السنة الثالثة والعشرون ملحق 1 العدد 85 / شهر حزيران / السنة 2025

https://doi.org/10.31272/ijes.v23 i85.1282

المجلة العراقية للعلوم الاقتصادية
Iraqi Journal For
Economic Sciences

PISSN : 1812-8742 EISSE ONLIN : 2791-092X Arcif : 0.375

The Use of Simulation in Fuzzy Control Charts

استعمال المحاكاة في لوحات السيطرة الضبابية

نوارس مالك فاضل
Nawaris Malik Fadel
nawaris.malik@uomustansiriyah.edu.iq

أ.م نبأ نعيم مهدي
Nabaa Naeem Mahdi
nabaanaeemmahdi@uomustansiriyah.edu.iq

كلية الادارة والاقتصاد-جامعة المستنصرية

Abstract

Fuzzy Control Charts are modern tools in statistical process analysis and control, representing an advancement over traditional models by incorporating Fuzzy Logic. These charts are designed to address issues arising from uncertainty or imprecision in data encountered in industrial systems or administrative processes. In this study, four types of fuzzy control charts were utilized: the fuzzy ($\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$) chart, the fuzzy ($\tilde{R}$) chart, the fuzzy exponentially weighted moving average (FEWMA) chart with three weighting factors (λ = 0.3, 0.6, 0.9), and the fuzzy cumulative sum (FCUSUM) chart. A triangular membership function was used, and a simulation approach was applied with three sample sizes (n = 3, 4, 6), three batch sizes (m = 40, 80, 100), and three cutoff levels (α = 0.3, 0.5, 0.7). Three comparison criteria were adopted: the capability index (C_P), the process performance index (C_{PK}), and the average run length (ARL). The results showed that the ARL increases as sample sizes and batch sizes grow, while the CP and CPK indices were equal in some charts. Moreover, the performance of the charts improved when smaller sample sizes were used, indicating the flexibility of nonparametric control charts.

Keywords: Fuzzy Control Chart, Fuzzy Logic, Fuzzy $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ Chart, Fuzzy $\tilde{R}$ Chart, FCUSUM Chart, ARL, Capability Index, Capability Performance .

المستخلص

تُعد لوحات السيطرة الضبابية (Fuzzy Control Charts) من الأدوات الحديثة في تحليل وضبط العمليات الإحصائية، حيث تمثل تطوراً للنماذج التقليدية من خلال إدماج المنطق الضبابي (Fuzzy Logic)، و صُممت هذه اللوحات لمعالجة المشكلات الناجمة عن الغموض أو عدم الدقة في البيانات التي تواجهها الأنظمة الصناعية أو العمليات الإدارية، في هذا البحث، تم استعمال أربعة أنواع من لوحات السيطرة الضبابية وهي لوحة الوسط الحسابي مع المدى الضبابية ($\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$) ولوحة المدى الضبابي ($\tilde{R}$) ولوحة المتوسط المتحرك الموزون أسياً الضبابية (FEWMA) ولثلاثة أوزان ($\lambda = 0.3,0.6,0.9$) ولوحة المجموع المتراكم الضبابية (FCUSUM)، وتم استعمال دالة الانتماء الثلاثية، باستعمال أسلوب المحاكاة على ثلاثة أحجام من العينات (n = 3, 4, 6) وثلاث دفعات (m = 40, 80, 100) ولثلاثة مستويات للقطع ($\alpha = 0.3,0.5,0.7$)، كما تم اعتماد ثلاثة معايير للمقارنة وهي: مؤشر دليل المقدرة (C_P)، ومؤشر أداء العملية (C_{PK})، ومعدل طول التشغيل (ARL)، أظهرت النتائج أن معدل طول التشغيل

يرتفع مع زيادة احجام العينات والدفعات، في حين أن مؤشري دليل المقدرة وإداء المقدرة كانت قيمته متساوية في بعض اللوحات، كما تبين أن إداء اللوحات يكون أفضل عند استعمال احجام عينات أصغر مما يشير إلى مرونة استعمال لوحات السيطرة اللامعلمية.

الكلمات المفتاحية: لوحات السيطرة الضبابية، المنطق الضبابي، لوحة $\tilde{R}$ الضبابية، لوحة $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ الضبابية، لوحة FEWMA، لوحة ARL،FCUSUM، دليل المقدرة، إداء المقدرة.

المقدمة

في العقود الأخيرة، شهدت أنظمة التحكم تطوراً ملحوظًا بفضل الاعتماد على الذكاء الاصطناعي والنماذج الحسابية المتقدمة، من بين هذه الأنظمة، برزت لوحات السيطرة الضبابية (Fuzzy Control Charts) كأداة فعالة للتحكم في العمليات المعقدة، إذ تعتمد على المنطق الضبابي (Fuzzy Logic) في معالجة المعلومات بطريقة تحاكي التفكير البشري في التعامل مع عدم اليقين والبيانات غير الدقيقة. تتميز لوحات السيطرة الضبابية بقدرتها على تقديم حلول مرنة وفعالة مقارنة بأنظمة التحكم التقليدية، حيث تعتمد على مجموعة من القواعد الضبابية التي تستند إلى الخبرة البشرية بدلاً من النماذج الرياضية الصارمة، وقد أدى ذلك إلى استخدامها على نطاق واسع في تطبيقات متعددة، تشمل التحكم الصناعي، الأنظمة الروبوتية، شبكات الطاقة الذكية، السيارات ذاتية القيادة، والأجهزة الطبية، مما يعزز من كفاءتها في البيئات المعقدة.

1. منهجية البحث: قام الكثير من الباحثين بدراسة لوحات السيطرة الضبابية ومن بين هذه الدراسات، أوضح الباحثان (Senturk and Erginal) [13] في عام (2008) أن النظرية الضبابية يمكن تطبيقها على لوحات السيطرة التقليدية، حيث توفر لوحات السيطرة الضبابية المرونة الأكبر لضبط العملية الإنتاجية، وذلك لأن المشاهدات القريبة من حدود السيطرة تسبب الإنذارات الكاذبة عند استعمال لوحات السيطرة التقليدية، وفي هذه الدراسة تم اعتماد لوحات السيطرة الضبابية $\tilde{\bar{X}} - R$ و $\tilde{\bar{X}} - S$ باستعمال مستوى القطع α، ومن خلال التطبيق تم اثبات أن مرونة حدود السيطرة على النوعية تزداد باستعمال لوحات السيطرة الضبابية. وفي عام (2017) قدم الباحثان (Abdulghafour and Ghulam) [3] دراسة تهدف إلى الكشف عن المفهوم الأساسي والضروريات التي تتجاوز تطبيق لوحات السيطرة التقليدية، حيث اقترحا دمج هذه اللوحات مع الأسلوب الضبابي لتحديد الحدود المثلى، بناءً على ذلك، تم تطبيق لوحات السيطرة الضبابية المقترحة في مصفى الدورة لرصد خصائص الجودة المتغيرة، و تعتمد هذه اللوحات على بيانات غير مؤكدة وغير دقيقة، مستندة إلى نهج المدى والمتوسط الضبابي عند مستوى القطع، ومن خلال دراسة الحالة، تبين أن لوحات السيطرة الضبابية توفر مرونة أكبر مقارنة بلوحات السيطرة التقليدية، أظهرت الدراسة أن (11) عينة كانت خارج حدود السيطرة في لوحة المتوسط، بينما كانت هناك عينة واحدة خارج حدود السيطرة في لوحة المدى، بالمقابل، أظهرت لوحة السيطرة الضبابية خروج أربع عينات فقط خارج حدود السيطرة في لوحة المتوسط، في حين كانت لوحة المدى ضمن حدود السيطرة بالكامل.وفي عام (2018) اقترح الباحثون (Khan at el) [9] لوحة السيطرة FEWMA (المتوسط المتحرك الموزون أسّياً الضبابية) للكشف عن التحولات الصغيرة في متوسط العملية باستعمال البيانات الضبابية، و تم تطبيق اللوحة المطورة حديثاً على بيانات ضبابية جُمعت من عملية تعبئة زيت الطهي ضمن صناعة الأغذية في باكستان، كما تم استعمال المحاكاة بتطبيق برنامج MATLAB لحساب معدلات طول التشغيل ($ARL1_S$). أظهرت نتائج المقارنة أن معدلات ARL1s الضبابية أقل من نظيرتها التقليدية، مما يشير إلى أن لوحة السيطرة الضبابية أسرع في الكشف عن التحولات الصغيرة في العملية مقارنة باللوحة التقليدية. وفي عام (2021) اقترح الباحث (Charurotkeerati) [5] لوحة السيطرة للمجموع التراكمي الضبابي (Fuzzy CUSUM) بناءً على الرقم الضبابي المثلثي ومقارنته مع لوحة السيطرة في المجموع التراكمي (CUSUM) من خلال دراسة محاكاة، وكان الهدف من البحث هو مقارنة قدرة و أداء لوحة (CUSUM) التقليدية ولوحة (FCUSUM) الضبابي المقترح للكشف عن التحولات في العملية، وأن معيار تقييم أداء لوحة السيطرة هو متوسط طول التشغيل (ARL) في حالة خروج العملية عن السيطرة، وتظهر نتيجة المقارنة أن لوحة المجموع التراكمي الضبابي (FCUSUM) أكثر حساسية من لوحة المجموع التراكمي (CUSUM) في حالة تحولات صغيرة في المتوسط في العملية. وفي

