

## تطبيق لوحات السيطرة الضبابية في التحكم بمستويات PH ومعالجة تلوث المياه

نوارس مالك فاضل<sup>(1)</sup> أم. نبأ نعيم مهدي<sup>(2)</sup>

قسم الإحصاء/ كلية الادارة والاقتصاد /جامعة المستنصرية

[nawaris.malik@uomustansiriyah.edu.iq](mailto:nawaris.malik@uomustansiriyah.edu.iq)

[nabaanaeemmahdi@uomustansiriyah.edu.iq](mailto:nabaanaeemmahdi@uomustansiriyah.edu.iq)

07713903387

### مستخلص البحث:

تناقش هذه الدراسة استعمال لوحات السيطرة الضبابية كأداة فعالة لتحسين عمليات التحكم في الأنظمة المعقدة، خصوصاً في التطبيقات الصناعية والبيئية، وتتميز أنظمة التحكم الضبابية بقدرتها على التعامل مع المعلومات الغامضة وغير الدقيقة، مما يجعلها خياراً مثالياً للتحكم في إدارة مستويات الحموضة ومعالجة تلوث المياه. تم استعمال لوحة الوسط الحسابي مع المدى الضبابية  $(\bar{X} - \bar{R})$  ولوحة المدى الضبابية  $(\bar{R})$  ولوحة المجموع المتراكم الضبابية (FCUSUM) للكشف عن التحولات في البيانات المتمثلة بأرقام مثلثية ضبابية للسيطرة على تلوث المياه ولمراقبة خصائص الجودة المتغيرة. تم تطبيق هذه اللوحات على بيانات حقيقية تم جمعها لمدة 60 يوماً من مصادر المياه، ومن خلال النتائج، تم التوصل إلى أن هناك تبايناً في عدد العينات الخارجة عن حدود السيطرة بين اللوحات المستعملة في الدراسة، من خلال استعمال معايير المقارنة دليل المقدر  $(C_p)$  إداء المقدر  $(C_{PK})$  ومعدل طول التشغيل (ARL).

**الكلمات المفتاحية:** لوحات السيطرة الضبابية، المنطق الضبابي، لوحة  $\bar{X} - \bar{R}$  الضبابية، لوحة  $\bar{R}$  الضبابية، لوحة FCUSUM، تلوث المياه، ARL، دليل المقدر، إداء المقدر.

### 1- المقدمة:

أن التحكم الإحصائي في العمليات (SPC) (Statistical Process Control) هو أحد أساليب لوحات السيطرة لقياس ومراقبة جودة المنتج، ويتم استعمال التحكم الإحصائي في العمليات على نطاق واسع في جميع مجالات الصناعة وهو تقنية مثبتة لتحسين جودة الإنتاج، حيث تعود بداية استعمال لوحات السيطرة على النوعية التي اقترحها (Walter A Shewhart)<sup>[12][13]</sup> في عشرينيات القرن الماضي عندما كان يعمل في شركة بيل للهواتف الأمريكية لتحسين مراقبة وضبط جودة العمليات الصناعية، وكان الهدف الأساسي هو التحكم في عملية التحولات في المتوسط والتباين لخاصية جودة واحدة، وتتكون لوحات السيطرة من ثلاثة خطوط متوازية وهي خط الوسط (CL) (Center Limit) الذي يمثل متوسط خصائص الجودة والحد الأعلى للسيطرة (UCL) (Upper Control Limit) والحد الأدنى للسيطرة (LCL) (Lower Control Limit). وهناك نوعان رئيسيان من لوحات السيطرة هما لوحات السيطرة للمتغيرات ولوحات السيطرة للصفات.

تعد لوحات السيطرة الضبابية (Fuzzy Control Chart) أحد التطبيقات المتقدمة لنظرية المنطق الضبابي (Fuzzy Logic)، والتي تعتمد على التعامل مع البيانات غير المؤكدة أو الغامضة بطريقة أكثر مرونة ودقة مقارنة بالأنظمة التقليدية، ويتم استعمال هذه التقنية في العديد من المجالات، بما في ذلك معالجة المياه، حيث توفر أدوات فعالة لتحليل البيانات المتغيرة وتقديم حلول للتحديات المعقدة.

من بين أبرز هذه التحديات هو تلوث مياه نهر دجلة، الذي يعد من أهم مصادر المياه في العراق، ويعاني نهر دجلة من تدهور نوعية مياهه نتيجة التلوث الصناعي، الزراعي، والمياه العادمة، مما يؤثر سلباً على مستويات الحموضة (pH)، وبالتالي يؤثر على البيئة المائية والصحة العامة. هنا يأتي دور لوحات السيطرة الضبابية التي يمكنها معالجة البيانات المتغيرة والمعقدة المتعلقة بجودة المياه، مثل قياس درجة الحموضة وتقييم تأثير الملوثات، من خلال استعمال هذه التقنية، يمكن تحسين دقة التنبؤات المتعلقة بتأثير التلوث، واتخاذ قرارات فعالة في معالجة المياه والمحافظة على توازن البيئة المائية. 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  $\bar{X} - S$  و  $\bar{X} - R$  باستعمال مستوى القطع  $\alpha$ ، ومن خلال التطبيق تم اثبات أن مرونة حدود السيطرة على النوعية تزداد باستعمال لوحات السيطرة الضبابية. وفي عام 2011 قام الحارثي [6] باستعمال لوحات السيطرة للمتغيرات وهي لوحة المتوسط ولوحة المدى وتم احتساب حدود السيطرة لكن هذه النتائج قد لا تكون دقيقة ومؤكدة، لذلك استعمل نظرية المجموعات الضبابية للتعامل مع حالات عدم التأكد (الضبابية)، حيث يمكن من خلالها تحويل حدود السيطرة العددية إلى حدود سيطرة ضبابية باستعمال دالة عنصر الانتماء وهذه تعطي تقيماً دقيقاً ومرونة أكثر في الحكم واتخاذ القرار على العملية الإنتاجية مقارنة بلوحات السيطرة الكلاسيكية، تم استعمال بيانات من شركة Ala للمشروبات الغازية في مدينة السليمانية في تصميم لوحة السيطرة الضبابية، وتبين أن المجموعة الضبابية قابلة للتطبيق على لوحات السيطرة التقليدية لمراقبة المتغيرات. في عام 2018 قام الباحث (Akeem) [4] بتطبيق تقنيات ضبابية لضبط حد التحكم الصارم لمخطط السيطرة التقليدي إلى حد التحكم الضبابي لمزيد من المرونة باستعمال تحويل المدى المتوسط الضبابي على مستوى القطع  $\alpha$ ، وتمت مقارنة مخطط السيطرة الضبابي مع مخطط السيطرة التقليدي  $\bar{X} - R$ ، ومن خلال نتائج المحاكاة تم التوصل إلى أن مخطط السيطرة الضبابي هو الأفضل من حيث متوسط طول التشغيل ARL.

