

دراسة طرق التعقد الضبابية للتكهن بالمتسلسلات الزمنية المضطربة مع تطبيق

أزهر عباس محمد ، محمد طه احمد الغنام ، اياد حمد خلف الهبي

قسم الرياضيات ، كلية التربية للعلوم الصرفة ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

الملخص

تم في هذا البحث دراسة طرق التعقد الضبابية للتكهن بالمتسلسلات الزمنية المضطربة وبشكل خاص دراسة أهم الطرق السابقة كطريقة Chen واستخدام طريقة FCM لتكوين العناقيد المضطربة . تم اقتراح طريقة جديدة للتكهن وذلك بإعادة تشكيل زمر العلاقات المضطربة وطبقت هذه الطريقة المقترحة وقورنت نتائجها مع نتائج الطرق السابقة وللمرتبتين الأولى والثانية للعلاقات المضطربة وبعدد من العناقيد يتراوح بين 5 و 11 عنقود وكانت قيم التكهنات أفضل من قيم التكهنات للطرق السابقة حيث تم الحصول على متوسط مربع أخطاء m.s.e اقل من الطرق السابقة .

الكلمات المفتاحية : التعقد المضطربة ، المتسلسلات الزمنية المضطربة ، التكهن ، العلاقات المضطربة ، طريقة Chen للتكهن بالمتسلسلات الزمنية المضطربة و طريقة Fuzzy c-means (FCM) .

المقدمة Introduction

دالة العضوية (membership function) التي تتراوح فيما بين الصفر والواحد بحيث ان قيمة دالة العضوية لأي نمط تشير الى اعلى وثوقية لانتماء هذا النمط الى عنقود معين . ان مخرجات خوارزميات التعقد المضطربة تسمى بالتجزئة المضطربة (Fuzzy Partition) وتحلل هذه الخوارزميات والطرق مساحة واسعة في البحوث والدراسات وفي جميع المجالات واشهر تقنيات التعقد المضطربة هي خوارزمية او طريقة الوسط c _ المضطرب (Fuzzy c_mean) واختصاراً FCM والمقترحة من قبل العالم Besdek قبل اكثر من 25 سنة مضت [3] .

اما المتسلسلات الزمنية المضطربة (Fuzzy time serier) فقد اقترحت عام 1993 من قبل العالمان Song و Chissom وقد وضعنا تعريفان لنماذج المتسلسلة الزمنية المضطربة اللامتغيرة الزمن (time-invariant) والمتغيرة الزمن (time-variant) والتي تستخدم في التكهن وتتلخص طرق التكهن باستخدام المتسلسلات الزمنية المضطربة بخطوات محددة تتمثل بتحويل البيانات التي تمثل متسلسلة زمنية الى مجموعات مضطربة ثم إيجاد العلاقات المضطربة (Fuzzy relationship) بينها والتي يتم تعريف المتسلسلة الزمنية بدلالة العلاقات والخطوة الأخيرة تتضمن رفع الضبابية (انقشاع الضبابية) (defuzzification) لنتائج التكهن [4] .

ان اغلب الدراسات والبحوث في مجال المتسلسلات الزمنية المضطربة تهتم بطرق تكوين المجموعة المضطربة والعلاقات المضطربة فهناك متسلسلات زمنية مضطربة من المرتبة الاولى ومن مراتب أعلى بالاعتماد على العلاقات المنطقية بين المجموعات المضطربة واتجاهات البحوث في هذا المجال تتضمن طرق تكوين المجموعات المضطربة ومن أشهرها طريقة (FCM) وتنقسم اتجاهات البحوث الى عدة اتجاهات من حيث تأثير كل من عدد المجموعات المضطربة ، رتبة المتسلسلة الزمنية المضطربة ، طرق انقشاع الضبابية على دقة نتائج التكهن .