عام (2023) اجرى الباحثان (Jabbar and Alkhafaji) [7] مقارنة بين لوحات السيطرة التقليدية ولوحات السيطرة الضبابية ذات دورة الإنتاج القصيرة، وتمت معالجة البيانات التي تم جمعها باستعمال برنامج (minitab 21) في الحالة التقليدية، بينما تم استعمال برنامج (Excel 21) لتضبيب البيانات كما تم استعمال برنامج (minitab 21) لرسم لوحات السيطرة الضبابية لغرض المقارنة، وتبين أن لوحات السيطرة الضبابية كانت أكثر دقة ومرونة في حساب حدود السيطرة للماكنة المدروسة، كما أظهرت لوحات السيطرة التقليدية إنذاراً كاذباً عندما خرجت العينة (15) عن حدود السيطرة، بينما أظهرت لوحات السيطرة الضبابية أن هذه البيانات كانت تحت السيطرة، وتم ايضاً تقليل الانحراف المعياري للعملية بعد استعمال لوحات سيطرة ضبابية .

اولا. مشكلة البحث. أن عدم الحصول على بيانات مؤكدة فيها نوع من الشك والغموض يؤدي إلى نتائج غير دقيقة لا يمكن الاعتماد عليها في بناء الخطط المستقبلية واتخاذ القرارات السليمة للعمليات الإنتاجية والخدمية. ونظراً لوجود بعض المشكلات في لوحات السيطرة الاعتيادية، أي أن نتائجها لا تكون دقيقة للغاية، لذلك نلجأ إلى لوحات السيطرة الضبابية.

ثانيا . هدف البحث. يهدف البحث إلى تقديم منهج ضبابي يعتمد على تقنيات السيطرة الإحصائية التي تعد من أحد الأساليب الإحصائية المهمة ومن خلال تطوير لوحات سيطرة ضبابية لمراقبة المنتجات وتحسين جودتها كونها توفر مرونة في حدود السيطرة والذي يقود إلى التنبؤ بالأحداث المستقبلية وتقليل الانذارات الكاذبة التي تحدث اثناء سير العملية الإنتاجية أو الخدمية، ومن خلال المحاكاة (Simulation) يتم المقارنة بين اللوحات باستعمال معايير المقارنة (دليل المقدرة C_P) و (أداء المقدرة C_{PK}) ومتوسط طول التشغيل (ARL) بغية تحديد أي لوحة هي الافضل والاكفأ من اللوحات الضبابية.

ثالثا .هيكلية البحث. يهدف هذا البحث إلى تقييم لوحات السيطرة الضبابية باستخدام المحاكاة في R، حيث يتناول المبحث الأول الإطار النظري المتعلق بهذه اللوحات ومعايير المقارنة، في حين يركز المبحث الثاني على الدراسة التجريبية التي تعتمد على بناء نموذج محاكاة وتحليل النتائج لتحديد اللوحة الأكثر كفاءة.

المحور الاول . الجانب النظري

1. لوحات السيطرة الضبابية Fuzzy Control Charts

هي أداة إحصائية تستعمل لمراقبة وتحليل العمليات الانتاجية في ظل وجود عدم التأكد والغموض في البيانات، تعتمد على نظرية المنطق الضبابي الذي يسمح بتمثيل البيانات والمعلومات بطريقة غير حاسمة، أي باستعمال درجات عضوية بدلاً من القيم الثنائية (صح أو خطأ)، وفي عام 1975 تم استعمال أول تطبيق نظري للمنطق الضبابي على لوحات السيطرة لأول مرة، ومنذ ذلك الحين، تم تطوير العديد من أنواع لوحات السيطرة الضبابية واستعمالها في مختلف المجالات.[14]

1.1. لوحات السيطرة $\overline{X}$ مع R الضبابية Fuzzy $\overline{X}$ and R Control Charts

هي أداة إحصائية تستعمل في مراقبة وضبط الجودة في العمليات الإنتاجية والصناعية، ويعد الوسط الحسابي من بين المعايير الإحصائية الأكثر أهمية واستعملاً وأدقها وصفاً وتعبيراً، عن أي مجتمع إحصائي، إلى جانب الانحراف المعياري ومن خلالهما يوصف أي توزيع للبيانات وفقاً لنوعه، لوحة $\overline{X}$هي اللوحة الأكثر استعمالاً للتحكم في العملية، حيث يمكن التحكم في مستوى الجودة وكذلك إمكانية التحكم في تقلب أو تشتت العملية إما عن طريق لوحة السيطرة للمدى R وتسمى R-Chart ،أو لوحة السيطرة للانحراف المعياري S وتسمى S-Chart .

- حدود السيطرة للوحات السيطرة الضبابية $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$

The Control Limits for $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ Fuzzy Control Charts

يمكن حساب حدود السيطرة للوحات السيطرة الضبابية $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$ من خلال المعادلات التالية :[10]

حدود لوحة السيطرة الضبابية $\tilde{\bar{X}}$

$$\widetilde{UCL}_{\bar{X}} = \left(\widetilde{UCL}_1, \widetilde{UCL}_2, \widetilde{UCL}_3\right) = \left(\bar{\bar{X}}_{a_1}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \bar{\bar{X}}_{a_3}\right) + A_2\left(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}\right)$$

$$= (\bar{\bar{X}}_{a_1} + A_2\bar{R}_{a_1}, \bar{\bar{X}}_{a_2} + A_2\bar{R}_{a_2}, \bar{\bar{X}}_{a_3} + A_2\bar{R}_{a_3})$$

$$\widetilde{CL}_{\bar{X}} = (\widetilde{CL}_1, \widetilde{CL}_2, \widetilde{CL}_3) = (\bar{\bar{X}}_{a_1}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \bar{\bar{X}}_{a_3}) \quad \dots\dots (1)$$

$$\widetilde{LCL}_{\bar{X}} = (\widetilde{LCL}_1, \widetilde{LCL}_2, \widetilde{LCL}_3) = (\bar{\bar{X}}_{a_1}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \bar{\bar{X}}_{a_3}) - A_2(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3})$$

$$= (\bar{\bar{X}}_{a_1} - A_2\bar{R}_{a_1}, \bar{\bar{X}}_{a_2} - A_2\bar{R}_{a_2}, \bar{\bar{X}}_{a_3} - A_2\,\bar{R}_{a_3})$$

UCL : يمثل الحد الأعلى للسيطرة.

CL : يمثل الحد المركزي للسيطرة.

LCL : يمثل الحد الأدنى للسيطرة.

A_2: قيمة جدولية ثابتة.

$\bar{\bar{X}}$: متوسط المتوسطات، $\bar{R}$: متوسط مديات العينات.