وفي عام 2021 اقترح الباحث (Thitanon Charurotkeerati) [8] لوحة السيطرة في المجموع التراكمي الضبابي (Fuzzy CUSUM) بناءً على الأرقام الضبابية المثلثية 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.

## 2- هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة وتحليل مستويات تلوث مياه نهر دجلة باستعمال لوحات السيطرة الضبابية لما تتمتع به من مرونة أفضل من لوحات السيطرة التقليدية، وتم استعمالها لمراقبة درجة الحموضة (PH) بشكل دقيق، سيتم تقييم البيانات المجمع على مدار فترة زمنية معينة، وتحديد مدى تذبذب قيم (PH) وتحديد حدود السيطرة الضبابية التي تشير إلى انحرافات محتملة تدل على وجود تلوث.

### 3- مشكلة البحث:

تعد مشكلة تلوث المياه من القضايا الجوهرية التي يعاني منها السكان، إذ يؤدي تلوث المياه بالملوثات الكيميائية أو العضوية إلى إلحاق الضرر بالإنسان والتأثير على صحته، لذا، يجب على الجهات المسؤولة اتخاذ الحيطة وإجراء فحوصات دورية لمياه الشرب لتحديد مدى تلوثها، ومن بين الأساليب المستعملة للسيطرة على التلوث وقياس مستوياته، تأتي أساليب السيطرة على النوعية الضبابية، التي تتيح التعامل مع البيانات غير المؤكدة، تجدر الإشارة إلى وجود تحديات أخرى تتعلق بالحصول على بيانات دقيقة ومضبوطة، نظراً لعدم توفر قياسات دقيقة، سواء بسبب العاملين في القياس أو أجهزة القياس المستعملة.

### 4- لوحة السيطرة $\tilde{X}$ مع $\tilde{R}$ الضبابية. Fuzzy $\tilde{X}$ and $\tilde{R}$ Control Chart.

هي أداة إحصائية تستعمل في مراقبة وضبط الجودة في العمليات الإنتاجية والصناعية، ويعد الوسط الحسابي من بين المعايير الإحصائية الأكثر أهمية واستعمالاً وأدقها وصفاً وتعبيراً، عن أي مجتمع إحصائي، إلى جانب الانحراف المعياري ومن خلالهما يوصف أي توزيع للبيانات وفقاً لنوعه، لوحة  $\tilde{X}$  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  $\tilde{R}$  وتسمى R-Chart، أو لوحة السيطرة للانحراف المعياري S وتسمى S-Chart.

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

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

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

$$\left. \begin{aligned} \overline{UCL}_{\tilde{X}} &= (\overline{UCL}_1, \overline{UCL}_2, \overline{UCL}_3) = (\bar{X}_{a_1}, \bar{X}_{a_2}, \bar{X}_{a_3}) + A_2(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}) \\ &= (\bar{X}_{a_1} + A_2\bar{R}_{a_1}, \bar{X}_{a_2} + A_2\bar{R}_{a_2}, \bar{X}_{a_3} + A_2\bar{R}_{a_3}) \\ \overline{CL}_{\tilde{X}} &= (\overline{CL}_1, \overline{CL}_2, \overline{CL}_3) = (\bar{X}_{a_1}, \bar{X}_{a_2}, \bar{X}_{a_3}) \\ \overline{LCL}_{\tilde{X}} &= (\overline{LCL}_1, \overline{LCL}_2, \overline{LCL}_3) = (\bar{X}_{a_1}, \bar{X}_{a_2}, \bar{X}_{a_3}) - A_2(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}) \\ &= (\bar{X}_{a_1} - A_2\bar{R}_{a_1}, \bar{X}_{a_2} - A_2\bar{R}_{a_2}, \bar{X}_{a_3} - A_2\bar{R}_{a_3}) \end{aligned} \right\} \dots \dots (1)$$

إذ أن

$\bar{X}$ : يمثل المتوسط العام.

$\bar{R}$ : يمثل متوسط مديات العينات.

$A_2$ : قيمة ثابتة يستخرج من جداول خاصة.

■ لوحات السيطرة الضبابية  $\tilde{X}$  للقطع  $\alpha$  بناءً على المدى

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

$\alpha - Cut$  هي مجموعة غير ضبابية تتألف من جميع العناصر التي تكون درجة عضويتها أكبر من

أو تساوي  $\alpha$ . [6] [11]

$$\left. \begin{aligned} \overline{UCL}_{\bar{X}}^{\alpha} &= (\overline{X}_{a_1}^{\alpha}, \overline{X}_{a_2}^{\alpha}, \overline{X}_{a_3}^{\alpha}) + A_2(\overline{R}_{a_1}^{\alpha}, \overline{R}_{a_2}^{\alpha}, \overline{R}_{a_3}^{\alpha}) \\ \overline{CL}_{\bar{X}}^{\alpha} &= (\overline{X}_{a_1}^{\alpha}, \overline{X}_{a_2}^{\alpha}, \overline{X}_{a_3}^{\alpha}) \\ \overline{LCL}_{\bar{X}}^{\alpha} &= (\overline{X}_{a_1}^{\alpha}, \overline{X}_{a_2}^{\alpha}, \overline{X}_{a_3}^{\alpha}) - A_2(\overline{R}_{a_1}^{\alpha}, \overline{R}_{a_2}^{\alpha}, \overline{R}_{a_3}^{\alpha}) \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

إذ أن

$$\overline{X}_{a_1}^{\alpha} = \overline{X}_{a_1} + \alpha(\overline{X}_{a_2} - \overline{X}_{a_1}) \dots\dots (3)$$

$$\overline{X}_{a_2}^{\alpha} = \overline{X}_{a_2} + \alpha(\overline{X}_{a_3} - \overline{X}_{a_2}) \dots\dots (4)$$

$$\overline{R}_{a_1}^{\alpha} = \overline{R}_{a_1} + \alpha(\overline{R}_{a_2} - \overline{R}_{a_1}) \dots\dots (5)$$

$$\overline{R}_{a_2}^{\alpha} = \overline{R}_{a_2} - \alpha(\overline{R}_{a_3} - \overline{R}_{a_2}) \dots\dots (6)$$

■ المدى المتوسط الضبابي لمستوى  $\alpha$  للوحة السيطرة الضبابية  $\tilde{X}$  بناءً على المدى

**Level fuzzy midrange for  $\alpha$  – Cut fuzzy  $\tilde{X}$  Control Chart based on  $\alpha$  – range**

يعد المستوى المتوسط الضبابي  $\alpha$  هو أحد تقنيات التحول الأربعة يستعمل لتحديد حدود السيطرة الضبابية (يستعمل لتحويل المجموعة الضبابية إلى قياسية)، تستعمل حدود السيطرة هذه لإعطاء قرار مثل العملية داخل السيطرة أو خارجة عن السيطرة، يمكن الحصول عليها من خلال المعادلات التالية [11]:

$$\left. \begin{aligned} \overline{UCL}_{mr-\bar{X}}^{\alpha} &= \overline{CL}_{mr-\bar{X}}^{\alpha} + A_2 \left( \frac{\overline{R}_{a_1}^{\alpha} + \overline{R}_{a_2}^{\alpha}}{2} \right) \\ \overline{CL}_{mr-\bar{X}}^{\alpha} &= f_{mr-\bar{X}}^{\alpha}(\overline{CL}) = \frac{\overline{X}_{a_1}^{\alpha} + \overline{X}_{a_2}^{\alpha}}{2} \\ \overline{LCL}_{mr-\bar{X}}^{\alpha} &= \overline{CL}_{mr-\bar{X}}^{\alpha} - A_2 \left( \frac{\overline{R}_{a_1}^{\alpha} + \overline{R}_{a_2}^{\alpha}}{2} \right) \end{aligned} \right\} \dots\dots (7)$$

إذ أن:  $mr$  هو متوسط المدى الضبابي.