ان مفهوم المجموعة المضطربة والمنطق المضطرب والتي طرحت من قبل العالم الاندريجاني الاصل لطفي أ. زادة عام 1965 قد طبقت في ما بعد بشكل واسع ومتنوع على الانظمة المختلفة وخصوصا المعقدة منها حيث ان زيادة التعقيد في الانظمة تزيد من اللامؤكدية (Uncertainty) وبالتالي تؤدي الى نقص في المعلومات ولقد برز اصطلاح اللامؤكدية لكي يعزز موقف نظرية الاحتمال . ان نظرية الاحتمال ونظرية المجموعات المضطربة تميز نوعين من اللامؤكدية والتي تأتي عموماً نتيجة سببين اثنين ، اولهما طريقة القياس للوصول الى معرفة جديدة ، وثانيهما اللغة الطبيعية للتواصل مع الآخرين من اجل التعامل مع مشاكل اللامؤكدية ويمكن تطبيق نظرية الاحتمال بنجاح على مساحات واسعة من العلوم لانها تهتم بمعالجة حصول حوادث عشوائية بالمستقبل استناداً الى معلومات متوفرة حالياً . ويرغم نجاح نظرية الاحتمال فانها تبقى غير قادرة على اظهار اللامؤكدية بدقة عالية كما انها غير قادرة ايضاً على اظهار اللامؤكدية في النتائج ايضاً .

ان غموض المصطلحات اللغوية المعبرة عن الصفات الطبيعية مثل صفة الطول ودرجة الحرارة ... الخ قد ساهمت في ظهور وتطور مفهوم المجموعة الضبابية [1] ، [2] .

يعتبر التحليل العنقودي احد الطرق المستخدمة احصائياً لتصنيف البيانات اولياً الى مجموعة من العقد (العناقيد) كل عنقود يحوي على مجموعة من البيانات التي توجد بينها صفات بنوية مشتركة وهذا من تفضله اغلب طرق تمييز الانماط (pattern Recognition) لأن البيانات سوف تتوزع على عدد من العناقيد بحيث ان كل عنقود يحوي عناصر تتصف بصفات متماثلة فيما بينها مما يتطلب ان يكون هناك عناقيد منفصلة عن بعضها بحيث ان كل نمط ينتمي الى عنقود واحد فقط واحد في حالة كون العناقيد تمثل مجموعات اعتيادية . اما في حالة كون العناقيد قد تمثل مجموعات مضطربة فان التعقد المضطرب (Fuzzy Clustering) يجعل مفهوم التجزئة أوسع وبشكل يسمح لأي نمط بأن يكون له علاقة انتماء لأي عنقود من العناقيد باستخدام

(المصطلحات) التي تحوي على مجموعة القيم المقبولة وتكون عناصرها بالشكل

(قيمة / مفهوم) . وكل (قيمة / مفهوم) في مجموعة التعبير يعبر عنها بعدد مضرب والمعبر على الفترة الشاملة أو جزء منها يسمى بالمتغير الأساسي (base Variable) ويشكل مختصر هذه العلاقة يعبر عنها بالشكل

متغير منطقي ← متغير مضرب ← متغير أساسي .

1.4- التضييب Fuzzification

وهي عملية تحويل القيم الهشة الجازمة الى قيم مضببة وذلك باستخدام دوال العضوية للقيم الهشة التي تأخذ أشكالاً مختلفة منها المثلثية ، وشبه المنحرف ، والطبيعية ، ... الخ والتي تكون قيم عضويتها محصورة بين الصفر والواحد . وهناك طرق مختلفة لاجراء هذه العملية يمكن ان تُنفَّذ ، مثل الحدس ، الخوارزميات الوراثية او الشبكات العصبية .

