.18**	0.26	0.8	0.75
I	0.04	25	**0.36**	0.56	0.58	0.46	**0.22**	0.21	0.46	0.33
	0.02	50	**0.47**	0.86	1.54	1.28	**0.28**	0.68	1.28	1.03
	0.01	100	**0.65**	1.45	3.5	2.98	**0.39**	1.19	2.98	2.47
	0.2	5	1.08	0.77	0.49	**0.48**	0.93	0.57	0.39	**0.37**
	0.1	10	1.61	0.8	0.59	**0.56**	1.39	0.59	0.4	**0.38**
II	0.04	25	2.42	0.91	0.68	**0.63**	2.08	0.73	0.41	**0.42**
	0.02	50	3.63	0.95	0.71	**0.68**	3.12	0.79	0.53	**0.48**
	0.01	100	5.45	1.23	0.88	**0.78**	4.69	0.71	0.78	**0.53**
	0.2	5	1.53	1.01	**0.74**	0.77	1.46	0.89	**0.62**	0.76
	0.1	10	1.84	1.02	**0.93**	0.92	1.75	0.92	**0.81**	0.84
III	0.04	25	2.21	1.07	**0.83**	0.78	2.1	0.95	**0.66**	0.71
	0.02	50	2.65	1.7	**1.22**	1.12	2.52	1.57	**0.82**	1.08
	0.01	100	3.18	2.21	**1.23**	1.04	3.02	2.05	**0.87**	1.07
	0.2	5	2.39	0.69	**0.67**	0.69	2.15	0.61	**0.51**	0.56
	0.1	10	3.58	0.6	**8.34**	0.75	3.23	0.32	**0.35**	0.45
IV	0.04	25	5.38	1.43	**0.48**	0.81	4.84	1.06	**0.22**	0.48
	0.02	50	8.06	2.55	**0.52**	1.05	7.26	0.97	**0.28**	0.79
	0.01	100	12.1	2.71	**0.76**	1.27	10.89	0.68	**0.26**	0.36

جدول (3): الخطأ المعياري لمتوسط طول المدى (ARL) لكافة تجارب المحاكاة

Case	**α**	**ARL_0**	**$n = 12$**				**$n = 24$**			
			T^2	**Boot**	**Kernel**	**KNN**	**T^2**	**Boot**	**Kernel**	**KNN**
	0.2	5	**0.01**	0.012	0.04	0.043	**0.019**	0.021	0.035	0.032
	0.1	10	**0.045**	0.051	0.066	0.061	**0.036**	0.042	0.076	0.072
I	0.04	25	**0.051**	0.037	0.077	0.07	**0.043**	0.059	0.059	0.049
	0.02	50	**0.069**	0.102	0.135	0.114	**0.056**	0.088	0.15	0.128
	0.01	100	**0.097**	0.163	0.315	0.271	**0.078**	0.144	0.335	0.292
	0.2	5	0.113	0.087	0.046	**0.045**	0.102	0.076	0.043	**0.041**
	0.1	10	0.17	0.11	0.061	**0.059**	0.153	0.094	0.056	**0.055**
II	0.04	25	0.255	0.115	0.072	**0.066**	0.229	0.091	0.06	**0.056**
	0.02	50	0.382	0.155	0.095	**0.083**	0.344	0.119	0.071	**0.063**
	0.01	100	0.573	0.217	0.139	**0.114**	0.516	0.189	0.09	**0.073**
	0.2	5	0.142	0.1	**0.097**	0.097	0.135	0.092	**0.088**	0.089
	0.1	10	0.17	0.104	**0.095**	0.096	0.161	0.094	**0.085**	0.087
III	0.04	25	0.204	0.11	**0.086**	0.09	0.194	0.099	**0.075**	0.079
	0.02	50	0.245	0.166	**0.118**	0.126	0.232	0.154	**0.106**	0.114
	0.01	100	0.294	0.213	**0.116**	0.132	0.279	0.198	**0.101**	0.117
	0.2	5	0.246	0.093	**0.075**	0.082	0.221	0.075	**0.065**	0.07
	0.1	10	0.369	0.104	**0.083**	0.092	0.332	0.076	**0.068**	0.074
IV	0.04	25	0.553	0.131	**0.091**	0.105	0.498	0.085	**0.061**	0.083
	0.02	50	0.83	0.18	**0.109**	0.13	0.747	0.108	**0.066**	0.109
	0.01	100	1.244	0.382	**0.148**	0.191	1.12	0.269	**0.106**	0.148