$f_{mr-\bar{X}}^{\alpha}(\overline{CL})$  هو المتوسط الضبابي.

تعريف المستوى المتوسط الضبابي  $\alpha$  لعينة  $z$  للوحة السيطرة الضبابية  $\tilde{X}$  هو

$$S_{mr-\bar{X}_j}^{\alpha} = \frac{(\overline{X}_{a_1j} + \overline{X}_{a_2j}) + \alpha[(\overline{X}_{a_2j} - \overline{X}_{a_1j}) - (\overline{X}_{a_3j} - \overline{X}_{a_2j})]}{2} \dots\dots (8)$$

يمكن تعريف حالة التحكم في العمليات لكل عينة على أنها: [11]

**Process Control**

$$= \begin{cases} \text{in - control} & \text{for } LCL_{mr-\bar{X}}^{\alpha} \leq S_{mr-\bar{X}}^{\alpha} \leq UCL_{mr-\bar{X}}^{\alpha} \\ \text{Out - of control} & ; \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots (9)$$

5- لوحة المدى الضبابي Fuzzy  $\tilde{R}$  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: [10]

$$\left. \begin{aligned} \overline{UCL}_R &= (\overline{UCL}_1, \overline{UCL}_2, \overline{UCL}_3) = D_4(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}) \\ &= (D_4\bar{R}_{a_1}, D_4\bar{R}_{a_2}, D_4\bar{R}_{a_3}) \\ \overline{CL}_R &= \overline{CL}_1, \overline{CL}_2, \overline{CL}_3 = (\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}) \\ \overline{LCL}_R &= \overline{LCL}_1, \overline{LCL}_2, \overline{LCL}_3 = D_3(\bar{R}_{a_1}, \bar{R}_{a_2}, \bar{R}_{a_3}) \\ &= (D_3\bar{R}_{a_1}, D_3\bar{R}_{a_2}, D_3\bar{R}_{a_3}) \end{aligned} \right\} \dots \dots (10)$$

$D_4, D_3$ : قيم ثابتة تستخرج من جداول ثابتة.  
 ▪ لوحة السيطرة  $\tilde{R}$  بناءً على القطع  $\alpha$

– Cut Fuzzy  $\tilde{R}$  Control Chart  $\alpha$

يتم الحصول على حدود السيطرة للقطع  $\alpha$  في لوحة السيطرة الضبابية  $\tilde{R}$  من خلال المعادلات التالية [11]:

$$\left. \begin{aligned} \overline{UCL}_R^\alpha &= D_4(\overline{R}_{a_1}^\alpha, \overline{R}_{a_2}, \overline{R}_{a_3}^\alpha) \\ \overline{CL}_R^\alpha &= (\overline{R}_{a_1}^\alpha, \overline{R}_{a_2}, \overline{R}_{a_3}^\alpha) \\ \overline{LCL}_R^\alpha &= D_3(\overline{R}_{a_1}^\alpha, \overline{R}_{a_2}, \overline{R}_{a_3}^\alpha) \end{aligned} \right\} \dots \dots (11)$$

▪ – Cut fuzzy  $\tilde{R}$  Control Chart  $\alpha$  – Level fuzzy midrange for  $\alpha$

يتم الحصول على حدود السيطرة لمستوى المتوسط الضبابي للقطع  $\alpha$  في لوحة السيطرة الضبابية  $\tilde{R}$  من خلال المعادلات التالية: [11]

$$\left. \begin{aligned} \overline{UCL}_{mr-R}^\alpha &= D_4 f_{mr-R}^\alpha(\overline{CL}) \\ \overline{CL}_{mr-R}^\alpha &= f_{mr-R}^\alpha(\overline{CL}) = \left( \frac{\overline{R}_{a_1}^\alpha + \overline{R}_{a_3}^\alpha}{2} \right) \\ \overline{LCL}_{mr-R}^\alpha &= D_3 f_{mr-R}^\alpha(\overline{CL}) \end{aligned} \right\} \dots \dots (12)$$

يمكن حساب قيمة مستوى المتوسط الضبابي  $\alpha$  من العينة Z للوحة السيطرة الضبابية  $\tilde{R}$  من خلال المعادلة التالية: [11]

$$S_{mr-R,j}^{\alpha} = \frac{(R_{a_1j} + R_{a_2j}) + \alpha[(R_{a_2j} - R_{a_1j}) - (R_{a_3j} - R_{a_2j})]}{2} \dots \dots (13)$$

يتم تعريف حالة التحكم في العمليات لكل عينة على أنها: [11]

Process Control

$$= \begin{cases} in - control & for LCL_{mr-R}^{\alpha} \leq S_{mr-R,j}^{\alpha} \leq UCL_{mr-R}^{\alpha} \\ Out - of control & ; otherwise \end{cases} \dots \dots (14)$$

### 6- لوحة المجموع التراكم الضبابية (FCUMSUM)

يرمز للوحة المجموع التراكم بالرمز (CUSUM Chart)، وهي تُبنى أساساً على مجموع الفروقات التراكمية بين متوسط العينة والقيمة المستهدفة، وتهدف هذه اللوحة إلى اكتشاف الانحرافات الصغيرة في العملية الإنتاجية التي قد لا تتمكن لوحات شيورات التقليدية من كشفها، تم اقتراح هذا الأسلوب لأول مرة من قبل العالم Page في عام 1954، ثم جرى تطويره من قبل Branard في عام 1959، وكذلك من قبل Kemp و Ewan وآخرين في عام 1960، تستعمل لوحة CUSUM لمراقبة انحرافات المشاهدات في العملية الإنتاجية، خصوصاً عندما لا يقل الانحراف عن انحرافين معياريين، وهناك طريقتان رئيسيتان لتمثيل CUSUM وهما طريقة المجموع التراكم الجدولية وطريقة -V mask