1.5- انقشاع الضبابية (رفع الضبابية) : Defuzzification

وهي عملية تحويل المخرجات المضببة الى مخرجات هشة والتي تأخذ قيماً عددية حقيقية ويتم هذا بعدة طرق برفع الضبابية ومنها :

أ- قاعدة أعلى قيمة درجة عضوية Max-membership principle

في هذه القاعدة تكون قيمة Z بعد رفع الضبابية عنها مساوية لقيمة x مع أعلى درجة عضوية والمعبر عنها بالصيغة :

$$\mu_A(x_*) \geq \mu_A(x) \text{ for all } x \in A \dots (7)$$

حيث x_* هو القيمة التي لها أعلى درجة عضوية في المجموعة المضببة A وإذا اخذنا المثال الاتي للمجموعة

$$A = 0.3/10 + 0.45/12 + 0.6/15 + 0.9/17$$

$$Z = \max(A) = 17 \text{ فإن}$$

ب- طريقة التمرکز Centroid Method

هذه الطريقة تستخدم على نحو واسع . وتسمى أيضاً طريقة مركز الجاذبية أو طريقة مركز المنطقة وتعرف في حال دالة العضوية μ_A متقطعة ومعرفة على المجموعة الشاملة بالصيغة التالية :

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n \mu_A(x_i)} \dots (8)$$

ج- طريقة المعدل المرجح Weighted average method

هذه الطريقة قابلة للتطبيق فقط لدوال العضوية المتماثلة ، وهي تحمل بعض التشابه لطريقة centroid ما عدا انها تأخذ الدرجات القصوى لدوال العضوية فقط وتكون صيغتها بالشكل :

$$Z = \frac{\sum \max(\mu_A(x)) \cdot x}{\sum \max(\mu_A(x))} \dots (9)$$

1.6- بعض التعاريف المتعلقة بالمتسلسلات الزمنية المضببة some definition related to Fuzzy time series .

المتسلسلات الزمنية المضببة تم تعريفها أولاً من قبل العالمان Song و Chissom في العام 1993 ويمكن وصف مفهوم المتسلسلة الزمنية المضببة بالعبارات الآتية :

نفرض ان U حشد من الاشياء يمثل الفضاء الشامل المنته حيث

$$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$$

المفاهيم الاساسية Preliminaries

1 - المجموعة الاعتيادية (الجازمة) والمجموعات المضببة

وخصائصها [5] Fuzzy sets and their Properties Crisp set &

1.1- المجموعة الاعتيادية (الجازمة) Crisp Set

تعرف المجموعة الاعتيادية او الهشة (crisp set) بانها حشد من العناصر أو الأشياء $x \in U$ أي ان العنصر x ينتمي او لا ينتمي الى المجموعة A و $U \supseteq A$ حيث U المجموعة الشاملة وعندما يقال بأن $x \in A$ فإن هذه العبارة اما صادقة او كاذبة وان جميع عناصر المجموعة الشاملة U ممكن ان تحدد لتكون اما اعضاء او ليست اعضاء في المجموعة A والتي يمكن ان نعرفها بدالة مميزة (characteristic function) ويرمز لهذه الدالة للمجموعة A بالرمز $\mu_A(x)$ لكل $x \in U$ وتكون صيغتها بالشكل التالي :

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 & \leftrightarrow x \in A \\ 0 & \leftrightarrow x \notin A \end{cases} \dots (1)$$

$$[6] \cdot \mu_A: U \rightarrow \{0,1\}$$

او بالشكل وللتغلب على قصور نظرية المجموعات التقليدية (الكلاسيكية) في حديثها عرفت فكرة المجموعات المضببة كتوسيع للمجموعات التقليدية حيث ان لها حدوداً غير دقيقة (غير حادة) .

1.2- المجموعة المضببة Fuzzy set [7]

لتكن المجموعة A ضمن المجموعة الشاملة U تمثل مجمل عناصر المجموعة الشاملة U ، اذا ان كل عنصر في U يمكن ان يكون عنصر في A ولكن درجة عضويته تحدد بقيمة حقيقية ضمن الفترة $[0,1]$ وأن دالة العضوية (membership function) للمجموعة A تعرف كما يلي :

$$\mu_A: U \rightarrow [0,1]$$

يوجد عدد غير محدود من دوال العضوية اشهرها الدالة المثلثية وشبه المنحرف والدالة ذات الشكل الجرسى (الكوسية) ويمكن من خلال هذا التعبير الحصول على معلومات كاملة عن درجة عضوية اي عنصر في A ضمن المجموعة الشاملة U اذا ان $\mu_A(x)$ تمثل درجة العضوية للعنصر x ضمن المجموعة A ويعبر عن المجموعة المضببة A من خلال أزواج مرتبة لكل عنصر ودالة عضويته وكما يلي:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in U\} \dots (2)$$

