المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (20) 2011
عدد خاص بوقائع المؤتمر العلمي الرابع كلية علوم الحاسوب والرياضيات
ص ص [315– 330 ]

# مقارنة بين طريقة السيطرة المضببة والدالة التمييزية في تصنيف بعض آبار محافظة نينوى

د. مثنى صبحي سليمان * د. عمر صابر قاسم ** طلال فاضل حسين***

**المستخلص**

تم في هذه الدراسة بناء نموذج استدلال ضبابي للسيطرة على تحديد صلاحية نوعية المياه الجوفية لبعض آبار محافظة نينوى، وذلك من خلال مجموعة من المشاهدات التي تم الحصول عليها من المناطق قيد الدراسة. ولبيان أهمية النموذج تمت مقارنتهِ مع الدالة التمييزية التي تقوم بتصنيف الفرد إلى المجتمع الصحيح، وقد اثبت نموذج السيطرة المضببة كفاءة عالية في تحديد نسبة صلاحية كل بئر مقارنةً بنموذج الدالة التمييزية التي تم فيه فقط تصنيف الآبار قيد الدراسة إلى صالح أو غير صالح للشرب ، فضلاً عن سهولة بناء الإجراءات الحسابية المتطلبة لبناء نموذج الاستدلال الضبابي مقارنة بالإجراءات الحسابية المعقدة التي تتطلبها الدالة التمييزية. وقد تم تكوين نموذج يمكن استخدامه في المستقبل لتمييز نوعية المياه الجوفية لأي بئر معتمداً على الخصائص النوعية لمياهه.

*الكلمات الدالة*: السيطرة المضببة ، الدالة التمييزية، المياه الجوفية.

## Comparison between the method of Fuzzy Control and Discriminate Function in the classification of some wells Nineveh

## Abstract

In this study, the construction of a Fuzzy Inference Control to determine the validity of the quality of ground water wells of some of Nineveh province, through a series of observations that were obtained from the areas under study. To illustrate

* مدرس/كلية علوم الحاسوب والرياضيات/جامعة الموصل.
** مدرس/كلية علوم الحاسوب والرياضيات/جامعة الموصل.
*** مدرس مساعد/كلية علوم الحاسوب والرياضيات/جامعة الموصل.

تاريخ الاستلام 2011/10/1 تاريخ القبول 2011/12/21

the importance of the model it was compared with the Discriminate Function that classify the individual to the right community. The model , has proved a model of control Fuzzy high efficiency in the determination of the validity of each well is compared to a model Discriminate Function was the only classification of the wells under study where there it is valid or invalid to drink, as well as easy construction of the computational procedures required to build a Fuzzy Inference model compared to complex computational procedures required by the Discriminate Function. The configured model can be used in future to distinguish the quality of any groundwater wells based on qualitative characteristics of the waters.

*Keyword*: Fuzzy Control, Discriminate Function, groundwater.

**(1) مقدمة:**

بالنظر لأهمية المياه الجوفية في محافظة نينوى في عملية الري في بعض المناطق الزراعية، ولكون هذه المياه متفاوتة في نوعيتها باحتوائها على شوائب مختلفة وبتراكيز متباينة، فقد كان اهتمام البحث بتصنيف نوعية المياه الجوفية في آبار المحافظة إلى صالحة للشرب وأخرى غير صالحة وذلك من خلال بناء نماذج رياضية يتم من خلالها تحديد نوعية هذه المياه.

تم اخذ البيانات من بحث [سليمان وصالح، 2011] والتي تمثل نماذج لعينات عشوائية من مناطق مختلفة من محافظة نينوى لآبار محفورة حديثاً وآبار قديمة وبأعماق مختلفة وقد جرى تحليل هذه النماذج في مختبرات جامعة الموصل وفقاً للطرائق القياسية وفحوصات منظمات الصحة العالمية. وتم اختيار ثلاثة مؤشرات نوعية للنماذج المأخوذة وذلك بالاعتماد على رأي خبراء البيئة و المياه الجوفية وهي (العسرة الكلية، المواد الصلبة الكلية، الكبريتات)، إذ أن أهم مظاهر تلوث المياه هي زيادة نسبة الكبريتات لما لها من تأثيراتٍ جمة سلبية في استخدامات المياه ويعتمد هذا التأثير على تركيزها في الماء، وقد صنّفت منظمات الصحة العالمية الكبريتات بتركيز(500 ملغم/لتر) كحد أقصى مقبول لمياه الشرب، وذلك لان ارتفاعها عن هذا الحد يتسبب بمشاكل صحية للإنسان والحيوان. كما أن الكبريتات تكون متناسبة طردياً غالباً مع العسرة الكلية، وقد صنّفت منظمات الصحة العالمية العسرة الكلية بتركيز(500 ملغم/ لتر) كحد أقصى مقبول لمياه الشرب. [سليمان وصالح، 2011]

**(2) التحليل التمييزي:**

يعد التحليل التمييزي Discriminante Analysis أحد المناهج الإحصائية المهمة في تحليل متعددة المتغيرات Multivariate Statistical Analysis التي يمكن الاعتماد عليها في بناء قاعدة لإعادة توزيع أو تصنيف المجتمعات التي تشترك في خصائص أو صفات معينة. أي إن التحليل التمييزي يمثل تقنية

تستخدم لتصنيف الأفراد إلى واحد من مجتمعين أو أكثر بالاعتماد على مقاييس معينة وكذلك على خصائص المشاهدة التي لابد أن تتوافق بدرجة ما مع خصائص المجتمع الذي ستنتسب اليه، وذلك من خلال تكوين دالة تسمى الدالة التمييزية Discriminate Function.