### 1-6 المجموع التراكم الجدولية الضبابية (Fuzzy Tabular CUSUM) 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 كأرقام ضبابية، حيث يوفر تحليلاً أدق وأكثر تكيفاً مع طبيعة البيانات الغامضة. [9]

$$\left. \begin{aligned} S_H(i)_{a_1} &= \max \left[ 0, \bar{x}_{a_1} - (\mu_0 + K) + S_H(i-1)_{a_1} \right] \\ S_H(i)_{a_2} &= \max \left[ 0, \bar{x}_{a_2} - (\mu_0 + K) + S_H(i-1)_{a_2} \right] \\ S_H(i)_{a_3} &= \max \left[ 0, \bar{x}_{a_3} - (\mu_0 + K) + S_H(i-1)_{a_3} \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots (15)$$

$$\left. \begin{aligned} S_L(i)_{a_1} &= \max \left[ 0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_3} + S_L(i-1)_{a_1} \right] \\ S_L(i)_{a_2} &= \max \left[ 0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_2} + S_L(i-1)_{a_2} \right] \\ S_L(i)_{a_3} &= \max \left[ 0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_1} + S_L(i-1)_{a_3} \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots (16)$$

$\mu_0$ : القيمة المستهدفة.

$K$ : القيمة المرجعية.

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

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

واضحة باستعمال تقنيات التحول الضبابي لتنفيذ أو تطبيق لوحة المجموع التراكمي الجدولي الضبابي، وتستعمل تقنية تحويل المدى المتوسط الضبابي لمستوى القطع  $\alpha$  في الهيكل النظري لـ CUSUM الجدولي الضبابي . قبل تطبيق تقنيات التحويل، يجب وجود مجموع تراكمي جدولي ضبابي يعتمد على القطع  $\alpha$  ، ويتكون هذا القطع  $\alpha$  من جميع العناصر التي تكون درجة عضويتها أكبر من  $\alpha$  . المتوسطات الضبابية للقطع  $\alpha$  يتم الحصول عليها كالتالي: [9]

$$\left. \begin{aligned} \bar{x}_{a_1}^\alpha &= \bar{x}_{a_1} + \alpha(\bar{x}_{a_2} - \bar{x}_{a_3}) \\ \bar{x}_{a_2}^\alpha &= \bar{x}_{a_2} - \alpha(\bar{x}_{a_3} - \bar{x}_{a_2}) \end{aligned} \right\} \dots \dots (17)$$

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

$$\left. \begin{aligned} S_H^\alpha(i)_{a_1} &= \max[0, \bar{x}_{a_1}^\alpha - (\mu_0 + K) + S_H^\alpha(i-1)_{a_1}] \\ S_H^\alpha(i)_{a_2} &= \max[0, \bar{x}_{a_2}^\alpha - (\mu_0 + K) + S_H^\alpha(i-1)_{a_2}] \end{aligned} \right\} \dots \dots (18)$$

$$\left. \begin{aligned} S_L^\alpha(i)_{a_1} &= \max[0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_3}^\alpha + S_L^\alpha(i-1)_{a_1}] \\ S_L^\alpha(i)_{a_3} &= \max[0, (\mu_0 - K) - \bar{x}_{a_1}^\alpha + S_L^\alpha(i-1)_{a_3}] \end{aligned} \right\} \dots \dots (19)$$

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

$$\left. \begin{aligned} S_{H-mr}^\alpha &= \frac{S_H^\alpha(i)_{a_1} + S_H^\alpha(i)_{a_3}}{2} \\ S_{L-mr}^\alpha &= \frac{S_L^\alpha(i)_{a_1} + S_L^\alpha(i)_{a_3}}{2} \end{aligned} \right\} \dots \dots (20)$$

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

عند تصميم قناع V-mask ضبابي ، يتم اقتراح الإجراء التالي [9]

$$(H_{a_1}, H_{a_2}, H_{a_3}) = 2(d) (\sigma_{\bar{x}_{a_1}}, \sigma_{\bar{x}_{a_2}}, \sigma_{\bar{x}_{a_3}}) \tan \theta \dots \dots (21)$$

إذ أن

انحراف معياري ضبابي لـ  $(\bar{x}_{a_1}, \bar{x}_{a_2}, \bar{x}_{a_3})$ ، و  $(H_{a_1}, H_{a_2}, H_{a_3})$  فترة القرار الضبابية.

يتم حساب حدود السيطرة الضبابية بناءً على القطع  $\alpha$  للمجموع التراكمي الجدولي الضبابي من خلال المعادلات التالية:

$$\left. \begin{aligned} H_{a_1}^\alpha &= H_{a_1} + \alpha(H_{a_2} - H_{a_1}) \\ H_{a_2}^\alpha &= H_{a_2} - \alpha(H_{a_3} - H_{a_2}) \end{aligned} \right\} \dots \dots (22)$$

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

$$H_{mr}^{\alpha} = \frac{H_{a_1}^{\alpha} + H_{a_2}^{\alpha}}{2} \dots \dots (23)$$

$H_{mr}^{\alpha}$ : متوسط المدى الضبابي لمستوى القطع  $\alpha$ .  
إذا تجاوز  $S_{H-mr}^{\alpha}$  أو  $S_{L-mr}^{\alpha}$  الضبابي فترة القرار الضبابية  $H_{mr}^{\alpha}$ ، تكون العملية خارجة عن السيطرة والإفان العملية تحت السيطرة، شروط التحكم في العملية تكون بالشكل التالي: [9]

$$Process\ Contro = \begin{cases} in\ control; & (S_{H-mr}^{\alpha} < H_{mr}^{\alpha}) \vee (S_{L-mr}^{\alpha} < H_{mr}^{\alpha}) \\ out\ of\ control; & otherwise \end{cases} \dots \dots (24)$$

### 7- معايير المقارنة:-

#### 1-7 معدل طول التشغيل (ARL) Average Run Length

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 [4].

#### 2-7 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 (USL) والحد الأدنى للمواصفات (LSL) مقسوماً على الفرق  $6\sigma$ . [7]

$$Tolerance(T_{a_1, a_2, a_3}) = \{ (USL_{a_1}^{\alpha} - LSL_{a_1}^{\alpha}), (USL_{a_2}^{\alpha} - LSL_{a_2}^{\alpha}), (USL_{a_3}^{\alpha} - LSL_{a_3}^{\alpha}) \} \dots \dots (25)$$