1.1.1لوحة الوسط الحسابي الضبابية للقطع α المعتمدة على المدى

$\alpha - Cut\ fuzzy\ \tilde{\bar{X}}$ control charts based on range

$\alpha - Cut$ هي مجموعة غير ضبابية تتألف من جميع العناصر التي تكون درجة عضويتها أكبر من أ و تساوي α. [10] [11]

$$\widetilde{UCL}^{\alpha}_{\bar{X}} = (\overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_1}}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_3}}) + A_2(\overline{R^{\alpha}_{a_1}}, \bar{R}_{a_2}, \overline{R^{\alpha}_{a_3}})$$

$$\widetilde{CL}^{\alpha}_{\bar{X}} = (\overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_1}}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_3}}) \quad \dots\dots (2)$$

$$\widetilde{LCL}^{\alpha}_{\bar{X}} = (\overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_1}}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_3}}) - A_2(\overline{R^{\alpha}_{a_1}}, \bar{R}_{a_2}, \overline{R^{\alpha}_{a_3}})$$

إذ أن

$$\overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_1}} = \bar{\bar{X}}_{a_1} + \alpha\,(\bar{\bar{X}}_{a_2} - \bar{\bar{X}}_{a_1}) \quad \dots\dots (3) \qquad \overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_3}} = \bar{\bar{X}}_{a_3} + \alpha\,(\bar{\bar{X}}_{a_3} - \bar{\bar{X}}_{a_2}) \quad \dots\dots (4)$$

$$\overline{R^{\alpha}_{a_1}} = \bar{R}_{a_1} + \alpha\,(\bar{R}_{a_2} - \bar{R}_{a_1}) \quad \dots\dots (5) \qquad \overline{R^{\alpha}_{a_3}} = \bar{R}_{a_3} - \alpha\,(\bar{R}_{a_3} - \bar{R}_{a_2}) \quad \dots\dots (6)$$

2.1.1 المدى المتوسط الضبابي بمستوى α للوحة الوسط الحسابي الضبابية المعتمدة على المدى

α − Level fuzzy midrange for α − Cut fuzzy $\tilde{\bar{X}}$ Control Chart based on range

يُعد المستوى الضبابي α إحدى تقنيات التحويل الأربع المستعملة لتحديد حدود السيطرة الضبابية، حيث يستعمل لتحويل المجموعة الضبابية إلى قيم قياسية، تُستعمل هذه الحدود لاتخاذ القرارات بشأن ما إذا كانت العملية تحت السيطرة أو خارج نطاق السيطرة، ويمكن الحصول عليها من خلال المعادلة الآتية.:[10]

$$\widetilde{UCL}^{\alpha}_{mr-\bar{X}} = \widetilde{CL}^{\alpha}_{mr-\bar{X}} + A_2\left(\frac{\overline{R^{\alpha}_{a_1}} + \overline{R^{\alpha}_{a_3}}}{2}\right)$$

$$\widetilde{CL}^{\alpha}_{mr-\bar{X}} = f^{\alpha}_{mr-\bar{X}}(\widetilde{CL}) = \frac{\overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_1}} + \overline{\bar{X}^{\alpha}_{a_3}}}{2} \quad \dots\dots (7)$$

$$\widetilde{LCL}^{\alpha}_{mr-\bar{X}} = \widetilde{CL}^{\alpha}_{mr-\bar{X}} - A_2\left(\frac{\overline{R^{\alpha}_{a_1}} + \overline{R^{\alpha}_{a_3}}}{2}\right)$$

إذ أن : mr هو متوسط المدى الضبابي.

$f^{\alpha}_{mr-\bar{X}}(\widetilde{CL})$: هو المتوسط الضبابي للقطع α.

تعريف مستوى المتوسط الضبابي α لعينة j للوحة السيطرة الضبابية $\tilde{\bar{X}}$ هو

$$S^{\alpha}_{mr-\bar{X}_{.j}} = \frac{(\bar{X}_{a_1 j} + \bar{X}_{a_3 j}) + \alpha[(\bar{X}_{a_2 j} - \bar{X}_{a_1 j}) - (\bar{X}_{a_3 j} - \bar{X}_{a_2 j})]}{2}$$

$\dots\dots (8)$

$S^{\alpha}_{mr-\bar{X}.j}$: مستوى المتوسط الضبابي للقطع α.

يمكن تعريف حالة التحكم في العمليات لكل عينة على أنها :[10]

$$Process\ Control = \begin{cases} in-control & for\ LCL^{\alpha}_{mr-\bar{X}} \le S^{\alpha}_{mr-\bar{X}} \le UCL^{\alpha}_{mr-\bar{X}} \\ Out-of\ control & ;otherwise \end{cases} \quad \dots\dots(9)$$

2.1 لوحة المدى الضبابي Fuzzy $\widetilde{R}$ Control Chart

حدود لوحة السيطرة الضبابية $\tilde{R}$: Fuzzy $\tilde{R}$ Control Chart Limits

يمكن الحصول على حدود لوحة السيطرة الضبابية $\tilde{R}$ بطريقة مماثلة للوحة السيطرة التقليدية R ولكنها تكون ممثلة بأرقام مثلثية ضبابية وفقاً للمعادلات التالية :[8]

$$\widetilde{UCL}_R = \left(\widetilde{UCL}_1, \widetilde{UCL}_2, \widetilde{UCL}_3\right) = D_4\left(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}\right) = \left(D_4\bar{R}_{a_1}, D_4\bar{R}_{a_2}, D_4\bar{R}_{a_3}\right)$$
$$\widetilde{CL}_R = \widetilde{CL}_1, \widetilde{CL}_2, \widetilde{CL}_3 = \left(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}\right) \quad \dots\dots(10)$$
$$\widetilde{LCL}_R = \widetilde{LCL}_1, \widetilde{LCL}_2, \widetilde{LCL}_3 = D_3\left(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}\right) = \left(D_3\bar{R}_{a_1}, D_3\bar{R}_{a_2}, D_3\bar{R}_{a_3}\right)$$

D_4, D_3: قيم جدولية ثابتة.

لوحة السيطرة $\widetilde{\boldsymbol{R}}$ بناءً على القطع α

α − Cut Fuzzy $\widetilde{R}$ Control Chart

يتم الحصول على حدود السيطرة للقطع α في لوحة السيطرة الضبابية $\tilde{R}$ من خلال المعادلات التالية :[10]

$$\widetilde{UCL}^{\alpha}_R = D_4\left(\overline{R^{\alpha}_{a_1}}, \bar{R}_{a_2}, \overline{R^{\alpha}_{a_3}}\right)$$
$$\widetilde{CL}^{\alpha}_R = \left(\overline{R^{\alpha}_{a_1}}, \bar{R}_{a_2}, \overline{R^{\alpha}_{a_3}}\right) \quad \dots\dots(11)$$
$$\widetilde{LCL}^{\alpha}_R = D_3\left(\overline{R^{\alpha}_{a_1}}, \bar{R}_{a_2}, \overline{R^{\alpha}_{a_3}}\right)$$

1.2.1 المدى المتوسط الضبابي بمستوى α للوحة السيطرة $\widetilde{\boldsymbol{R}}$ باستعمال القطع الضبابي α.

α − Level fuzzy midrange for α − Cut fuzzy $\widetilde{R}$ Control Chart.

يتم الحصول على حدود السيطرة لمستوى المتوسط الضبابي للقطع α في لوحة السيطرة الضبابية $\tilde{R}$ من خلال المعادلات التالية : [10]

$$\widetilde{UCL^{\alpha}_{mr-R}} = D_4 f^{\alpha}_{mr-R}\left(\widetilde{CL}\right)$$
$$\widetilde{CL^{\alpha}_{mr-R}} = f^{\alpha}_{mr-R}\left(\widetilde{CL}\right) = \left(\frac{\overline{R^{\alpha}_{a_1}} + \overline{R^{\alpha}_{a_3}}}{2}\right) \quad \dots\dots(12)$$
$$\widetilde{LCL^{\alpha}_{mr-R}} = D_3 f^{\alpha}_{mr-R}\left(\widetilde{CL}\right)$$

يمكن حساب قيمة مستوى المتوسط الضبابي α من العينة j للوحة السيطرة الضبابية $\tilde{R}$ من خلال المعادلة التالية :[10]

$$S^{\alpha}_{mr-R.j} = \frac{\left(R_{a_1 j} + R_{a_3 j}\right) + \alpha\left[\left(R_{a_2 j} - R_{a_1 j}\right) - \left(R_{a_3 j} - R_{a_2 j}\right)\right]}{2} \quad \dots\dots(13)$$

يتم تعريف حالة التحكم في العمليات لكل عينة على أنها :[10]

$$Process\ Control = \begin{cases} in-control & for\ LCL^{\alpha}_{mr-R} \le S^{\alpha}_{mr-Rj} \le UCL^{\alpha}_{mr-R} \\ Out-of\ control & ;otherwise \end{cases} \quad \dots\dots(14)$$

3.1 لوحة المتوسط المتحرك الموزون أسياً الضبابية Fuzzy Exponentially Weighted. Moving Average (FEWMA) Control Charts.