إن عملية التصنيف هي عملية تلي عملية تكوين الدالة التمييزية، إذ يتم الاعتماد على هذه الدالة في التنبؤ وتصنيف المفردة الجديدة لإحدى المجموعات قيد الدراسة بأقل خطأ تصنيف ممكن، فضلاً عن استخدامها في معرفة المتغيرات التي تساهم في التصنيف. أي إن التصنيف هو جمع للمتشابهات في خصائص الأشياء أو العلاقات بينها في فئات معينة (حمودات، 2005).

**(1-2) الدالة التمييزية Discriminate Function :**

تعد الدالة التمييزية من الدوال التي بواسطتها يمكن تصنيف أو تمييز الأفراد الجدد (المجهولة الانتماء) إلى المجموعة الصحيحة التي يفترض انتماؤهم اليها وفقاً للمعايير أو القياسات التي تم الحصول عليها من الأفراد المعلومين. وتعطي الدالة نتائج أفضل في التمييز كلما زاد حجم البيانات المستخدمة وكذلك ملاءمة الدالة مع نوعية البيانات. وهنالك نوعان رئيسيان لدالة التمييز، النوع الاول دالة التمييز الخطية

Linear Discriminate Function (التي تسمى دالة فيشرFisher نسبة الى لعالم الذي قام باشتقاقها)، والتي تستخدم عندما تكون العلاقة بين المتغيرات علاقة خطية، والثانية دالة التمييز اللاخطية Non-Linear Discriminate Function والتي تستخدم عندما تكون العلاقة بين المتغيرات علاقة لاخطية (تربيعية أو ذات درجة أعلى).[ الراوي، 2004]

إن دالة التمييز الخطية L هي تركيب خطي من المتغيرات حسب الصيغة الآتية:

$$L = \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \ldots + \alpha_k x_k \qquad \ldots (1)$$

إذ إن $\alpha_1 , \alpha_2 , \alpha_3,\ldots,\alpha_k$ هي معلمات الدالة التمييزية الخطية، يتم اختيارها بحيث تعطي أعلى تمييز بين المجموعتين، والمقصود بأعلى تمييز بين المجموعتين هو إن الاختلاف بين قيم المجموعتين (Between group variation) اكبر بكثير من الاختلاف بين قيم داخل كل مجموعة (Within group variation).

وإن $x_1 , x_2 , x_3,\ldots,x_k$ تمثل المتغيرات التوضيحية للدالة التمييزية، وهي متغيرات عشوائية عددها $k$.

فإذا رمزنا لنسبة الاختلاف بين المجموعتين إلى الاختلاف داخل المجموعتين بالرمز $\lambda$:

$$\lambda = \text{Between group variation}/\text{Within group variation}$$

بحيث أن اختيار قيم $\alpha_1 , \alpha_2 , \alpha_3,...,\alpha_k$ يقوم بتعظيم قيمة $\lambda$ (Raykov and Marcoulides, 2008).

**(2-2) تقدير معلمات الدالة التمييزية Parameter Estimation of Discriminate Function :**

لتقدير معلمات الدالة التمييزية في حالة وجود مجموعتين نتبع الخطوات الآتية:

1. إيجاد متوسط كل متغير في كل مجموعة، ثم إيجاد المسافة بين المتغيرين $d_i$ من خلال إيجاد الفرق بين متوسطي كل متغير في المجموعتين كالأتي:

$$d_i = \overline{x}_{i(1)} - \overline{x}_{i(2)} \quad , \quad i=1,2,\ldots,k \qquad \ldots (2)$$

2. إيجاد مصفوفتي التباين والتباين المشترك للمجموعتين:

$$(n_j - 1)\underline{S}_{(j)} = \sum_{i=1}^{n_j}[X_{i(j)} - \underline{\overline{X}}_{(j)}]'[X_{i(j)} - \underline{\overline{X}}_{(j)}] \quad , \quad j= 1,2 \quad \text{(عدد المجاميع)}$$

3. إيجاد مصفوفة التباين والتباين المشترك ($S_P^2$) داخل المجموعتين كالأتي:

$$S_P^2 = \frac{[(n_1 - 1)\underline{S}_{(1)} + (n_2 - 1)\underline{S}_{(2)}]}{n_1 + n_2 - 2} \qquad \ldots (3)$$

4. وعليه يمكن حساب قيم معلمات الدالة التمييزية الخطية $\alpha$ اعتماداً على الصيغة الآتية:

$$\alpha = \underline{S}^{-1}\ (\underline{\overline{X}}_1 - \underline{\overline{X}}_2) \qquad \ldots (4)$$

5. كما يمكن ترتيب كل متغير حسب أهميته عن طريق تطبيق الصيغة الآتية:

$$\alpha_j^* = \alpha_j \sqrt{V_{jj}} \qquad \ldots (5)$$

إذ أن $V_{jj}$ : تمثل التباين ونستخرجه من عناصر قطر مصفوفة التباين والتباين المشترك $S_P^2$().