Case	α	ARL_0	$n = 48$				$n = 96$			
			T^2	Boot	Kernel	KNN	T^2	Boot	Kernel	KNN
I	0.2	5	**0.014**	0.018	0.023	0.026	**0.028**	0.037	0.047	0.053
	0.1	10	**0.025**	0.031	0.072	0.067	**0.051**	0.063	0.146	0.136
	0.04	25	**0.03**	0.046	0.049	0.038	**0.061**	0.093	0.099	0.077
	0.02	50	**0.039**	0.072	0.128	0.107	**0.079**	0.146	0.260	0.217
	0.01	100	**0.054**	0.121	0.292	0.249	**0.110**	0.246	0.593	0.505
II	0.2	5	0.09	0.064	0.041	**0.038**	0.183	0.130	0.083	**0.081**
	0.1	10	0.135	0.067	0.049	**0.047**	0.274	0.136	0.099	**0.095**
	0.04	25	0.202	0.076	0.05	**0.044**	0.410	0.154	0.102	**0.089**
	0.02	50	0.303	0.079	0.052	**0.048**	0.615	0.160	0.106	**0.097**
	0.01	100	0.454	0.103	0.073	**0.057**	0.922	0.209	0.148	**0.116**
III	0.2	5	0.128	0.084	**0.051**	0.081	0.260	**0.171**	0.122	0.164
	0.1	10	0.153	0.085	**0.066**	0.078	0.311	**0.173**	0.128	0.158
	0.04	25	0.184	0.089	**0.075**	0.069	0.374	**0.181**	0.132	0.140
	0.02	50	0.221	0.142	**0.094**	0.102	0.449	**0.288**	0.191	0.207
	0.01	100	0.265	0.184	**0.116**	0.103	0.538	**0.374**	0.175	0.209
IV	0.2	5	0.199	0.057	**0.056**	0.061	0.404	0.136	**0.114**	0.124
	0.1	10	0.299	0.05	**0.027**	0.036	0.607	0.142	**0.095**	0.133
	0.04	25	0.448	0.063	**0.04**	0.051	0.909	0.168	**0.081**	0.104
	0.02	50	0.672	0.043	**0.045**	0.087	1.364	0.087	**0.091**	0.177
	0.01	100	1.008	0.167	**0.064**	0.106	2.046	0.339	**0.13**	0.215