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

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

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، فنحتاج إلى إجراء تحسين، خلاف ذلك، فإننا لا نحتاج إلى التحسين، يتم حساب إداء العملية  $C_{PK}$  الضبابية من خلال المعادلات التالية: [5]

$$C_{PK_{a_1}} = \min \left( \frac{(USL_{a_1}^\alpha - \bar{X}_{a_1}^\alpha)}{3 \frac{\bar{R}_{a_1}^\alpha}{d_2}}, \frac{(\bar{X}_{a_1}^\alpha - LSL_{a_1}^\alpha)}{3 \frac{\bar{R}_{a_1}^\alpha}{d_2}} \right)$$

$$C_{PK_{a_2}} = \min \left( \frac{(USL_{a_2}^\alpha - \bar{X}_{a_2}^\alpha)}{3 \frac{\bar{R}_{a_2}^\alpha}{d_2}}, \frac{(\bar{X}_{a_2}^\alpha - LSL_{a_2}^\alpha)}{3 \frac{\bar{R}_{a_2}^\alpha}{d_2}} \right) \dots \dots (27)$$

$$C_{PK_{a_3}} = \min \left( \frac{(USL_c^\alpha - \bar{X}_c^\alpha)}{3 \frac{\bar{R}_c^\alpha}{d_2}}, \frac{(\bar{X}_c^\alpha - LSL_c^\alpha)}{3 \frac{\bar{R}_c^\alpha}{d_2}} \right)$$

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. [5]

### 8- المركبات الكيميائية المسببة لتلوث المياه:-

**8-1 مركبات حامضية وقلوية:-** تطرح العديد من المصادر الصناعية، مثل معامل الإسمنت ومصافي تكرير النفط ومعامل إنتاج الزيوت النباتية، مواد كيميائية ذات طبيعة حمضية أو قلوية في الأنهار، مما يؤدي إلى تغيرات في مستويات الحموضة والقاعدية المقبولة، التي تتراوح بين (6.5- 8.5)، إذا تلوث الماء بالمواد الحمضية، فإنه يؤدي إلى تآكل وصدأ الأنابيب الناقلة له، فضلاً عن تأثيره على صحة الإنسان حسب نوع الحامض الملوث، أما التلوث بالمواد القلوية، فيؤدي إلى تراكم الأملاح مثل الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيدات والكلوريدات، و تؤدي كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم إلى عسرة الماء، في حين تسبب مركبات الكلوريدات و الكبريتات زيادة ملوحة المياه. [3]

**8-2 المعادن الثقيلة:-** أن التطور المتسارع في التكنولوجيا والصناعة، إلى جانب الحاجة المتزايدة للعناصر الثقيلة، أدى إلى إطلاق هذه الملوثات في المحيط الحيوي، بما في ذلك المياه السطحية والجوفية، مما أسفر عن تلوثها بالعناصر الثقيلة، ويشكل هذا التلوث مشكلة بيئية حقيقية، لا تهدد النظامين المائي والبيئي فحسب، بل تهدد أيضاً صحة الإنسان من خلال استهلاك مياه الشرب الملوثة، فقد ثبت أن بعض العناصر الثقيلة، مثل الزرنيخ والرصاص والكروم والكادميوم والنيكل وغيرها، ترتبط بأنواع معينة من السرطان، كسرطان الثدي وسرطان المجاري البولية وسرطان الرئة، كما

تؤثر هذه العناصر في الجهاز التناسلي للفقرات واللافقرات عن طريق تعطيل وظائف الغدد الصماء، وبعكس الملوثات العضوية، كما أن المعادن الثقيلة لا تتحلل بالعمليات البيولوجية، ولذلك يجب تطوير تقنيات أو عمليات مناسبة لإزالة هذه العناصر، مع مراعاة عدم التأثير على المركبات الأخرى الموجودة في الماء. [1]

**3-8 الهالوجينات العضوية:** - تنتج هذه المركبات نتيجة تفاعل الكلور، المستعملة في تطهير المياه، مع المركبات العضوية الموجودة في الماء مثل بقايا الأشجار المتحللة والمواد الحيوانية، والتي تُعرف إجمالاً باسم الديبال، و ينشأ عن هذا التفاعل مركبات تُسمى الهيدروكربونات الكلورية، والتي لها تأثيرات صحية خطيرة، حيث ثبت ارتباطها ببعض أنواع السرطان، وخاصة سرطان المثانة والكلية، كما قد تسبب حالات من التشوهات الجينية والإجهاض. يحدث التعرض لهذه المركبات إما عن طريق بلع الماء الملوث أو عبر الامتصاص الجلدي أثناء السباحة والاستحمام، ومع كل هذه المخاطر، تشير الدلائل إلى أنه في الوقت الحالي لا يوجد بديل مناسب للكلور يمكن أن يحل محله، نظراً لانخفاض تكلفته وفعالته في القضاء على الميكروبات. [3]

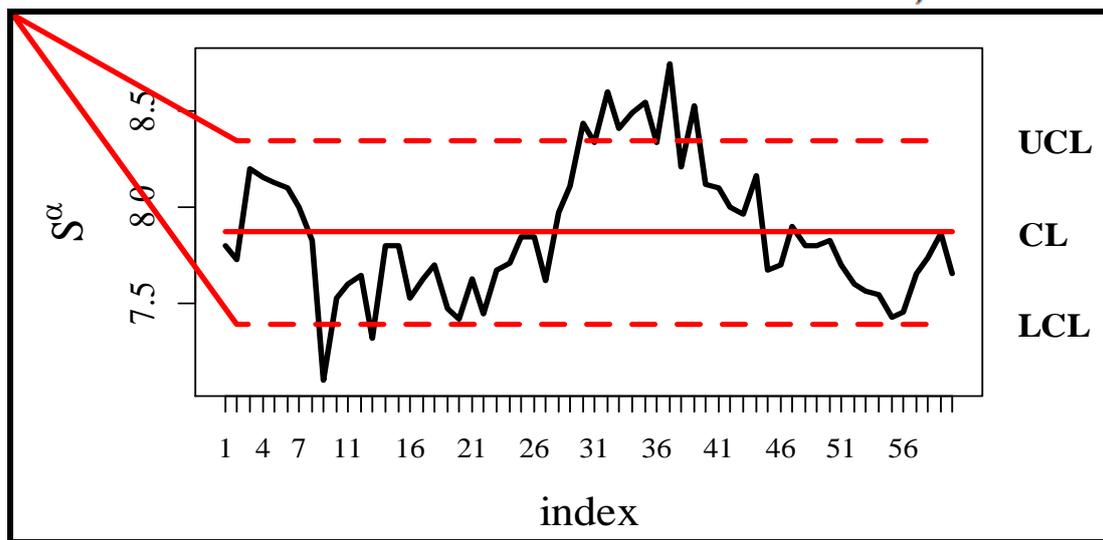
**4-8 الأملاح المغذية:** - تُعد المواد الكيميائية، مثل النيتروجين والفوسفور، من أشهر الأملاح التي تساعد في نمو الكائنات الحية، وتُعتبر من العناصر الغذائية الأساسية للنباتات، وتأتي هذه العناصر من المياه المصروفة من الأراضي الزراعية والمياه المتدفقة من المصانع. كما تُعتبر فضلات الإنسان والحيوان مصدرًا مهمًا للنيتروجين. تُصبح هذه العناصر ملوثات عندما تتجاوز مستوياتها الطبيعية في الماء، حيث تبدأ النباتات المائية بالتغذي عليها بشكل مفرط، مما يؤدي إلى نموها وانتشارها بسرعة في المياه، وتُعرف هذه الظاهرة بالإثراء الغذائي، وتتسبب في استهلاك كميات كبيرة من الأوكسجين، مما يفوق قدرة المياه على تعويضه لتلبية احتياجات الكائنات الحية في البيئة المائية. يؤدي ذلك إلى انخفاض حاد في مستويات الأوكسجين، ما يسبب موت الكائنات المائية، وعند تحلل هذه الكائنات، يُستهلك المزيد من الأوكسجين المتبقي، مما يؤدي إلى فساد المياه وتعفننها، وفقدان صلاحيتها للاستعمال، كما أن زيادة هذه الأملاح يمكن أن تسبب أمراضاً فسيولوجية لبعض الكائنات الحية. [1]