**(3-2) نقطة الفصل Cutoff Point:**

وهي النقطة الفاصلة بين المجموعتين، وتستخدم لغرض تصنيف مفردة معينة إلى المجموعة الأقرب لها. ونقطة الفصل تمثل الحد الفاصل الذي يفصل بين المجموعتين، فإذا كانت قيمة الدالة بعد تعويض قيم المفردة فيها اكبر من هذه النقطة فالمفردة تعود الى المجموعة الأولى، أما إذا كانت قيمة الدالة اكبر من هذه النقطة فالمفردة تعود الى لمجموعة الثانية.

فعندما تكون قيمة الدالة التمييزية للمجموعة الأولى $L_1$ أكبر من قيمة الدالة التمييزية للمجموعة الثانية $L_2$ فان الفرد يعود الى المجموعة الأولى، إذا كانت:

$$L \rangle \tfrac{1}{2}(L_1 + L_2)$$

ويعود الفرد الى المجموعة الثانية، إذا كانت:

$$L \langle \tfrac{1}{2}(L_1 + L_2)$$

فإذا فرضنا أن:

$$\alpha_0 = -\tfrac{1}{2}(L_1 + L_2) \quad \dots (6)$$

وللحصول على دالة التصنيف $L^*$ ، فانه يمكن دمج نقطة الفصل $\alpha_0$ مع الدالة التمييزية $L$ كما يأتي: [Anderson, 1984]

$$L^* = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \alpha_3 x_3 + \dots + \alpha_k x_k \quad \dots (7)$$

وعليه وبالاعتماد على الدالة التصنيفية $L^*$ يتم تصنيف المفردة إلى المجموعات حسب العلاقات الآتية:

$$L^* \begin{cases} > 0 & \text{يتم تصنيف المفردة الى المجموعة الأولى} \\ < 0 & \text{يتم تصنيف المفردة الى المجموعة الثانية} \\ = 0 & \text{لا يمكن اجراء التصنيف} \end{cases}$$

**(4-2) اختبار الفرق بين متوسطي المجموعتين:[ الراوي،1979]**

لاختبار هل أن الفرق بين متوسطي المجموعتين معنوي أم لا, نستخدم المختبر الإحصائي ***t*** للمقارنة بين الأوساط الحسابية وذلك لبيان أهمية دالة التصنيف في تصنيف المجاميع، ويمكن حساب المختبر الإحصائي ***t*** حسب الصيغة الآتية:

$$t = \frac{\overline{X}_{(1)} - \overline{X}_{(2)}}{\sqrt{S_P{}^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad \dots (8)$$

علماً أن$S_p^2$() تمثل مصفوفة التباين والتباين المشترك للمجموعتين، $\overline{X}_{(i)}$ تمثل الوسط الحسابي للمجموعة ()

**(5-2) الدالة التمييزية لمياه الآبار:**

تم اختيار أول ست مناطق من كل صنف لتقدير معلمات الدالة التمييزية وتحديد نقطة الفصل بين صنفي مياه الآبار، أما بقية المناطق فقد تم استخدامها لإجراء التصنيف عليها ولاختبار مدى دقة الدالة التمييزية في التصنيف.

**الجدول (1): تصنيف المناطق قيد الدراسة حسب نوعية المياه [سليمان وصالح، 2011]**

| | آبار صالحة للشرب *x* | آبار غير صالحة للشرب *y* |
|---|---|---|
| **1.** | شرق ربيعة | أم الكهف |
| **2.** | قرية خرمل | العياضية |
| **3.** | زمار | بعاج خويتلة |
| **4.** | الشاقولي | بعويزة |
| **5.** | مخمور | برطلة |
| **6.** | فايدة | مفرق حمام العليل |
| **7.** | قرية عوينات | وادي عكاب موصل |
| **8.** | ربيعة قرية السعدة | الشلالات |
| **9.** | الخازر | حقل دواجن برطلة |
| **10.** | كوكجلي | النمرود |
| **11.** | القوش | |

والمصفوفتان التاليتان تمثل أعمدتها تراكيز المؤشرات النوعية (العسر الكلية *T.H* ، المواد الصلبة الكلية *T.S* ، الكبريتات $SO_4$) على التوالي لكل صنف وللمناطق قيد الدراسة:

$$x = \begin{bmatrix} 184 & 1129 & 190 \\ 600 & 1834 & 500 \\ 500 & 873 & 212 \\ 561.5 & 1293 & 446 \\ 480 & 830 & 375 \\ 270 & 396 & 17 \end{bmatrix} \qquad y = \begin{bmatrix} 1766 & 10164 & 476.6 \\ 1350 & 4469 & 2150 \\ 2350 & 4524 & 225 \\ 2840 & 5708 & 330 \\ 1460 & 3131 & 1700 \\ 2440 & 3082 & 1850 \end{bmatrix}$$