من خلال الجدول (1) الى (3) اعلاه التي تتضمن كلا من قيم متوسط طول المدى (ARL)، قيم التحيز لمتوسط طول المدى (BARL) وقيم الخطا المعياري لمتوسط طول المدى (SEARL) على الترتيب ولتجارب المحاكاة كافة، يتضح انه في حالة التوزيع الطبيعي متعدد المتغيرات يتضح من خلال الجداول المذكورة ان لوحات السيطرة طبقا لاقتراب قيم (ARL) من قيمة متوسط طول المدى الحقيقية (المفترضة) (ARL_0) واعتمادا على اقل القيم لـ (SEARL) كان ترتيبها على النحو الاتي: لوحة T^2، لوحة Boot، لوحة KNN ولوحة Kernel. وعند الحالة الثانية اي عند التوزيع الطبيعي الملتوي التواء موجب (SMN^+)فأن لوحة KNN حققت قيما لـ (ARL) كانت الاقرب لقيم متوسط طول المدى المفترضة (ARL_0) ، وتليها لوحة Kernel، ثم لوحة Boot واخيرا لوحة T^2، وان هذا الترتيب تؤكده القيم الاقل لكل من (BARL) و (SEARL). اما في حالة التوزيع الطبيعي الملتوي بالالتواء سالب (SMN^-) اي عند الحالة الثالثة فأن لوحة Kernel حصلت على قيم (ARL) الاقرب لقيم متوسط طول المدى المفترضة (ARL_0) والاقل لقيم كلا من (BARL) و (SEARL)، ثم تلتها لوحة KNN ، لوحة Boot واخيرا لوحة T^2. وفي الحالة الرابعة عند توزيع (t) متعدد المتغيرات فقد كانت قيم (ARL) الاقرب لقيم (ARL_0) والقيم الاقل لـ (SEARL) قد سجلتها لوحة السيطرة Kernel تلتها لوحة KNN وقد حلت لوحة Boot بالترتيب الثالث، واخيرا لوحة T^2. كما نلاحظ ان قيم (ARL) الاقرب من قيم (ARL_0) وقيم كلا من (BARL) و (SEARL) الاقل سجلت عندما $\alpha = 0.2$، وان القيم (ARL) الاكثر تباعدا عن قيم (ARL_0) وقيم كلا من (BARL) و (SEARL) الاعلى قد سجلت عندما $\alpha = 0.01$.

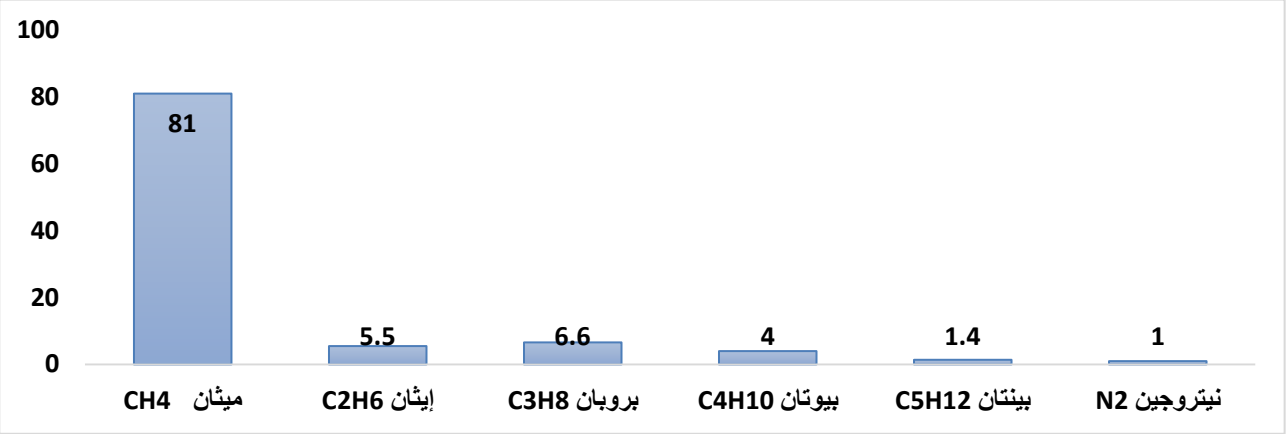
7. الجانب التطبيقي

تمهيد

ان الغاز الطبيعي (غاز الشعلات) هو مصطلح يدل على عملية حرق الغاز الفائض الذي يخرج من باطن الأرض أثناء التنقيب عن النفط وإنتاجه، وان ألسنة اللهب العملاقة التي تخرج من فوهات عملاقة في المنشآت النفطية هي نتيجة لحرق هذا الغاز، كما قد يجري حرق الغاز المصاحب على الأرض، أو عند راس بئر النفط، وهذه العملية أكثر شيوعا في بلدان مثل الولايات المتحدة الأمريكية روسيا ودول الخليج. إن التلوث الناجم عن الصناعة النفطية سواء كانت الصناعة استخراجية أم تكريرية أم صناعة الغاز الطبيعي، تسبب خللا بالنظام البيئي وتشكل أبرز ملوثات البيئة وأكثرها قدرة على الكائنات الحية [12].