تم اقتراح مخطط السيطرة الضبابي EWMA من قبل Senturk et al ، حيث قدم مخطط السيطرة FEWMA لدراسة بيانات العمليات الضبابية باستخدام تقنية القطع ألفا (Alpha-Cuts)، تستعمل إحصاءات FEWMA بشكل أساسي لمراقبة كل معلمة من معلمات العملية، مما يجعل هذا المخطط أداة فعّالة لدراسة وتحليل العمليات الإنتاجية في البيئات الضبابية وتحقيق السيطرة عليها.

▪ **لوحة السيطرة FEWMA عندما يكون $(\boldsymbol{\sigma}_{a_1}, \boldsymbol{\sigma}_{a_2}, \boldsymbol{\sigma}_{a_3})$ غير معلوم:** يتم أنشاء لوحة السيطرة FEWMA باستعمال مديات محسوبة من العملية في حالة $(\sigma_{a_1}, \sigma_{a_2}, \sigma_{a_3})$ غير معلوم ، يتم حساب المديات الضبابية $(R_{a_1}1, R_{a_2}1, R_{a_3}1)$ من العينة ، إذ أن $\bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_1}$ و $\bar{R}_{a_3}$ هي المديات الحسابية لأقل القيم الممكنة ، وأكبر القيم الممكنة ، على التوالي ($R_{a_1}1, R_{a_2}1, R_{a_3}1$) و$(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3})$ يمكن حسابها بشكل مماثل للوحة السيطرة الضبابية $\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$.

حدود لوحة السيطرة FEWMA عندما يكون $(\sigma_{a_1}, \sigma_{a_2}, \sigma_{a_3})$ غير معلوم كما يلي: [12]

$$\widetilde{UCL}_{EWMA} = (\bar{\bar{X}}_{a_1}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \bar{\bar{X}}_{a_3}) + A_2(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3})\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

$$= \bar{\bar{X}}_{a_1} + A_2\bar{R}_{a_1}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}\ , \bar{\bar{X}}_{a_2} + A_2\bar{R}_{a_2}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}\ , \bar{\bar{X}}_{a_3} + A_2\bar{R}_{a_3}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

$$\widetilde{CL}_{EWMA} = (\bar{\bar{X}}_{a_1}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \bar{\bar{X}}_{a_3}) \qquad \dots\dots (15)$$

$$\widetilde{LCL}_{EWMA} = (\bar{\bar{X}}_{a_1}, \bar{\bar{X}}_{a_2}, \bar{\bar{X}}_{a_3}) - A_2(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3})\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

$$= \bar{\bar{X}}_{a_1} - A_2\bar{R}_{a_1}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}\ , \bar{\bar{X}}_{a_2} - A_2\bar{R}_{a_2}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}\ , \bar{\bar{X}}_{a_3} - A_2\bar{R}_{a_3}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

λ: تمثل الوزن النسبي

1.3.1 لوحة السيطرة FEWMA للقطع $\boldsymbol{\alpha}$ عندما $(\boldsymbol{\sigma}_{a_1}, \boldsymbol{\sigma}_{a_2}, \boldsymbol{\sigma}_{a_3})$ غير معلوم

$\boldsymbol{\alpha - Cut\ Fuzzy\ EWMA\ Control\ Chart\ where}(\boldsymbol{\sigma}_{a_1}, \boldsymbol{\sigma}_{a_2}, \boldsymbol{\sigma}_{a_3})\ \boldsymbol{are\ unkow}$ يتم تمثيل حدود لوحة السيطرة FEWMA للقطع α لـ$(\boldsymbol{\sigma}_{a_1}, \boldsymbol{\sigma}_{a_2}, \boldsymbol{\sigma}_{a_3})$ غير المعلوم بالمعادلات التالية :[6]

$$\widetilde{UCL}^{\alpha}_{EWMA} = (\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_1}, \bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_3}) + A_2(\bar{R}^{\alpha}_{a_1}, \bar{R}^{\alpha}_{a_3})\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

$$= \bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_1} + A_2\bar{R}^{\alpha}_{a_1}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}\ , \bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_3} + A_2\bar{R}^{\alpha}_{a_3}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

$$\widetilde{CL}^{\alpha}_{EWMA} = (\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_1}, \bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_3}) \qquad \dots\dots (16)$$

$$\widetilde{LCL}^{\alpha}_{EWMA} = (\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_1}, \bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_3}) - A_2(\bar{R}^{\alpha}_{a_1}, \bar{R}^{\alpha}_{a_3})\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

$$= \bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_1} - A_2\bar{R}^{\alpha}_{a_1}\sqrt{\frac{ë}{(2-\lambda)}}\ , \bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_3} - A_2\bar{R}^{\alpha}_{a_3}\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

2.3.1 المتوسط الضبابي لمستوى القطع $\boldsymbol{\alpha}$ للوحة السيطرة FEWMA عندما يكون $(\boldsymbol{\sigma}_{a_1}, \boldsymbol{\sigma}_{a_2}, \boldsymbol{\sigma}_{a_3})$ غير معلوم

α −level fuzzy median forα −cuts fuzzy EWMA control chart for $(\sigma_{a_1}, \sigma_{a_2}, \sigma_{a_3})$ are unknown

تم دمج تقنية تحويل المتوسط الضبابي مع المتوسط الضبابي على مستوى α للوحة السيطرة FEWMA للقطع α لـ $(\sigma_{a_1}, \sigma_{a_2}, \sigma_{a_3})$ غير معلوم كما يلي : [6]

$$\widetilde{UCL}^{\alpha}_{med-EWMA} = CL^{\alpha}_{med-EWMA} + \frac{1}{2}A_2\left(\bar{R}^{\alpha}_{a_1} + \bar{R}^{\alpha}_{a_3}\right)\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

$$\widetilde{CL}^{\alpha}_{med-EWMA} = \frac{1}{2}\left(\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_1} + \bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_3}\right) \quad \dots\dots(17)$$

$$\widetilde{LCL}^{\alpha}_{med-EWMA} = CL^{\alpha}_{med-EWMA} - \frac{1}{2}A_2\left(\bar{R}^{\alpha}_{a_1} + \bar{R}^{\alpha}_{a_3}\right)\sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)}}$$

بالنسبة لعينة j ، يتم حساب القيمة المتوسطة الضبابية على مستوى α $(S^{\alpha}_{med-EWMA.j})$ كما يلي : [12]

$$\tilde{S}^{\alpha}_{med-EWMA.j} = \frac{1}{2}\left(\bar{X}^{\alpha}_{a_1 j} + \bar{X}^{\alpha}_{a_3 j}\right) \quad \dots\dots(18)$$

يتم تعريف حالة التحكم في العملية لكل عينة على أنها:

$$Process\ Control = \begin{cases} in-control, & for\ LCL^{\alpha}_{med-EWMA} \le S^{\alpha}_{med-EWMA.j} \le UCL^{\alpha}_{med-EWMA} \\ Out-of\ control, & for\ otherwise \end{cases} \quad \dots\dots(19)$$

4.1 لوحة المجموع المتراكم الضبابية Fuzzy Cumulative Sum Control Chart (FCUMSUM).