والمتجه التالي يمثل المسافات بين التغيرات:

$$\underline{d} = \begin{bmatrix} 1601.8 \\ 4120.5 \\ 831.93 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{العسرة الكلية} \\ \text{المواد الصلبة الكلية} \\ \text{الكبريتات} \end{bmatrix}$$

أما مصفوفة التباين والتباين المشترك داخل المجموعتين فهي:

$$S_p^2 = \begin{bmatrix} 192300 & -8000 & -136500 \\ -8000 & 3584200 & -612100 \\ -136500 & -612100 & 393600 \end{bmatrix}$$

وقيم معلمات الدالة التمييزية الخطية ($\alpha$) هي:

$$\propto = \begin{bmatrix} 0.018518 \\ 0.0036064 \\ 0.014145 \end{bmatrix}$$

ويمكن ترتيب المتغيرات حسب الأهمية وذلك من خلال قيمة ($\alpha^*$) :

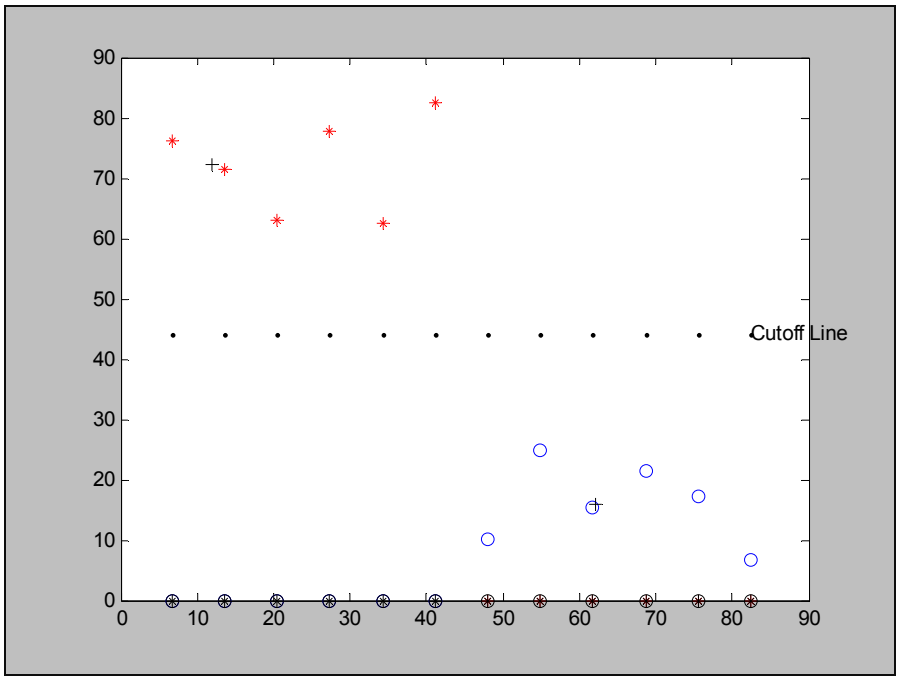
$$\propto^* = \begin{bmatrix} 8.1206 \\ 6.8277 \\ 8.8737 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{العسرة الكلية} \\ \text{المواد الصلبة الكلية} \\ \text{الكبريتات} \end{bmatrix}$$

إذ لوحظ أن أكثر المؤشرات أهمية في تحديد نوعية المياه الجوفية في الآبار هي الكبريتات ثم العسرة الكلية ثم المواد الصلبة الكلية، وهذه النتيجة مطابقة لقياسات وفحوصات منظمات الصحة العالمية [*WHO*,1985].

وقد اظهر اختبار (***t*** = 12.9948) أن هنالك اختلافاً معنوياً بين الأوساط الحسابية مما يدل على أهمية الدالة التمييزية في تصنيف المجاميع. كما تم تحديد نقطة الفصل Cutoff Point كما يأتي:

$\alpha_0$ = 44.0765

والشكل االآتي يبن نقطة الفصل التي تفصل بين الآبار قيد الدراسة حسب نوعية المياه الجوفية:




**الشكل (1): توزيع الآبار قيد الدراسة حسب نوعيتها**

### (6-2) تصنيف الآبار باستخدام الدالة التمييزية:

باستخدام الدالة التمييزية تم تصنيف تسعة آبار مختلفة وذلك من خلال دمج نقطة الفصل $\alpha_0$ مع الدالة التمييزية $L$ للحصول على دالة التصنيف $L^*$ ، وكانت النتائج كالآتي:

$$L^* = \begin{bmatrix} -23.5847 \\ -31.4246 \\ 35.0080 \\ -30.4466 \\ 3.6820 \\ 45.4294 \\ -6.2742 \\ 73.6804 \\ -36.1831 \end{bmatrix}$$