جدول (5): مكونات الغاز المصاحب ونسبة كل مكون

المكونات	ميثان CH_4	إيثان C_2H_6	بروبان C_3H_8	بيوتان C_4H_{10}	بينتان C_5H_{12}	نيتروجين N_2
النسبة المئوية	81	5.5	6.6	4	1.4	1



شكل (1): مكونات الغاز المصاحب ونسبة كل مكون

تقسم احتياطيات الغاز الطبيعي في العراق إلى ثلاثة أنواع رئيسة، النوع الأول هو الغاز الطبيعي المصاحب الذي تبلغ نسبته 71% ويأتي مصاحباً لإنتاج النفط في الحقول النفطية التابعة لشركات نفط الشمال ونفط الوسط ونفط الجنوب، والنوع الثاني هو الغاز الطبيعي الحر، وأخيرا غاز القبب. والجدول (5) والشكل (1) اعلاه يوضحان مكونات الغاز المصاحب ونسبة كل مكون [12].

ان بيانات البحث تمثل كميات الغاز المصاحب المحروقة من الشعلات في كلا من شركة نفط الشمال بنوعين من الغاز الصاحب هما الحلو (X1)، الغاز الحامضي (X2)، شركة نفط الوسط (X3)، شركة نفط البصرة (X4) وشركة نفط ميسان (X5). وتم تسجيل كميات الغاز المصاحب المحترق الشهرية ابتداء من شهر كانون الثاني من عام 2016 لغاية كانون الاول من عام 2020، اي بواقع (48) مشاهدة. والجدول (6) يبين بعض الاحصاءات الوصفية للبيانات المدروسة، فضلا عن نتائج اختبارات حسن المطابقة لتلك المتغيرات. تجدر الاشارة الى انه تم الحصول على البيانات من التقارير الاحصائية السنوية الصادرة من الجهاز المركزي للاحصاء للفترة من 2016-2020 [13].

جدول (6): اختبارات حسن المطابقة للمتغيرات

T	Min	Max	Median	Mean	S.D.	K.S.	P-value
X_1	0.75	5.79	2.23	2.473	1.19	0.0877	0.854
X_2	12.52	193.34	73.58	85.92	49.58	0.1324	0.3394
X_3	7.85	270.46	90.50	98.55	54.66	0.0884	0.8472
X_4	213.8	2249.8	1041.1	1098.0	439.1	0.1085	0.6239
X_5	5.04	783.42	201.22	275.54	228.27	0.1157	0.4016