1.4.1المجموع المتراكم الجدولية الضبابية (Fuzzy Tabular CUSUM)

تستعمل لوحة المجموع التراكم الجدولية (FCUSUM) لمراقبة متوسط العملية، ويمكن تطبيقها على كل من المشاهدات الفردية ومتوسطات القيم المنطقية للمجموعات الفرعية، ومع ذلك، في حالات عدم اليقين أو الغموض في عمليات التصنيع أو أنظمة القياس، سواء كان ذلك بسبب المشغلين أو أجهزة القياس، تُعد لوحة السيطرة باستعمال المجموع التراكمي الضبابي أكثر ملاءمة من اللوحة التقليدية لتحليل العملية، ويصبح هذا النهج أكثر فعالية بشكل خاص عندما يتم التعبير عن بيانات العملية كونها أرقام ضبابية، حيث يوفر تحليلاً أدق وأكثر تكيفاً مع طبيعة البيانات الغامضة، ويمكن إظهارها أرقاماً ضبابية ثلاثية $x_i = \left(x_{a_1}, x_{a_2}, x_{a_3}\right)$ومتوسط ضبابي $\bar{x}_i = \left(\bar{x}_{a_1}, \bar{x}_{a_2}, \bar{x}_{a_3}\right)$. و $S_H(i)$ و $S_L(i)$ يتم تمثيلها بأرقام ضبابية $\left(S_H(i)_{a_1}, S_H(i)_{a_2}, S_H(i)_{a_3}\right)$ و $\left(S_L(i)_{a_1}, S_L(i)_{a_2}, S_L(i)_{a_3}\right)$ على التوالي : [6]

$$\begin{aligned} S_H(i)_{a_1} &= max\left[0, \bar{x}_{a_1} - (\mu_0 + K) + S_H(i-1)_{a_1}\right] \\ S_H(i)_{a_2} &= max\left[0, \bar{x}_{a_2} - (\mu_0 + K) + S_H(i-1)_{a_2}\right] \quad \dots\dots(20) \\ S_H(i)_{a_3} &= max\left[0, \bar{x}_{a_3} - (\mu_0 + K) + S_H(i-1)_{a_3}\right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_L(i)_{a_1} &= max\left[0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_3} + S_L(i-1)_{a_1}\right] \\ S_L(i)_{a_2} &= max\left[0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_2} + S_L(i-1)_{a_2}\right] \quad \dots\dots(21) \\ S_L(i)_{a_3} &= max\left[0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_1} + S_L(i-1)_{a_3}\right] \end{aligned}$$

$S_H(i)$: المجموع التراكمي الجدولي العلوي أحادي الجانب للفترة (i).

$S_L(i)$: المجموع التراكمي الجدولي السفلي أحادي الجانب للفترة (i).

μ_0 :تمثل القيمة المستهدفة.

K: القيمة المرجعية.

$(S_H(i)_{a_1}, S_H(i)_{a_2}, S_H(i)_{a_3})$ و$(S_L(i)_{a_1}, S_L(i)_{a_2}, S_L(i)_{a_3})$ يتم تحويلها إلى قيم واضحة باستعمال تقنيات التحول الضبابي لتنفيذ أو تطبيق لوحة المجموع التراكمي الجدولي الضبابي، وتستعمل تقنية تحويل المدى المتوسط الضبابي لمستوى القطع α في الهيكل النظري لـ CUSUM الجدولي الضبابي .

قبل تطبيق تقنيات التحويل، يجب وجود مجموع تراكمي جدولي ضبابي يعتمد على القطع α ، ويتكون هذا القطع α من جميع العناصر التي تكون درجة عضويتها أكبر من α . المتوسطات الضبابية للقطع α يتم الحصول عليها كالتالي: [6]

$$\bar{x}_{a_1}^{\alpha} = \bar{x}_{a_1} + \alpha(\bar{x}_{a_2} - \bar{x}_{a_3})$$
$$\bar{x}_{a_3}^{\alpha} = \bar{x}_{a_3} - \alpha(\bar{x}_{a_3} - \bar{x}_{a_2}) \quad \dots\dots (22)$$

أيضاً، يتم التعامل مع $S_H^{\alpha}(i)_{a_1}, S_H^{\alpha}(i)_{a_3}$ و$S_L^{\alpha}(i)_{a_1}$ ، $S_L^{\alpha}(i)_{a_3}$ استناداً إلى القطع α للمجموع التراكمي الجدولي الضبابي من خلال المعادلات التالية :

$$S_H^{\alpha}(i)_{a_1} = max[0, \bar{x}_{a_1}^{\alpha} - (\mu_0 + K) + S_H^{\alpha}(i-1)_{a_1}]$$
$$S_H^{\alpha}(i)_{a_3} = max[0, \bar{x}_{a_3}^{\alpha} - (\mu_0 + K) + S_H^{\alpha}(i-1)_{a_3}] \quad \dots\dots (23)$$

و

$$\begin{cases} S_L^{\alpha}(i)_{a_1} = max[0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_3}^{\alpha} + S_L^{\alpha}(i-1)_{a_1}] \\ S_L^{\alpha}(i)_{a_3} = max[0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_1}^{\alpha} + S_L^{\alpha}(i-1)_{a_3}] \end{cases} \quad \dots\dots (24)$$

$S_L^{\alpha}(i)_{a_1}$ ، $S_H^{\alpha}(i)_{a_3}$ ، $S_H^{\alpha}(i)_{a_1}$ و $S_L^{\alpha}(i)_{a_3}$ يتم دمجها مع تقنية تحويل المدى المتوسط الضبابي على مستوى القطع α للمجموع التراكمي الجدولي الضبابي من خلال المعادلات التالية:

$$\begin{cases} S_{H-mr}^{\alpha} = \dfrac{S_H^{\alpha}(i)_{a_1} + S_H^{\alpha}(i)_{a_3}}{2} \\ S_{L-mr}^{\alpha} = \dfrac{S_L^{\alpha}(i)_{a_1} + S_L^{\alpha}(i)_{a_3}}{2} \end{cases} \quad \dots\dots (25)$$

يمكن الحصول على حدود السيطرة الضبابية للمجموع التراكمي الجدولي الضبابي من حيث الأرقام الضبابية الثلاثية.

عند تصميم قناع V-mask ضبابي ، يتم اقتراح الإجراء التالي [6]

$$(H_{a_1}, H_{a_2}, H_{a_3}) = 2(d)\left(\sigma_{\bar{x}_{a_1}}, \sigma_{\bar{x}_{a_2}}, \sigma_{\bar{x}_{a_3}}\right)\tan\theta \quad \dots\dots (26)$$

إذ أن

$\left(\sigma_{\bar{x}_{a_1}}, \sigma_{\bar{x}_{a_2}}, \sigma_{\bar{x}_{a_3}}\right)$ انحراف معياري ضبابي لـ $(\bar{x}_{a_1}, \bar{x}_{a_2}, \bar{x}_{a_3})$.

$(H_{a_1}, H_{a_2}, H_{a_3})$ فترة القرار الضببابية.

d : المسافة بين رأس القناع (V) و أخر نقطة من نقاط المجموع المتراكم .

θ : هي زاوية V-mask تمثل نصف الزاوية المحصورة بين ذراعي القناع (الزاوية المحصورة بين أحد ذراعي القناع وخط المسافة d).