**5-8 المركبات العضوية:** - يُعتبر النفط ومشتقاته من أشهر المركبات العضوية التي تسبب تلوثاً للمياه، وتنتشر هذه المواد إلى المياه من عمليات تكرير النفط ومن أنشطة صناعية أخرى، كما أن حوادث تحطم ناقلات النفط أو انفجار الآبار البحرية تؤدي إلى تسرب كميات هائلة من النفط إلى المياه، خاصة أثناء عمليات تفريغ وتحميل وغسل الناقلات في الموانئ، إلى جانب النفط، تُعتبر المبيدات الحشرية والفطرية ملوثات خطيرة أخرى شائعة الاستخدام في الوقت الحاضر، كما تساهم بعض المصانع، مثل معامل تعليب المواد الغذائية ومعامل الورق، في طرح مخلفاتها التي تحتوي على مركبات عضوية في المياه، مما يؤدي إلى تقليل كمية الأوكسجين المذاب نتيجة لتحلل هذه المواد بواسطة المحلات مثل البكتيريا والفطريات. تتجم عن هذه المخلفات أنواع مختلفة من التلوث، مثل زيادة الطلب على الأوكسجين الحيوي، السمية، زيادة المواد العالقة، والتغيرات في لون المياه. [2][3]

## 9- وصف وتحليل البيانات:

تعد مدينة بغداد من المناطق المهمة التي تقع على نهر دجلة حيث توجد فيها (عشر محطات) رصد تتوزع على طول نهر دجلة داخل مدينة بغداد فقط، تم دراسة مستويات (PH) ودورها في تلوث مياه نهر دجلة في بعض محطات المياه في بغداد وهي كل من محطة جسر الشهداء (T19) ومأخذ مشروع ماء القادسية (T22) ومأخذ مشروع ماء الرشيد (T23) ومأخذ مشروع ماء الزعفرانية (T24)، وقد جمعت البيانات لمدة 60 يوماً الخاصة بمصادر المياه لهذه المحطات من وزارة البيئة/ مديرية بيئة بغداد/ شعبة مراقبة نوعية المياه والخاصة بالفحوصات الكيميائية.

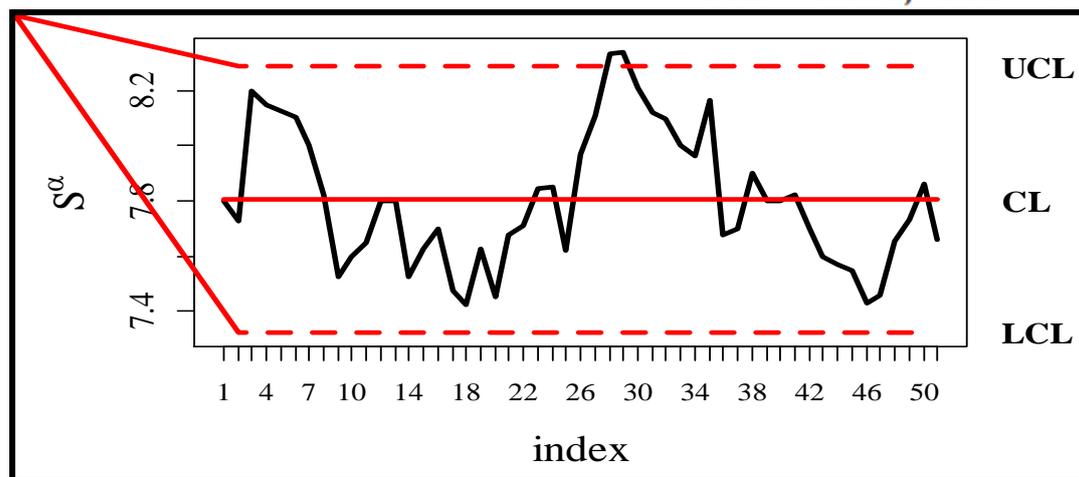
الشكل (1) يوضح رسم لوحة الوسط الحسابي الضبابي للملوث PH ومن خلال هذا الرسم نلاحظ أن العينات (9,13,30,32,33,34,35,37,39) تقع خارج حدود السيطرة. وكانت حدود السيطرة الضبابية لها.  
 $UCL = 8.346, LCL = 7.393$



شكل (1): نتائج لوحة الوسط الحسابي مع المدى الضبابية للمتغير PH

يتضح من الشكل (1)، وجود قيم خارج حدود السيطرة مما يجعل من الممكن إجراء تحسين، وذلك عن طريق حذف القيم الخارجة عن السيطرة. أما الشكل (2)، فيوضح رسم لوحة الوسط الحسابي الضبابي للملوث PH، ومن خلال هذا الشكل نلاحظ أن العينتين (28,29) تقعان خارج حدود السيطرة، وكانت حدود السيطرة الضبابية للملوث PH بعد التحسين هي.

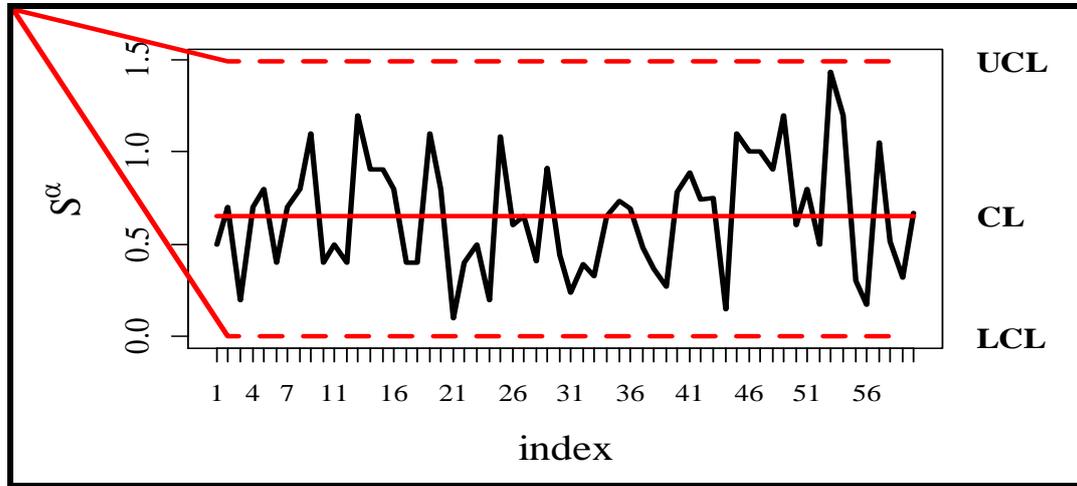
$$UCL = 8.285, LCL = 7.324$$



شكل (2): نتائج لوحة الوسط الحسابي مع المدى الضبابية للمتغير PH بعد التحسين

بينما الشكل (3)، ناتج عن رسم لوحة المدى الضبابية للملوث PH، إذ نجد أن جميع العينات داخل حدود السيطرة، ولا تحتاج إلى إجراء عمليات التحسين، وأن حدود السيطرة الضبابية لها.