والجدول الآتي يبن التصنيف باستخدام الدالة التمييزية مقارنة مع التصنيف الحقيقي للبيانات:

**الجدول (2): تصنيف الآبار باستخدام الدالة التمييزية مقارنة مع التصنيف الحقيقي .**

| المنطقة | التصنيف باستخدام الدالة التمييزية | التصنيف الحقيقي للآبار |
|---|---|---|
| قرية عوينات | يصلح | يصلح |
| ربيعة قرية السعدة | يصلح | يصلح |
| وادي عكاب موصل | لا يصلح | لا يصلح |
| الخازر | يصلح | يصلح |
| الشلالات | لا يصلح | لا يصلح |
| حقل دواجن برطلة | لا يصلح | لا يصلح |
| كوكجلي | يصلح | يصلح |
| النمرود | لا يصلح | لا يصلح |
| القوش | يصلح | يصلح |

والجدول أعلاه يبين دقة نتائج الدالة التمييزية في عملية تصنيف الآبار مقارنة مع التصنيف الحقيقي لها.

**(3) المجموعات البينة والمجموعات المضببة Crisp Sets and Fuzzy Sets :**

المجموعة البينة هي مجموعة يكون الانتماء فيها إما بنعم أو لا ، يكون خطأ أو صوابا, أي ليس هناك عضوية جزئية في المجموعة الحدية، ويمكن تمثيلها بالشكل الآتي:- [Sivanandam, et al., 2007]

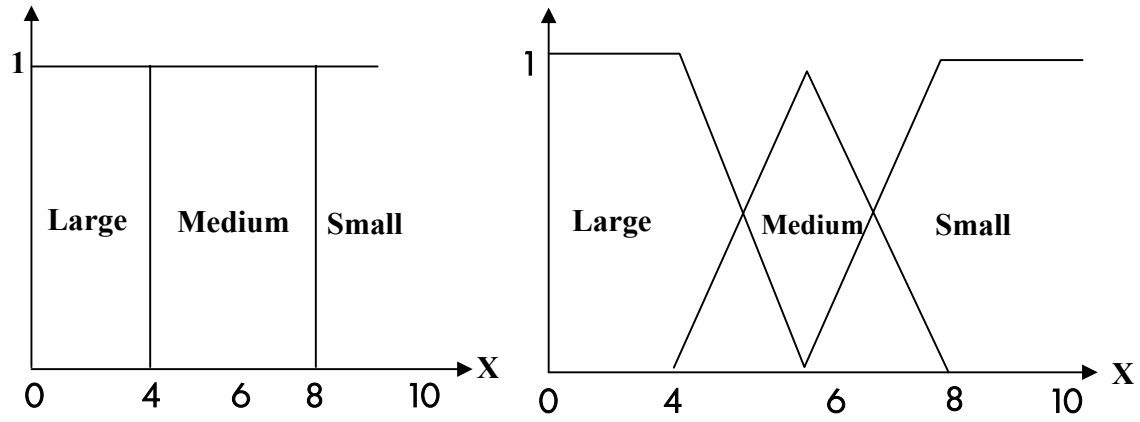
$$\mu_A(x): \xrightarrow{yields} \{0\ ,1\}$$

إذ أن :

$\mu_A(x)$ : تمثل درجة انتماء العنصر $x$ في المجموعة $A$.

أي أن القيمة (0) تمثل عدم عضوية العنصر للمجموعة $A$ في حين أن القيمة (1) تمثل العضوية الكاملة.

أما المجموعات المضببة فتعد تعميما للمجموعات البينة عن طريق إعطاء درجة عضوية لكل عنصر في المجموعة ، وبهذا يمكن للعناصر فيها أن تكون منتمية انتماء جزئيا ، وان درجة انتمائها يطلق عليها درجة العضوية (Membership Degree)، والتي يمكن أن تكون أعدادا حقيقية تقع ضمن الفترة المغلقة [1,0] فإذا كانت درجة العضوية صفراً فان العنصر لا ينتمي الى المجموعة ، أما إذا كانت درجة العضوية واحداً فهذا يعني أن العنصر ينتمي الى المجموعة ويكون انتماؤه كاملا .