يتم حساب حدود السيطرة الضبابية بناءً على القطع α للمجموع التراكمي الجدولي الضبابي من خلال المعادلات التالية : [6]

$$\begin{cases} H_{a_1}^{\alpha} = H_{a_1} + \alpha(H_{a_2} - H_{a_1}) \\ H_{a_3}^{\alpha} = H_{a_3} - \alpha(H_{a_3} - H_{a_2}) \end{cases} \quad \dots\dots (27)$$

حدود السيطرة الضبابية للقطع α بناءً على مستوى متوسط المدى الضبابي α للمجموع التراكمي المجدول الضبابي من خلال المعادلة :

$$H_{mr}^{\alpha} = \frac{H_{a_1}^{\alpha} + H_{a_3}^{\alpha}}{2} \quad \dots\dots (28)$$

إذا تجاوز S_{H-mr}^{α} أو S_{L-mr}^{α} الضبابي فترة القرار الضبابية H_{mr}^{α} ، تكون العملية خارجة عن السيطرة وإلافإن العملية تحت السيطرة ، شروط التحكم في العملية تكون بالشكل التالي : [6]

$$Process\ Contro = \begin{cases} in\ control; & (S_{H-mr}^{\alpha} < H_{mr}^{\alpha}) V (S_{L-mr}^{\alpha} < H_{mr}^{\alpha}) \\ out\ of\ control; & otherwise \end{cases} \quad (29)$$

2.معايير المقارنة:-

1.2معدل طول التشغيل Average Run Length (ARL)

معدل طول التشغيل (ARL) هو احد المعايير المهمة الذي يستعمل في تقييم خطة السيطرة لكافة اللوحات ومنها لوحة المتوسط المتحرك الموزون اسياً الضبابية ولوحة المجموع المتراكم الضبابي، هو أحد مقاييس أداء لوحة السيطرة، وهو عدد العينات التي سيأخذها مخطط السيطرة لإنتاج الإشارة الأولى، أي عندما تكون نقطة البيانات خارج حدود السيطرة، وبالتالي يمكن اعتبار متوسط طول التشغيل على أنه المتوسط أو العدد المتوقع للعينات التي يمكن أن يأخذها مخطط التحكم لإنتاج الإشارة الأولى. متوسط طول التشغيل المتحكم فيه ARL_0 وهو العدد المتوقع للعينات التي سيأخذها مخطط التحكم لإنتاج الإشارة الأولى عندما تكون العملية في الواقع تحت السيطرة، ومن المتوقع أن يكون ARL_0 كبيراً قدر الإمكان، بينما ARL_1 هو العدد المتوقع للعينات التي سيأخذها مخطط التحكم لإنتاج الإشارة الأولى عندما تكون العملية في الواقع خارج السيطرة، ويمكن ملاحظة أنه بالنسبة لأي مخطط تحكم حساس، يجب أن يكون ARL_1 صغيراً قدر الإمكان، يتم اعطاء متوسط طول التشغيل لمشاهدة غير مرتبطة كما يلي $ARL = \frac{1}{t}$ ، t هو احتمال خروج أي نقطة عن حدود السيطرة [1].

2.2 مؤشر مقدرة العملية الضبابي Fuzzy Process Capability Index

FPCI هو مقياس لمقدرة العملية الذي يأخذ بعين الاعتبار عدم اليقين وعدم الدقة في بيانات العملية باستعمال المنطق الضبابي، يتم حسابه على أنه نسبة (التسامح أو التحمل الضبابي)إلى انتشار العملية الضبابية، ويتم تعريف (التسامح أو التحمل)الضبابي من خلال المتغيرات الضبابية التي تصف التباين المقبول في مخرجات العملية، في حين يتم تعريف انتشار العملية الضبابية من خلال متغيرات ضبابية تصف التباين في مدخلات العملية . أحد مؤشرات مقدرة العملية هو C_P وهو مؤشر المقدرة المحتملة أو ما يعرف بدليل المقدرة، ويتم تعريف هذا المؤشر على أنه الفرق بين الحد الأعلى للمواصفات (UCL) والحد الأدنى للمواصفات (LCL) مقسوماً على الفرق 6σ .[4].

$$Tolerance(T_{a_1,a_2,a_3}) = \{ (UCL_{a_1}^{\alpha} - LCL_{a_1}^{\alpha}), (UCL_{a_2}^{\alpha} - LCL_{a_2}^{\alpha}), (UCL_{a_3}^{\alpha} - LCL_{a_3}^{\alpha}) \} \quad \dots\dots (25)$$

نلحظ أن σ غير معلوم ويحسب بالاعتماد على $\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$ إذ أن d_2 قيمة جدولية ، ويتم حساب مقدرة العملية من خلال المعادلة التالية:

$$\left(C_{P_{a_1}}, C_{P_{a_2}}, C_{P_{a_3}}\right) = \left(\frac{T_{a_1}}{6\frac{\bar{R}_{a_1}^{\alpha}}{d_2}}, \frac{T_{a_2}}{6\frac{\bar{R}_{a_2}^{\alpha}}{d_2}}, \frac{T_{a_3}}{6\frac{\bar{R}_{a_3}^{\alpha}}{d_2}} \right) \quad \dots\dots (26)$$

يتم استعمال حدود المواصفات والانحراف المعياري للعملية لحساب قيمة C_P، غالبية الباحثين يقترحون أن عملية C_P لا تقل عن 1.33، إذا كان C_P الضبابي أقل من القيمة المحددة ، فسنحتاج إلى إجراء تحسين،

خلاف ذلك، فإننا لا نحتاج إلى التحسين، يتم حساب إداء العملية C_{PK} الضبابية من خلال المعادلات التالية:[2]

$$\left.\begin{aligned} C_{PK_{a_1}} &= min\left(\frac{\left(UCL^{\alpha}_{a_1}-\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_1}\right)}{3\frac{\bar{R}^{\alpha}_{a_1}}{d_2}},\frac{\left(\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_1}-LCL^{\alpha}_{a_1}\right)}{3\frac{\bar{R}^{\alpha}_{a_1}}{d_2}}\right)\\ C_{PK_{a_2}} &= min\left(\frac{\left(UCL^{\alpha}_{a_2}-\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_2}\right)}{3\frac{\bar{R}^{\alpha}_{a_2}}{d_2}},\frac{\left(\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{a_2}-LCL^{\alpha}_{a_2}\right)}{3\frac{\bar{R}^{\alpha}_{a_2}}{d_2}}\right)\\ C_{PK_{a_3}} &= min\left(\frac{\left(UCL^{\alpha}_{c}-\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{c}\right)}{3\frac{\bar{R}^{\alpha}_{c}}{d_2}},\frac{\left(\bar{\bar{X}}^{\alpha}_{c}-LCL^{\alpha}_{c}\right)}{3\frac{\bar{R}^{\alpha}_{c}}{d_2}}\right)\end{aligned}\right] \quad \dots\dots(27)$$

C_{PK} : تمثل إداء العملية.

يجب أن تتراوح قيمة C_{PK} من 1 إلى 1.33 ويجب تحسين العملية إذا كانت القيمة أقل من 1 ، خلاف ذلك فإنها لا تحتاج إلى تحسين. [2]

المحور الثاني، الجانب التجريبي

1. **مراحل تجربة المحاكاة:** تم استعمال لغة البرمجة R4.4.0 لكتابة برنامج المحاكاة، ويتضمن البرنامج المكتوب أربع مراحل أساسية لبناء لوحات سيطرة ضبابية، وكما يأتي:

المرحلة الأولى: مرحلة تحديد القيم الافتراضية

إذ يتم في هذه المرحلة اختيار القيم الافتراضية، وكما يأتي:

1. تحديد أحجام الدفعات (m= 40, 80, 100).
2. تم اختيار أحجام مختلفة للعينات (n= 3, 4, 6).
3. اختيار قيم مستويات قطع الفا مختلفة (α=0.3, 0.5, 0.7).
4. تم تكرار كل تجربة 1000 مرة.

المرحلة الثانية: توليد البيانات وتضبيبها: تُعد مرحلة تضبيب البيانات من المراحل المهمة جداً، حيث يتم فيها توليد بيانات تتبع التوزيع الطبيعي، ثم تُضبَّب هذه البيانات ليتم تطبيق اللوحات الضبابية عليها، وقد تم تضبيب البيانات باستعمال المعادلتين التاليتين، وذلك من خلال برنامج مكتوب بلغة R."

$$a = b - pb \qquad (4-1)$$
$$c = b + pb \qquad (4-2)$$

إذ إن :

a: الحد الأدنى للعنصر الضبابي.

b: الحد الأوسط للعنصر الضبابي.

c: الحد الأعلى للعنصر الضبابي.

p: نسبة التضبيب وقد اعتبارها 10%.