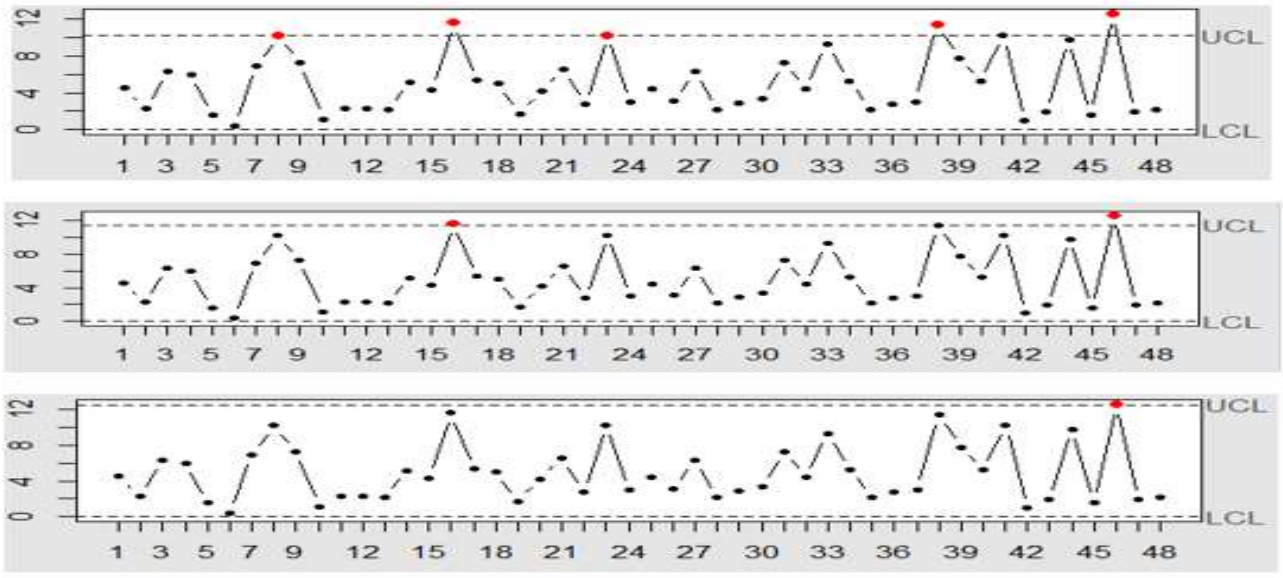
ويتضح من خلال الجدول (6) اعلاه ان اقل قيمة للغاز المصاحب المحروق بلغت (0.75) مليون $م^3$ في شركة نفط الشمال، وان اعلى قيمة للغازات المحروقة بلغت (2249.8) مليون $م^3$ في شركة نفط البصرة. كذلك فان اعلى متوسط للغازات المحروقة من الشعلات بلغ (1098) مليون $م^3$ في شركة نفط البصرة، وان اقل متوسط للغازات المحروقة من الشعلات بلغ (2.473) مليون $م^3$ في شركة نفط الشمال. كما تبين ان المتغيرات الخمسة تتبع توزيع (t)، حيث كانت قيم p-value لاختبار (Kolmogorov-Smirnov test) (K.S.) اكبر من مستوى المعنوية (0.05) وهذا يؤكد قبول فرضية العدم التي تنص على ان المتغيرات تتبع التوزيع المعني.

واستنادا الى نتائج الجانب التجريبي فقد تم تطبيق كلا من لوحة السيطرة اللامعلمية Kernel بالدالة اللبية Gaussian وعرض حزمة مقدر بطريقة العبور الشرعي، فضلا عن ثلاثة مستويات للمعنوية هي (12/1)، (24/1) و (48/1). ومن ثم ايجاد كلا من متوسط طول المدى، مقدار التحيز لمتوسط طول المدى(BARL) والخطا المعياري لمتوسط طول المدى (SEARL).

وتشير النتائج في الجدول (7) والشكل (2) ادناه انه عند متوسط طول مدى (ARL_0=12) فان الحد الاعلى للسيطرة للوحة Kernel بلغ (10.2)، وان اول خروج عن السيطرة كان عند العينة (8)، وان عدد العينات خارج السيطرة بلغ (5)، وبمتوسط طول مدى (ARL=9.559)، في حين عندما (ARL_0=24) فان حد السيطرة الاعلى بلغ (11.4)، وان اول عينة خارج السيطرة كانت العينة (15)، وان عدد العينات خارج السيطرة بلغ (3)، اي بمتوسط طول مدى (ARL=24.272)، في حين عندما (ARL_0=24) فان حد السيطرة الاعلى بلغ (12.53)، وان اول عينة خارج السيطرة كانت العينة (45)، وعدد العينات خارج السيطرة بلغ عينة واحدة، اي بمتوسط طول مدى (ARL=48.78).