**الشكل (2): يوضح الفرق بين المجموعة البينة والمجموعة المضببة.**

**(4) دوال العضوية Membership Functions: [** Math works Inc., 2001**]**

هناك العديد من دوال العضوية المستخدمة في النموذج المضبب نذكر منها على سبيل المثال الدوال الآتية :

**1- دالة العضوية ذات الشكل المثلثي (Triangular-Shape):**

يمكن التعبير عن هذه الدالة رياضياً من خلال المعادلة الآتية :

$$\mu A(x)=\begin{cases} 1-\dfrac{|x-a|}{c}; & a-c\le x\le a+c \\ 0 \quad ; & \text{otherwise} \end{cases} \qquad \dots (9)$$

**2- دالة العضوية ذات الشكل شبه المنحرف (Trapezoidal-Shape):**

يمكن التعبير عن هذه الدالة رياضياً من خلال المعادلة الآتية :

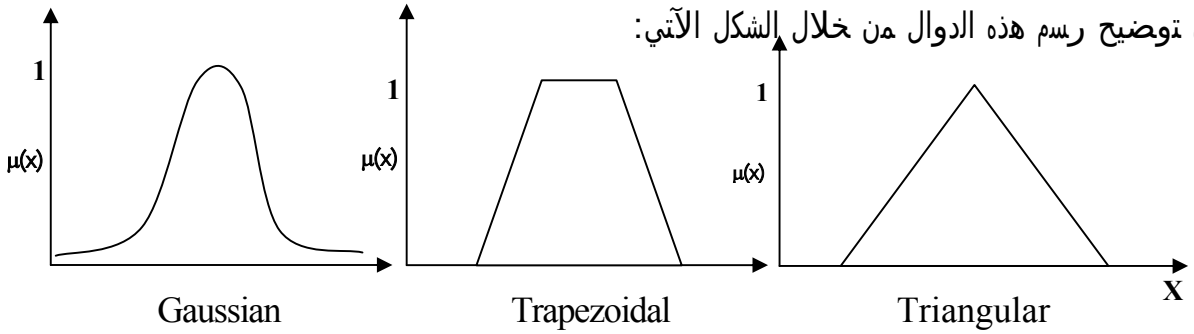
$$\mu A(x)=\begin{cases}\dfrac{(a-x)}{(a-b)} & ; \quad a \le x \le b \\ 1 & ; \quad b \le x \le c \\ \dfrac{(d-x)}{(d-c)} & ; \quad c \le x \le d \\ 0 & ; \quad \text{otherwise}\end{cases} \qquad \dots (10)$$

**3- دالة العضوية ذات الشكل الجرسي (Bell-Shape) :**

تسمى هذه الدالة أيضا بدالة كاوس ( Gaussian Function ) ويكون الشكل العام لها كما يأتي:

$$\mu_{A(x)} = e^{-\frac{(\chi - a)^2}{2b^2}} \qquad \dots (11)$$

ويمكن توضيح رسم هذه الدوال من خلال الشكل الآتي:




**الشكل (3): يوضح مجموعة من دوال العضوية المستخدمة في النموذج المضبب.**

**(5) النموذج المضبب Fuzzy Model :**[Xuzhu, et al., 2009]

هو نموذج رياضي يتم بناؤه اعتمادا على مفاهيم مأخوذة من نظرية المجموعات المضببة (Fuzzy Sets Theory)، إذ يوصف النظام من خلال العلاقات القائمة بين الإدخالات (Inputs) والاخراجات (Outputs) على شكل قواعد معينة.

ويتألف النموذج المضبب من مجموعة قواعد (Rules) يتم من خلالها توصيف النظام, وعادة يكون النموذج المضبب مرناً (Flexible) وذا تركيب رياضي واضح يصف العلاقات المترابطة بين المدخلات والمخرجات من اجل المعالجة.

**(5-1) مراحل بناء النموذج المضبب :**

النموذج المضبب نظام خبير (Expert System) يبين العلاقة بين الإدخالات والاخراجات من خلال مجموعة من القواعد، ويمر بناء النموذج بثلاث مراحل أساسية يمكن توضيحها من خلال المراحل الآتية :

1- مرحلة التضبيب (Fuzzification).

2- مرحلة تقييم القواعد (Rules Evaluation).

3- مرحلة إزالة الضبابية (Defuzzification).

**1- مرحلة التضبيب:**

يعد التضبيب أول مرحلة من المراحل لبناء النموذج المضبب الذي يقوم بتحويل الإدخالات الحدية إلى إدخالات مضببة من خلال استخدام دوال عضوية للادخالات الحدية التي تأخذ أشكالاً مختلفة وتكون درجة عضويتها محصورة بين الصفر والواحد.

**2- مرحلة تقييم القواعد**:

تتضمن هذه المرحلة تحويل الإدخالات المضببة إلى اخراجات مضببة من خلال الاستعانة بالقواعد الشرطية. ويتم ذلك بتكوين قواعد أحكام (Greate Rules Base) تستخدم فيها قواعد لغوية وتحديد قيم الصحة للمقدمة المنطقية (Antecedent) وتحديد الاخراجات المضببة للنتيجة المنطقية (Consequent).

**3- مرحلة إزالة الضبابية:**

وهي المرحلة الأخيرة من مراحل بناء النموذج المضبب التي تعمل على تحويل الاخراجات المضببة إلى اخراجات حدية ذات قيم عددية حقيقية، يتم ذلك من خلال طريقة مركز الثقل أو الطرائق الأخرى الخاصة بإزالة الضبابية.