وهناك تعبيرات اخرى للمجموعة المضببة A ، فاذا كانت المجموعة الشاملة U متقطعة فإن المجموعة المضببة تكتب بالشكل:

$$A = \sum_U \frac{\mu_A(x)}{x}, \quad \forall x \in U \dots (3)$$

1.3- المتغيرات اللغوية : Linguistic Variables [10]

تستخدم الأعداد المضببة كثيراً لتمثيل المتغيرات الكمية ، وتدعى هذه الأعداد باسم المتغيرات اللغوية . تعتبر المتغيرات اللغوية تعبير لكلمات او جمل بشكل قيم عددية وبصيغة تقابل حالة المتغير الجبري عندما يأخذ قيمة عددية . كل القيم المأخوذة من مجموعة التعابير

العلاقة R مفضلة لنموذج المسلسلة الزمنية من المرتبة الاولى . اذا كانت $R(t-1, t)$ مستقلة بالنسبة للزمن t إذا كانت $R(t_2, t_2-1) = R(t_1, t_1-1)$ لاي نقطتين زمنيتين مختلفتين t_1 و t_2 فإن $F(t)$ تسمى بالمتسلسلة الزمنية المضببة اللامتغيرة الزمن ويعكس هذا فيطلق عليها بالمتسلسلة الزمنية المضببة المتغيرة الزمن [10].

تعريف (5) : زمرة العلاقات المنطقية المضببة (FLRG) Fuzzy Logical Relationship Group

العلاقات على نفس المجموعة المضببة في الطرف الايسر يمكن تجميعها زمرة علاقات. لنفترض انه توجد علاقات منطقية مضببة بالشكل :

$$A_i \rightarrow A_{i1} , A_i \rightarrow A_{i2} \dots A_i \rightarrow A_{in} \dots (13)$$

فأنه يمكن تجميعها في زمرة علاقات كما يلي

$$[10] . A_i \rightarrow A_{i1} , A_{i2} , \dots , A_{in}$$

ولا يمكن ان تظهر أي مجموعة مضببة في الطرف الايمن لأكثر من مرة واحدة فقط . ان مصطلح زمرة العلاقات (Relationship group) ظهر لأول مرة من قبل العالم Chen عام 1996.

1.7- العقدة المضببة Fuzzy clustering

سننتقل إلى مفهوم العقدة المضببة واستخدامها للتكهن بالمتسلسلات الزمنية المضببة Fuzzy time series باستخدام طريقة Chen وطريقة الوسط c المضبب Fuzzy c-mean (FCM) وطريقة مقترحة لتكهن باستخدام FCM مع عرض الخوارزميات وخطوات ايجاد قيم التكهن للمتسلسلة الزمنية المضببة .

1.7.1- طريقة Chen : Chen Method [10]

ان هذه الطريقة هي مقترح نموذج مبسط يتضمن عمليات حسابية بسيطة . ان الاجراء التدريجي المقترح يمكن وصفه بالخطوات التالية :
1- تقسيم الحدث الشامل Universe of discourse الى فترات متساوية الطول .
2- تعريف المجموعات المضببة Fuzzy sets على الحدث الشامل .
3- تضبيب البيانات تاريخياً Fuzzify historical data .
4- تمييز العلاقات المضببة (FLR'S) Identify fuzzy relationships .
5- تأسيس زمر او مجاميع من العلاقات المضببة (FLRG'S) .

6- رفع الضبابية لحساب نتائج التكهن . Defuzzify the forecasted output .