جدول (7): نتائج تطبيق لوحتي السيطرة اللامعلمية Kernel

α	ARL_0	UCL	ARL	BARL	SEARL
0.083	12	10.20	9.599	2.401	0.832
0.0417	24	11.40	24.272	-0.272	0.011
0.0208	48	12.53	48.78	-0.78	0.087



شكل (2): لوحة السيطرة اللامعلمية Kernel عند قيم متوسط طول مدى ARL_0=12,24,48
(الشكل في الاعلى يمثل لوحة السيطرة عندما $\alpha = 0.083$)

8. الاستنتاجات

من خلال النتائج التي تم التوصل اليها في الجانبين التجريبي والتطبيقي، توصل الباحثون الى:

1. ان بيانات عمليات الاحتراق للغاز المصاحب لعمليات إنتاج النفط والغاز تتبع توزيع (t).
2. ان لوحتي السيطرة (T^2 Hotelling)، (Boot) متعددة المتغيرات تعملان بكفاءة اذا كانت المتغيرات تتبع التوزيع الطبيعي، في حين ان لوحتي السيطرة اللامعلمية Kernel , K تعملان بكفاءة بغض النظر عن طبيعة توزيع المتغيرات.
3. لوحة السيطرة اللامعلمية Kernel تعمل بكفاءة اكبر مع التوزيع الطبيعي الملتوي التواء سالبا، وعند عمليات المراقبة المتوسطة وطويلة الاجل في حالة توزيع (t) متعدد المتغيرات، في حين تعمل لوحة السيطرة اللامعلمية K تعمل بكفاءة اكبر مع التوزيع الطبيعي الملتوي التواء موجبا وعند عمليات المراقبة قصيرة الاجل عند توزيع (t) متعدد المتغيرات.
4. ان توظيف طريقة البوتستراب مع لوحة السيطرة (T^2 Hotelling) يؤدي الى استقرار النتائج للوحة (T^2 Hotelling)، فقد سجلت لوحة السيطرة (Boot)النتائج الاكثر استقرارا في هذا البحث.
5. كلما قلت قيمة معدل الانذار الكاذب (α) اقتربت قيم متوسط طول المدى (ARL) ولكافة لوحات السيطرة المعلمية واللامعلمية من قيم طول المدى المفترضة (ARL0).
6. لقد لوحظ ان زيادة حجم العينة أدى الى ابتعاد القيم التقديرية لمتوسط طول المدى ARLعن قيم متوسط طول المدى المفترضة ARL_0 ولوحات السيطرة المستعملة كافة .
7. بشكل عام فان عملية مراقبة الغازات المصاحبة تشير الى ان تلك الغازات الناتجة عن شعلات الابار النفطية كانت خارجة عن السيطرة على المدى القصير بشكل لافت للنظر، اذ يتضح ان العملية يمكن ان تخرج عن السيطرة عند بداية عملية المراقبة، اما عند المراقبة على المدى المتوسط فان النتائج تشير انخفاض خروج العملية عن السيطرة وقد تخرج العملية عن السيطرة في منتصف مدة المراقبة، وعند مراقبة عملية احتراق الغازات المصاحبة على المدى الطويل، تخرج العملية عن السيطرة عند نهاية مدة المراقبة.
8. حرق الغازات المصاحبة في العراق تمثل هدرا للموارد ناهيك عن التلوث البيئي الكبير، ولما كانت نتائج عملية المراقبة تشير الى امكانية السيطرة على تلك العملية على المدى الطويل، فان هذا يعني وجود إستراتيجية لإدارة الغاز واستغلاله، لذلك فان هذه الانبعاثات تؤدي الى ضياع هذا المصدر المهم من مصادر الطاقة تمثل عملية احتراق الغازات المصاحبة ، لذلك نجد من الضروري تكثيف الجهود وايجاد الحلول لخفض انبعاثات الغاز المصاحب في عمليات إنتاج النفط والغاز.

المصادر

[1] H. Hotelling, Multivariate Quality Control in Techniques of Statistical Analysis, McGraw Hall, New York, 1947.

[2] H.S. Shaheen, F.M., Jassim. "The Procedure of the Bootstrap for Multivariate T2 Control Charts", The Scientific Journal of Cihan University, 1(3), 2017.