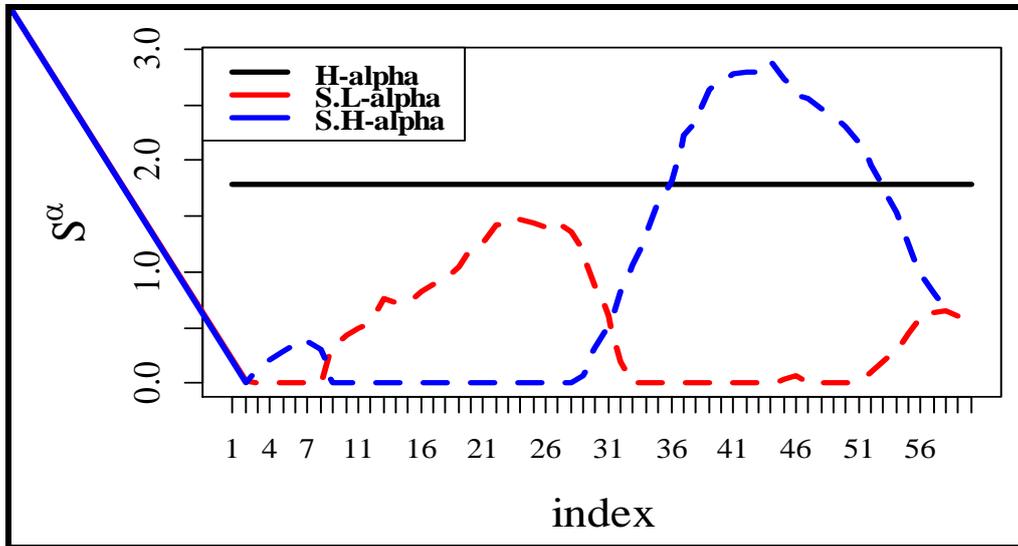
$$UCL = 1.491, LCL = 0$$



شكل (3): نتائج لوحة المدى الضبابية للمتغير PH

الشكل (4)، يوضح رسم لوحة FCUSUM للملوث PH ومن خلال هذا الرسم نلاحظ أن العينات (36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50,51,52) تقع خارج حدود السيطرة. وكانت فترة القرار الضبابية.

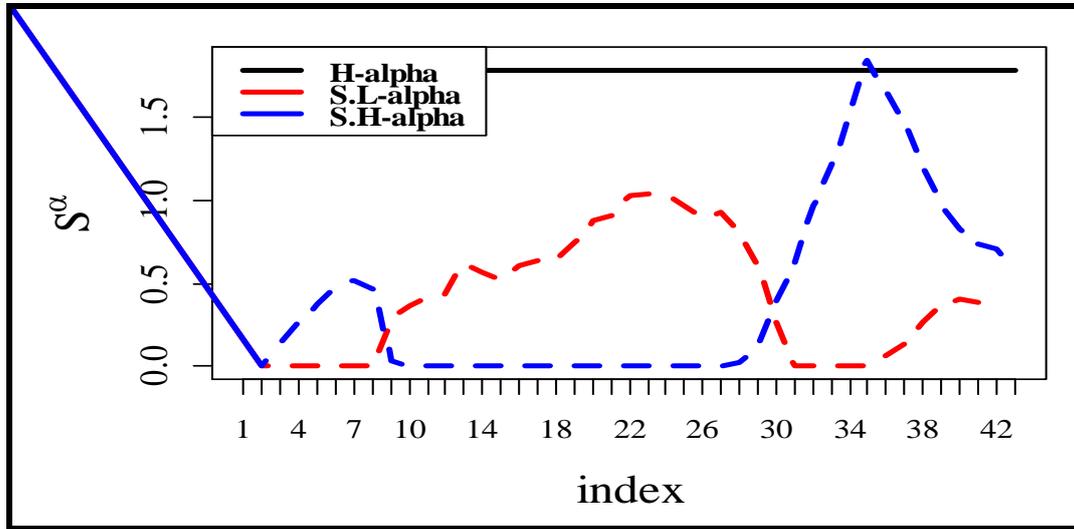
$$H_{mr}^{0.5} = 1.785$$



الشكل (4): نتائج لوحة FCUSM للمتغير PH

يتضح من الشكل (4)، وجود قيم خارج حدود السيطرة مما يجعل من الممكن إجراء تحسين، وذلك عن طريق حذف القيم الخارجة عن السيطرة. أما الشكل (5)، فيوضح رسم لوحة FCUSM للملوث PH، ومن خلال هذا الشكل نلاحظ أن هناك عينة واحدة فقط (35) تقع خارج حدود السيطرة. وكانت فترة القرار الضبابية.

$$H_{mr}^{0.5} = 1.788$$



شكل (5): نتائج لوحة FCUSUM للمتغير PH بعد التحسين

وللمقارنة بين اللوحات المستعملة في هذا البحث تم استعمال معدل طول التشغيل ARL ودليل المقدر  $C_P$  و إداء العملية  $C_{PK}$  والجدول (1) يوضح معايير المقارنة مع اللوحات المستعملة قبل إجراء التحسين.

Charts	ARL	$C_P$			$C_{PK}$		
Fuzzy $\bar{X} - R$	39.68254	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
Fuzzy R	240.00000	0.78311	0.78311	0.78311	39.87310	-6.70104	-2.37053
Fuzzy CUSUM	57.14286	0.72981	0.77583	0.35185	30.84728	-6.71558	-3.23304

يمثل الجدول (2) نتائج معدل طول التشغيل ARL ودليل المقدر  $C_P$  و إداء العملية  $C_{PK}$  بالنسبة لجميع اللوحات المستعملة بعد إجراء التحسين.