**(5-2) الاستدلال المضبب (Fuzzy Inference ) :**

يتألف نظام الاستدلال المضبب من جمل المقدمة المنطقية والتي تكون مشابهة للقواعد المستخدمة في الأنظمة الخبيرة التقليدية ومن مجموعات مضببة ومتغيرات وحواجز لغوية فضلا عن آليات التحكم والسيطرة المتمثلة بآلية التضمين وآلية إزالة الضبابية التي تربط جميع الأجزاء لتكوين نظام استدلال مترابط.

**(5-3) أنظمة الاستدلال المضبب (Fuzzy Inference Systems) :**

هناك نوعان من أنظمة الاستدلال المضبب يمكن تنفيذها في المنطق المضبب :

1- Mamdani Type

2- Sugeno Type

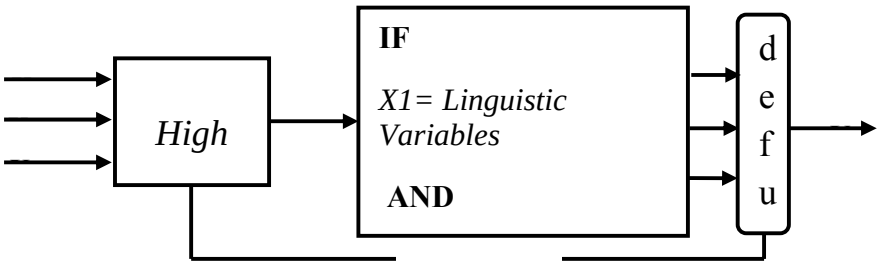
يختلف هذان النوعان في طريقة تمثيل الإخراج بشكل مجاميع مضببة وقيم ثابتة على التوالي، وقد حققت أنظمة الاستدلال المضبب نجاحات كبيرة إذ طبقت في حقول ومجالات مختلفة كنظم السيطرة وتحليل القرارات والأنظمة الخبيرة وتصنيف البيانات، وارتبط اسمها بأسماء عدد من الأنظمة كأنظمة القواعد المضببة والأنظمة الخبيرة المضببة والنمذجة المضببة ومسيطرات المنطق المضبب والذاكرة المضببة.

إن أهم ما يميز نظم الاستدلال من نوع (Mamdani) هو كونها حدسية ولها قبول واسع الانتشار وملائمة للادخالات البشرية, أما نظم الاستدلال من نوع (Sugeno) فهي مناسبة جداً للتحليلات الرياضية مع ضمان استمرارية الاخراجات فضلاً عن كفاءتها في العمليات الحسابية خصوصاً مع التقانات الخطية وملاءمتها في حسابات الأمثلية.

**(6) تصميم نموذج السيطرة المضببة لمياه الآبار:**

إن تصميم نموذج السيطرة وفق منطق التحكم الضبابي لا يحتاج الى نموذج عددي معقد او تحليلي تفصيلي للنظام وإنما يكفي أن يمتلك المصمم بعض البديهيات والمعلومات الأولية حول كيفية التحكم بالنظام، ويتم الحصول على هذه المعلومات من خلال الإجراءات التي تم ذكرها في مراحل بناء النموذج التي ذكرت في الفقرات السابقة.

إن المتحولات اللغوية (Linguistic Variables) التي تعرف كلاً من العسرة الكلية والمواد الصلبة الكلية والكبريتات هي متحولات ضبابية, ولكن القيم المقاسة وسرعة تغيرها فضلا عن فعل التحكم النهائي المطبق على النظام فهي قيم محدودة ودقيقة. ويبين المخطط الآتي الشكل التوضيحي لهذه الفكرة :




**الشكل (4): يمثل الشكل العام لمنظومة التحكم وفقا لمنطق السيطرة المضببة.**

إذ أن (العسرة الكلية =X1) و (المواد الصلبة الكلية =X2) و (الكبريتات=X3), كما أن المتغيرات اللغوية (Linguistic Variables) قد تكون (High) أو (Medium) أو (Low) ومثال على ذلك :

**IF** *X1=Low* **AND** *X2=Low* **AND** *X3=medium* **THEN** *Y=Accept*
**IF** *X1=High* **AND** *X2=medium* **AND** *X3=High* **THEN** *Y=NonAccept*

وقد اعتمد على نقطة الفصل Cutoff Point التي تم تقديرها في الدالة التمييزية (44.0765) كنقطة فصل لتحديد صلاحية المياه الجوفية بالاعتماد على نتائج منظومة السيطرة المضببة. والجدول الآتي يبين تصنيف بعض آبار المياه في محافظة نينوى باستخدام طريقة السيطرة المضببة مقارنة مع التصنيف الحقيقي للآبار.