[3] M. Hanna, "Statistical Study of Multivariate Quality Control Procedures and its Applications". Master Thesis in Applied Statistics, Faculty Commerce, Banha University 2007.

[4] D.C. Montgomery, Introduction to Statistical Quality Control, 4th Edition, Willey, New York , 2001.

[5] P. Phaladianon, & et al., "Bootstrap-Based T2 Multivariate Control Chart", Journal of Communication in Statistics , 40(5), p.p.645-662, 2011.
[6] B. Efron. "More Efficient Bootstrap Computations". JASA, 85(409), pp.79-98, 1990.
[7] W. Hardle, A. Werwatz , M. Muller , S. Sperlich. Nonparametric and Semiparametric Models, Springer Series in Statistics, (2004)
[8] J. Li, "Nonparametric Multivariate Statistical Process Control Charts : a hypothesis testing – based approach", Journal of Nonparametric Statistics, 27(3) , 384-400, 2015.
[9] J. Yue, L. Liu. "Multivariate Nonparametric Control Chart with Variable Sampling Interval". Applied Mathematical Modeling, Vol. (52), pp. 603-612, 2017.
[10] T. Sukchotrat, "Data Mining Driven Approaches for Process Monitoring and Diagnosis", PH.D. Thesis in Applied Statistics, University of Texas, 2008.
[11] J.E. Jackson, & R.A Bradley, "Sequential Multivariate Procedures for Means with Quality Control Application", Multivariate Analysis, (1) , pp. 507-519, 1966.
[12] A. Javaheri &A. Houshmand," Average Run Length Comparison of Multivariate Control charts", Journal of Statistical Computation and Simulation , 69(2) , pp. 125-140, 2001.
[13] Environmental statistics reports issued by the Central Statistical Organization 2014-2021.

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences (2023); Issue 54; 319 – 329

AL- Rafidain University College

PISSN: (1681-6870); EISSN: (2790-2293)

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

Available online at: https://www.jrucs.iq

JRUCS

Journal of AL-Rafidain University College for Sciences

Monitoring and Analyzing the Associated Gas Flaring Process Using Multivariate Control Charts

Lect. Dr. Azhar K. Jbarah	Prof. Dr. Jawad K. Khudhier
azhar_2017@uomustansiriyah.edu.iq	jwad_k@uomustansiriyah.edu.iq
Department of Statistics, College of Administration and Economics, Al-Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq	
Lect. Firas M. Jassim	
firasm@uomustansiriyah.edu.iq	
Department of Statistics, College of Administration and Economics, Al-Mustansiriyah University, Baghdad, Iraq	

Article Information

Article History:
Received: January, 12, 2023
Accepted: March, 3, 2023
Available Online: December, 31, 2023

Keywords:
Associated gas, nonparametric control charts.

Correspondence:
Lect. Firas M. Jassim
firasm@uomustansiriyah.edu.iq

Abstract

The process of burning related gases pollutes the environment and makes global warming worse. Additionally, it is a waste of a significant energy source. In this research, the associated gas burning processes in Iraq were studied and analyzed over short, medium, and long terms using control panels. (Kernel) and panels (KNN) using comparison criteria such as mean range length (ARL), absolute value of bias (BALR), and standard error of average range length (SEARL) and using several distributions at different levels of significance and sample sizes. The results of the comparison demonstrated the preference of the kernel control panel over the other panels. Additionally, in the panel's application to variables representing the volume of related gases burned in Iraq's oil companies, it was found that the gases produced by oil well flares were noticeably out of control in the short term, as It is clear that the process can get out of control at the beginning of the monitoring process, but when monitoring in the medium term, the results indicate a decrease in the process getting out of control, and the process may get out of control in the middle of the monitoring period. Finally, when observing the associated gas combustion process in the long term, the process will be out of control at the end of the monitoring period.

https://doi.org/10.55562/jrucs.v54i1.602