المرحلة الثالثة: بناء اللوحات الضبابية: يتم في هذه المرحلة بناء اللوحات الضبابية التي سبق ذكرها في الجانب النظري، وكما يأتي:

1. **Fuzzy $\widetilde{X}$-R Control Charts (Fuzzy $\overline{X}$-R)**
2. **Fuzzy $\widetilde{R}$ Control Chart (Fuzzy R)**

3. **Fuzzy Exponentially Weighted Moving Average Control Charts (FEWMA) with $\lambda = 0.3, 0.6, 0.9$**
4. **Fuzzy Cumulative Sum Control Chart (FCUSUM)**

المرحلة الرابعة: مقارنة أداء اللوحات :لغرض المقارنة بين أداء اللوحات تم استخدام المعايير الآتية:

1. **Average Run Length (ARL)**
2. **Fuzzy Process Capability Index (C_P)**
3. **Fuzzy Capability Performance (C_{PK})**

2. **نتائج عمليات المحاكاة:**بعد تطبيق لوحات السيطرة الضبابية تم المقارنة بين أدائها، وسيتم عرض النتائج التي تمثل معايير الأداء وفقاً لأحجام العينات وعدد الدفعات وكما يأتي:

جدول (1) القيم عندما عدد الدفعات (40) وحجم عينة (3)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	0.00011	-0.00011	-0.00036
	FEWMA (0.3)	964.16997	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.25924	0.11063	0.14653	0.14656	0.00008	-0.00012	-0.00039
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	-0.00001	-0.00018	-0.00038
	FEWMA (0.3)	959.28175	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.30390	0.11738	0.15500	0.15502	-0.00034	-0.00021	-0.00042
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	0.00174	0.00170	0.00165
	FEWMA (0.3)	959.34529	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	999.90909	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.23263	0.11552	0.15212	0.15209	0.00146	0.00164	0.00159

من الجدول (1) نلحظ أن قيمة C_P تُساوي قيمة C_{PK} في لوحة ($\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$) الضبابية ولوحة (FEWMA) لجميع الاوزان، وأن قيم C_{PK} تكون سالبة في لوحة ($\tilde{R}$) ولوحة (FCUSUM) عندما تكون $\alpha = 0.3$ و $\alpha = 0.5$ يوضح الجدول أيضاً أن قيمة C_P ولجميع اللوحات تقل عن 1، بالإضافة إلى أن قيم C_{PK} أقل من قيم C_P في جميع اللوحات. أن ARL يتساوى لوحات($\tilde{\bar{X}} - \tilde{R}$) و($\tilde{R}$) و(FEWMA) للوزن ($\lambda = 0.6,0.9$) وباختلاف مستوى القطع ، ARL يكون أعلى عند مستوى القطع $\alpha = 0.5$ ثم عند مستوى $\alpha = 0.3$ ويليه $\alpha = 0.7$ للوحة (FCUSUM) .

جدول (2) القيم عندما عدد الدفعات (40) وحجم عينة (4)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	-0.00085	-0.00106	-0.00128

	FEWMA (0.3)	893.71184	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	999.83333	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	2.80605	0.07989	0.11077	0.11078	-0.00121	-0.00110	-0.00136
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	0.00028	0.00019	0.00009
	FEWMA (0.3)	908.97499	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	999.62500	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	2.80281	0.07842	0.10985	0.10986	-0.00024	0.00009	-0.00004
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	0.00118	0.00116	0.00113
	FEWMA (0.3)	887.97571	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	999.48352	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	2.80477	0.07916	0.10949	0.10949	0.00057	0.00094	0.00089

من الجدول (2) نجد أن هناك ارتفاعاً في قيم ARL ولجميع مستويات القطع وبتغير اللوحات، كما أن قيم C_P وC_{PK} بدأت تقل وأن هناك تساوياً في قيم C_P و C_{PK} لبعض اللوحات.

جدول (3) القيم عندما عدد الدفعات (40) وحجم عينة (6)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	0.00046	0.00042	0.00037
	FEWMA (0.3)	626.80732	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	997.44872	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.41548	0.04158	0.06723	0.06723	-0.00207	-0.00063	-0.00085
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	0.00015	0.00011	0.00005
	FEWMA (0.3)	617.47697	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	996.86272	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.42296	0.04417	0.06953	0.06953	-0.00213	-0.00067	-0.00082
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	0.00087	0.00086	0.00085
	FEWMA (0.3)	622.88464	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	996.30781	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.41845	0.04421	0.07027	0.07027	-0.00149	0.00022	0.00015

من الجدول المذكور أنفاً (3) أظهر حجم العينة (n=6) وعندما تكون عدد الدفعات (40) مؤشرات اقل من ما كانت عليه في الجداول السابقة مع استمرار تساوي قيمة C_P وقيمة C_{PK} في لوحة ($\widetilde{\bar{X}} - \widetilde{R}$) الضبابية ولوحة (FEWMA) لجميع الاوزان.

جدول (4) القيم عندما عدد الدفعات (80) وحجم عينة (3)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	-0.00010	-0.00022	-0.00036
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.71538	0.15647	0.19093	0.19092	-0.00010	-0.00022	-0.00036
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	-0.00017	-0.00027	-0.00037
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.74803	0.15339	0.18877	0.18878	-0.00017	-0.00027	-0.00037
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	0.00046	0.00043	0.00038
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.70838	0.15310	0.18981	0.18980	0.00046	0.00043	0.00038

من الجدول (4) نلحظ بزيادة عدد الدفعات إلى (80) وحجم العينة (n=3) قيمة ARL لجميع اللوحات كان (1000) عدا لوحتي (FCUSUM) كانت متغيرة واعلى قيمة سجلت عند مستوى القطع ($\alpha = 0.5$). قيم C_P وC_{PK} كانت متساوية ولجميع مستويات القطع ولأغلب اللوحات ماعدا لوحة المدى الضبابي ولوحة (FCUSUM) فقد كانت مختلفة.

جدول (5) القيم عندما عدد الدفعات (80) وحجم عينة (4)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	0.00008	0.00000	-0.00008
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	3.07376	0.11155	0.14187	0.14186	0.00008	0.00000	-0.00008
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	-0.00049	-0.00056	-0.00064
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755

	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	3.05867	0.11127	0.14051	0.14053	-0.00049	-0.00056	-0.00064
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	0.00077	0.00077	0.00076
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	3.05415	0.11220	0.14154	0.14154	0.00077	0.00077	0.00076

من الجدول (5) نلحظ بزيادة حجم العينة (n=4) وثبوت عدد الدفعات إلى (80) قيم ARL ثابتة لجميع اللوحات ولكافة مستويات القطع عدا لوحة (FCUSUM) وسجلت أعلى قيمة لـ ARL عند مستوى قطع ($\alpha = 0.3$) ثم تلاها ($\alpha = 0.5$) ليأتي مستوى القطع ($\alpha = 0.7$) ثالثاً. قيم C_P وC_{PK} كانت متساوية لأغلب اللوحات ولكافة مستويات القطع ماعدا لوحة المدى الضبابي ولوحة (FCUSUM) ولجميع مستويات القطع المدروسة.

جدول (6) القيم عندما عدد الدفعات (80) وحجم عينة (6)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	-0.00134	-0.00147	-0.00161
	FEWMA (0.3)	998.03579	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.54243	0.06567	0.08969	0.08972	-0.00139	-0.00147	-0.00161
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	0.00023	0.00022	0.00020
	FEWMA (0.3)	998.57093	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.53155	0.06580	0.09002	0.09002	0.00010	0.00019	0.00017
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	-0.00061	-0.00065	-0.00069
	FEWMA (0.3)	997.18389	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.53688	0.06801	0.09117	0.09118	-0.00065	-0.00065	-0.00069

من الجدول (6) عندما (n=6) وعدد الدفعات (80) نلحظ أن قيم ARL ثابتة لأغلب اللوحات ولكافة مستويات القطع عدا لوحتي المدى الضبابي ولوحة (FCUSUM) وأظهرت قيم أقل مما كانت عليه عندما كان حجم العينة (n=5)، كما كانت قيم C_P وC_{PK} متساوية لجميع مستويات القطع المدروسة ماعدا اللوحتين المذكورتين أنفاً.