Charts	ARL	$C_P$			$C_{PK}$		
Fuzzy $\bar{X} - R$	51.00000	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034	0.50034
Fuzzy R	240.00000	0.78311	0.78311	0.78311	39.87310	-6.70104	-2.37053
Fuzzy CUSUM	15.777287	0.31616	0.57035	0.25407	28.53933	-7.40750	-3.49023

### 11- الاستنتاجات والتوصيات:-

#### 11-1 الاستنتاجات:

- من خلال ما جاء في الجانب التطبيقي للبحث للملوث PH نجد أن .
- 1- لوحة الوسط الحسابي مع المدى الضبابية  $(\bar{X} - \bar{R})$  كانت خارج حدود السيطرة وحتى بعد إجراء التحسين، تعد هذه اللوحة أكثر كفاءة في تحديد سير العملية لأنها تكشف عن الانحرافات التي تظهر في العملية.
  - 2- لوحة المدى الضبابية  $(\bar{R})$  كانت تحت السيطرة وهذا لا يعني أن العملية كانت تحت السيطرة وإنما هذه اللوحة لم تكشف الانحرافات في سير العملية.
  - 3- لوحة المجموع المتراكم الجدولية الضبابية أعطت عينات أكثر خارج حدود السيطرة وهذا يعني أن هذه اللوحة أكثر حساسية لكشف التغيرات في سير العملية فهي حساسة جداً لكشف الانحرافات الصغيرة فهي تعطي إنذارات إلى متخذي القرار لمراقبة جودة العملية والحد في الكشف عن مواطن الخطأ ومعالجتها قبل خروج العملية عن مسارها الصحيح.
  - 4- من جدول (1) وجدول (2) نلاحظ أن قيم  $C_{PK}$  تكون سالبة للوحة  $\bar{R}$  ولوحة FCUSUM وهذا يعني أن متوسط العملية يقع خارج المواصفات المسموح بها.
  - 5- أن قيم  $C_p$  ولكلا الجدولين ولجميع اللوحات تظهر أقل من 1 وهذا يعني أن العملية غير قادرة.
  - 6- من خلال تطبيق اللوحات السابقة على الملوث PH نجد أن هذا الملوث كان خارج حدود السيطرة ويجب أخذ عملية التحسين لمعالجة التلوث في مياه نهر دجلة والسيطرة عليه.

#### 11-2 التوصيات :-

- 1- نوصي (وزارة البيئة / مديرية بيئة بغداد /شعبة مراقبة نوعية المياه والخاصة بالفحوصات الكيميائية) باستعمال لوحات السيطرة الضبابية في تحديد مستوى تلوث مياه نهر دجلة والفرات، والبحث عن مصادر التلوث ومعالجتها كونها تسبب خطراً على صحة الإنسان فهي تعتبر سامة.
- 2- دراسة ملوثات اخرى للمياه واستعمال لوحات سيطرة ضبابية اخرى.
- 3- يوصى بإجراء دراسات إحصائية دورية لتحليل الملوثات الرئيسية في مياه نهر دجلة وتقييم تأثيرها على التنوع البيولوجي وصحة الإنسان.
- 4- يجب تطوير واستعمال أنظمة السيطرة الضبابية المعتمدة على الذكاء الاصطناعي لضمان دقة التحكم في عمليات معالجة المياه وتقليل الأخطاء البشرية.
- 5- نوصي 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 يساهم في تحسين السيطرة على العملية.
- 6- من الممكن دمج لوحات السيطرة الضبابية مع أنظمة المراقبة الرقمية لتحسين الكفاءة ودقة القياس.

## 12- المصادر

### 1-12 المصادر العربية :-

- 1- صالح، عصام غازي، (2004) " الواقع الصحي لمياه الشرب وطرق معالجتها في مدينة بغداد"، بحث دبلوم عالي في الهندسة الوراثية و التقنيات الاحيائية، معهد الهندسة الوراثية والتقنيات الاحيائية، جامعة بغداد.
  - 2- لطيف، باسل عبد الجبار، (1990) " تلوث البيئة والسيطرة عليه" ، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، مطابع دار الحكمة.
  - 3- محمود، فضاء عبدالله، (2010) " دور واهمية تلوث المياه واثره في الصحة العامة " ، بحث دبلوم عالي في علوم الطب البيطري، الصحة العامة البيطرية، كلية الطب البيطري، جامعة بغداد.
- ### 2-12 المصادر الاجنبية:-

4. Akeem, A. A. (2018). Performance of fuzzy control chart over the traditional control chart. *Benin Journal of Statistics*, 1, 101-112.
5. 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.
6. behind Rahe, A. A. R. (2011). A fuzzy set theory in the development and construction of control charts (Comparative study). *Journal of Administration and Economics*, 36(89).
7. 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.
8. Charurotkeerati, T. (2021). Fuzzy Cumulative Sum Control Chart for Monitoring Fuzzy Process. *Journal of Applied Science and Emerging Technology*, 20(2), 34-42.
9. Erginel, N. Şentürk, S. (2016). *Fuzzy EWMA and Fuzzy CUSUM Control Charts*. Springer International Publishing Switzerland, 343, 281-288.
10. Kahraman, C., & Yanık, S. (2016). *Intelligent decision making in quality management*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
11. 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.
12. Ott, E. R., Schilling, E. G., & Neubauer, D. V. (2005). *Process quality control: troubleshooting and interpretation of data*. Quality Press.
13. Şentürk, S., Erginel, N. (2008). Development of Fuzzy  $\bar{X} - R$  and  $\bar{X} - S$  Control Chart Using  $\alpha - Cuts$ . *Journal of Information Science*, 179.

## The Application of Fuzzy Control Charts In Controlling Ph Levels And Treating Water Pollution

<b>Nawaris Malik Fadel</b> <sup>(1)</sup> Department of Statistics, College of Administration and Economics, Al-Mustansiriya University ,Baghdad ,Iraq <a href="mailto:nawaris.malik@uomustansiriyah.edu.iq">nawaris.malik@uomustansiriyah.edu.iq</a>	<b>Nabaa Naeem Mahdi</b> <sup>(2)</sup> Department of Statistics, College of Administration and Economics, Al-Mustansiriya University ,Baghdad ,Iraq <a href="mailto:nabaanaeemmahdi@uomustansiriyah.edu.iq">nabaanaeemmahdi@uomustansiriyah.edu.iq</a>
---	---

### Abstract:

This study discusses the use of fuzzy control charts as an effective tool to improve control processes in complex systems, particularly in industrial and environmental applications. Fuzzy control systems are characterized by their ability to handle vague and imprecise information, making them an ideal choice for managing pH levels and addressing water pollution.

The study utilized the Average Chart with Fuzzy Range ( $\bar{\tilde{X}} - \tilde{R}$ ), the Fuzzy Range Chart ( $\tilde{R}$ ), and the Fuzzy Cumulative Sum Chart (FCUSUM) to detect shifts in data represented by fuzzy triangular numbers for controlling water pollution and monitoring varying quality characteristics.

These charts were applied to real data collected over 60 days from water sources. The results revealed a variation in the number of samples exceeding control limits among the charts used in the study. By employing comparison criteria such as the Capability Index ( $C_P$ ), Capability Performance ( $C_{PK}$ ), and Average Run Length (ARL), differences in chart performance were analyzed.

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

Yes, the research is taken from a master's thesis.