**الجدول (3): يبين تصنيف بعض آبار المياه في محافظة نينوى باستخدام السيطرة المضببة.**

| التصنيف الحقيقي للآبار | تصنيف الآبار باستخدام السيطرة الضبابية | نتائج منظومة السيطرة الضبابية | الكبريتات | المواد الصلبة الكلية | العسرة الكلية | نوع التركيز / المنطقة |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $SO_4$ | $T.S$ | $T.H$ | |
| يصلح | يصلح | 0.1273 | 190 | 1129 | 184 | شرق ربيعة |
| لايصلح | لايصلح | 0.4841 | 476.6 | 10164 | 1766 | أم الكهف |
| يصلح | يصلح | 0.2409 | 500 | 1834 | 600 | قرية خرمل |
| يصلح | يصلح | 0.1728 | 560 | 1555 | 376 | قرية عوينات |
| لايصلح | لايصلح | 0.4841 | 2150 | 4469 | 1350 | العياضية |
| لايصلح | لايصلح | 0.6355 | 2520 | 4524 | 2350 | بعاج خوينلة |
| يصلح | يصلح | 0.1280 | 210 | 682 | 390 | ربيعة قرية السعدة |
| لايصلح | لايصلح | 0.5101 | 2138 | 3274 | 2000 | وادي عكاب موصل |
| يصلح | يصلح | 0.1326 | 212 | 873 | 500 | زمار |
| يصلح | يصلح | 0.1317 | 141 | 754 | 481.5 | الخازر |
| يصلح | يصلح | 0.1358 | 446 | 1293 | 561.5 | الشافولي |
| لايصلح | لايصلح | 0.4842 | 750 | 2024 | 1612 | الشلالات |
| لايصلح | لايصلح | 0.8552** | 3300 | 5708 | 2840 | بعويزة |
| لايصلح | لايصلح | 0.4841 | 1700 | 3131 | 1460 | برطلة |
| لايصلح | لايصلح | 0.5007 | 2037 | 4583 | 2385 | حقل دواجن برطلة |
| يصلح | يصلح | 0.1316 | 375 | 830 | 480 | مخمور |
| يصلح | يصلح | 0.4333 | 692 | 1863 | 1150 | كوكجلي |
| لايصلح | لايصلح | 0.6140 | 2589 | 10996 | 2240 | النمرود |
| لايصلح | لايصلح | 0.4841 | 1850 | 3082 | 2440 | مفرق حمام العليل |
| يصلح | يصلح | 0.1254 | 36 | 579 | 286 | الفوش |
| يصلح | يصلح | 0.1251* | 17 | 396 | 270 | فايدة |

## (7) مناقشة النتائج:

1. إن تطبيق الطريقتين المقترحتين (الدالة التمييزية والسيطرة المضببة) على نوعية المياه الجوفية في محافظة نينوى أعطى نتائج دقيقة ومطابقة مع التصنيف الحقيقي للآبار، بحيث أصبح من السهل تمييز العينات المأخوذة من أي بئر في المحافظة لمعرفة نوعية مياهه الجوفية.

2. إن ما يميز طريقة السيطرة المضببة عن بقية طرائق التصنيف هو عدم اعتماداً مباشراً على حجم البيانات، وإنما تعتمد على صفات تلك البيانات ونوعيتها من خلال تحديد المتغيرات اللغوية (مثل تركيز المؤشرات النوعية للمياه)، فضلاً عن خبرة الخبير.
3. من خلال التطبيق ظهر أن طريقة السيطرة المضببة لا تحتاج إلى عمليات حسابية كبيرة ومعقدة في عملية التصنيف كما في الدالة التمييزية.
4. من الجدول (3) وباستخدام نتائج السيطرة المضببة يمكن تحديد نسبة صلاحية المياه الجوفية في الآبار من خلال ترتيب القيم تصاعدياً، بحيث ظهر أن أكثر المياه صلاحية (*) هي في منطقة ( فايدة) ، واقلها صلاحية (**) هي في منطقة (بعويزة).

**المصادر:**


1. حمودات، آلاء عبد الستار(2005)، "الدالة التمييزية وطرق تحديد متغيراتها". رسالة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل.
2. الراوي، خاشع محمود(1979)، " المدخل إلى الإحصاء ". مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، العراق.
3. الراوي، عمر فوزي(2004)، " استخدام الدالة التمييزية في السيطرة النوعية مع تطبيق على ولادات الأطفال الخدج ". رسالة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل.
4. سليمان، مثنى صبحي وصالح، رياض محمود (2011)، "توظيف التحليل العنقودي وطريقة الجار الأقرب في التعرف على الأنماط مع تطبيق على نوعية المياه الجوفية في محافظة نينوى"، بحث مقبول للنشر في المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، العراق.
5. Anderson .T.W (1984)," **An Interdiction to Multivariate Statistical Analysis**" Second Edition, JOHN WLLEY & Sons, New York.
6. Math works Inc., (2001), **"Fuzzy Logic Toolbox"**, For MATLAB Release 12, Electronic Online Reference.
7. Raykov, T. and Marcoulides, G. A. (2008)," **An Introduction to Applied Multivariate Analysis**". Taylor & Francis Group, LLC, New York.
8. Sivanandam, S. N., Sumathi, S. and Deepa , S. N. , (2007), **"Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB"**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.
9. WHO (1985), "***Guidelines for drinking water quality*** " Vol. 3,Geneva**.**
10. Xuzhu W., Da R. and Etienne E. K., (2009),**" Mathematics of Fuzziness– Basic Issues"**, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.