جدول (7) القيم عندما عدد الدفعات (100) وحجم عينة (3)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	-0.00015	-0.00025	-0.00037
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.91140	0.16466	0.20034	0.20035	-0.00015	-0.00025	-0.00037
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	-0.00089	-0.00101	-0.00113
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.88086	0.16303	0.19841	0.19846	-0.00089	-0.00101	-0.00113
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731	0.57731
	Fuzzy R	1000.00000	0.72658	0.72658	0.72658	0.00002	-0.00002	-0.00006
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252	0.24252
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794	0.37794
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220	0.52220
	FCUSUM	3.88408	0.16594	0.20075	0.20074	0.00002	-0.00002	-0.00006

من الجدول (7) يتضح لنا مع ازدياد حجم العينة إلى (3) وعدد الدفعات إلى (100) نجد أن قيم ARL تكون ثابتة لجميع اللوحات عدا لوحة (FCUSUM) ولجميع مستويات القطع وتكون أعلى عند مستوى القطع $(\alpha = 0.3)$ وبعدها عند مستوى القطع $(\alpha = 0.7)$ ليأتي مستوى القطع $(\alpha = 0.5)$ أخيراً.

أما بالنسبة إلى C_P وC_{PK} فقد كانت متساوية لجميع اللوحات باستثناء لوحة المدى الضبابي ولوحة (FCUSUM) وكانت قيمها أقل من الجداول السابقة لها عند نفس عدد الدفعات.

جدول (8) القيم عندما عدد الدفعات (100) وحجم عينة (4)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	0.00060	0.00059	0.00057
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	3.15298	0.12058	0.15048	0.15046	0.00060	0.00059	0.00057
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	0.00022	0.00019	0.00016
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	3.16145	0.12203	0.15121	0.15119	0.00022	0.00019	0.00016
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034

	Fuzzy R	1000.00000	0.78311	0.78311	0.78311	-0.00087	-0.00092	-0.00097
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018	0.21018
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755	0.32755
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257	0.45257
	FCUSUM	3.13831	0.12113	0.14939	0.14940	-0.00087	-0.00092	-0.00097

ومن الجدول (8) عندما يكون عدد الدفعات (100) وحجم العينة (4) نجد أن الجدول قد أعطى نتائج مماثلة إلى الجدول (3-22) ولكن ARL للوحة (FCUSUM) كانت أقل من سابقاتها وأن أعلى قيمة سجلت لهُ عند مستوى القطع ($\alpha = 0.5$) ثم عند مستوى القطع ($\alpha = 0.3$) يليه مستوى القطع ($\alpha = 0.7$)مع استمرار انخفاض قيم C_P وC_{PK} والتي كانت متساوية عند جميع اللوحات المستخدمة ماعدا لوحتي المدى الضبابي ولوحة (FCUSUM).

جدول (9) القيم عندما عدد الدفعات (100) وحجم عينة (6)

α	Charts	ARL	C_P			C_{PK}		
$\alpha = 0.3$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	-0.00036	-0.00042	-0.00048
	FEWMA (0.3)	999.83333	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.59514	0.07471	0.09791	0.09792	-0.00040	-0.00046	-0.00053
$\alpha = 0.5$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	0.00022	0.00021	0.00020
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.57583	0.07239	0.09649	0.09649	0.00021	0.00021	0.00019
$\alpha = 0.7$	Fuzzy $\overline{X}$-R	1000.00000	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797	0.40797
	Fuzzy R	1000.00000	0.84636	0.84636	0.84636	0.00043	0.00043	0.00043
	FEWMA (0.3)	1000.00000	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138	0.17138
	FEWMA (0.6)	1000.00000	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708	0.26708
	FEWMA (0.9)	1000.00000	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903	0.36903
	FCUSUM	2.57239	0.07396	0.09798	0.09797	0.00043	0.00043	0.00043

واخيراً الجدول (9) الذي جاء ليعزز ما توصلنا اليه سابقاً وبارتفاع حجم العينة إلى (6) وثبوت عدد الدفعات إلى (100) تبقى النتائج كما في سابقاتها تغير في ARL للوحة (FCUSUM) وعند مستويات القطع كافة وسجلت قيم تصاعدية حسب مستوى القطع المدروس.

كما أن C_P وC_{PK} كانت متساوية ولجميع اللوحات وكانت قيمها متناقصة و بأزدياد حسب العينة في أن لوحتي المدى الضبابي ولوحة (FCUSUM) أعطت نتائج متباينة.

الاستنتاجات والتوصيات

اولاً : الاستنتاجات

1- من خلال تجارب المحاكاة تبين أنه كلما أزداد عدد الدفعات وأحجام العينات، ارتفعت قيمة معدل طول التشغيل (ARL)، باستثناء لوحة (FCUSUM) حيث يعد انخفاض معدل طول التشغيل في هذه اللوحة مؤشراً أفضل.

2- أظهرت النتائج أن قيم C_P وC_{PK} متساوية في لوحة ($\widetilde{\bar{X}} - \widetilde{R}$) ولوحة (FEWMA) لكافة الاوزان المستعملة ولجميع مستويات القطع المدروسة.

3- كلما كان حجم العينة أصغر كان إداء اللوحة أفضل، وهذا يعني أنه كلما ابتعدت البيانات عن التوزيع الطبيعي تحسن إداء اللوحة.

ثانياً: التوصيات

1- استعمال السيطرة الضبابية عندما تكون البيانات لا تتبع التوزيع الطبيعي.

2- نوصى باستعمال لوحات السيطرة الضبابية نظراً لما تتمتع به من مرونة عالية في الكشف عن الأخطاء، فضلاً عن قدرتها على تقليل التكاليف، وتحديد الأخطاء في وقت مبكر، مما يسهم في تحسين السيطرة على العملية.

Reference

1- Akeem, A. A. (2018). Performance of fuzzy control chart over the traditional control chart. Benin Journal of Statistics, 1, 101-112.

2- Ahmad, M., & Cheng, W. (2022). A novel approach of fuzzy control chart with fuzzy process capability indices using alpha cut triangular fuzzy number. *Mathematics*, 10(19), 3572.

3- Abdulghafour, A. B., & Ghulam, Z. J. (2017). " **Applying Fuzzy Control Charts for Detecting Optimal Limits in Petroleum Industry** ".

4- Ben Khedher, N., Boudjemline, A., Aich, W., Zeddini, M. A., & Calderon-Madero, J. E. (2023). " **Statistical quality control based on control charts and process efficiency index by the application of fuzzy approach (case study: Ha'il, Saudi Arabia)** ". Water Science & Technology, 87(12), 3146-3163.

5- Charurotkeerati, T. (2021). Fuzzy Cumulative Sum Control Chart for Monitoring Fuzzy Process. Journal of Applied Science and Emerging Technology, 20(2), 34-42.

6- Erginel, N. Şentürk, S. (2016). " **Fuzzy EWMA and Fuzzy CUSUM Control Charts** ". Springer International Publisning Switzerland,343,281-288.

7-Jabbar, R. R., & Alkhafaji, A. A. A. (2023). " **Analysis of Traditional and Fuzzy Quality Control Charts to Improve Short-Run Production in the Manufacturing Industry** ". Journal of Engineering, 29(6), 159-176.

8- Kahraman, C., & Yanık, S. (2016). "**Intelligent decision making in quality management** ". Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

9-Khan, M. Z., Khan, M. F., Aslam, M., Niaki, S. T. A., & Mughal, A. R. (2018)." **A fuzzy EWMA attribute control chart to monitor process mean**". Information, 9(12), 312.

10- Mendes, A. D. S., Machado, M. A., & Rizol, P. M. R. (2019). "**Fuzzy control chart for monitoring mean and range of univariate processes** ". Pesquisa Operacional, 39(2), 339-357.

11-Rahi, A. A.K. (2011)." **A fuzzy set theory in the development and construction of control charts (Comparative study)** ". Journal of Administration and Economics, 36(89).

12- Şentürk, S., Erginel, N., Kaya, İ., & Kahraman, C. (2014). "**Fuzzy exponentially weighted moving average control chart for univariate data with a real case application** ". Applied Soft Computing, 22, 1-10.

13-Şentürk, S., Erginel, N. (2008). "**Development of Fuzzy** $\widetilde{\bar{X}} - R$ **and** $\widetilde{\bar{X}} - S$ **Control Chart Using** $\alpha - Cuts$ ". Journal of Information Science, 179.

14- Zadeh, L. A. (1975). "**The concept of a linguistic variable and its application**