الخطوات المتبعة في طريقة Chen

الخطوة الاولى : تعريف الحدث الشامل وتقسيمه الى فترات متساوية الطول

الحدث الشامل U يعرف $U = [D_{min} - D_1 , D_{max} + D_2]$ حيث D_{min} و D_{max} هما اقل قيمة واعلى قيمة للبيانات على التوالي اما قيمتي D_1 و D_2 هما اعداد موجبة يتم اختيارهم لتكملة القيمة الصغرى والعظمى لتكون قيم قابلة للتجزئة مما يسهل عملية حسابها . يقسم الحدث الشامل الى عدة فترات وكمثال اذا كانت عدد الفترات 7 ولنكن $u_1 = [x_1, x_2]$, $u_2 = [x_2, x_3]$, $u_3 = [x_3, x_4]$,

المجموعة المضببة A_i يمكن تعريفها بالنسبة لـ U بالشكل

$$A_i = \frac{f_{A_i}(u_1)}{u_1} + \frac{f_{A_i}(u_2)}{u_2} + \dots + \frac{f_{A_i}(u_n)}{u_n} \dots (10)$$

حيث ان f_{A_i} تمثل قيمة دالة العضوية للمجموعة المضببة A_i وان

$$f_{A_i}: U \rightarrow [0,1] \dots (11)$$

u_k هو عنصر في المجموعة المضببة A_i و $f_{A_i}(u_k)$ تمثل قيمة دالة عضوية u_k الى A_i او بعبارة اخرى درجة انتماء العنصر u_k الى المجموعة المضببة A_i وأن $1 < k < n$, $f_{A_i}(u_k) \in [0,1]$.

تعريف (1) : المتسلسلة الزمنية المضببة (Fuzzy Time Series) [11] [12] Series

لنكن $Y(t), t=0,1,2,\dots$ مجموعة جزئية من الأعداد الحقيقية R وتمثل الفضاء الذي تعرف عليه المجموعات المضببة $f_i(t)$, $i=1,2,\dots$ ولنكن $F(t)$ حشد من $f_i(t)$ فإن $F(t)$ يطلق عليها متسلسلة زمنية مضببة معرفة على $Y(t)$.

ان $F(t)$ في التعريف اعلاه ينظر إليها كمتغير لغوي (Linguistic variable) وان $f_i(t)$ تمثل القيم اللغوية (Linguistic values) حيث ان $f_i(t)$ يعبر عنها بالمجموعات المضببة وكذلك نستطيع القول ان $F(t)$ دالة للزمن t . نستخلص من ذلك ان الفرق الجوهرى بين المتسلسلة الزمنية الاعتيادية والمضببة هو ان الاولى تتكون من اعداد حقيقية (مشاهدات) بينما الثانية تمثل بمجموعات مضببة .

تعريف (2): العلاقة المضببة Fuzzy relationship : [11]

على فرض ان $F(t)$ متسببة في $F(t-1)$ فقط أي $F(t-1) \rightarrow F(t)$, فإن هذه العلاقة يعبر عنها بـ $R(t, t-1) = F(t-1) \circ F(t)$ حيث $R(t, t-1)$ هي علاقة مضببة (Fuzzy relationship) بين $F(t)$ و $F(t-1)$ وان التعبير $R(t, t-1) \circ F(t-1) = F(t)$ يطلق عليه نموذج المتسلسلة المضببة $F(t)$ من المرتبة الاولى .

تعريف (3) : العلاقات المضببة من المرتبة n-order Fuzzy N relation

لنكن $F(t)$ متسلسلة زمنية اذا كانت

$$F(t) \text{ متسببة من } F(t-1) , F(t-2) , \dots , F(t-n)$$

فأن هذه العلاقة يعبر عنها بـ

$$F(t) \rightarrow F(t-1), F(t-2), \dots, F(t-n) \dots (12)$$

ويطلق عليها بالمتسلسلة الزمنية المضببة من المرتبة n .

ان مفهوم المتسلسلة الزمنية من المرتبة n اقترح من قبل العالم Chen عام 2002 واستخدمه في التكهن باعداد الطلبة المقبولين في جامعة الاباما [10] .

تعريف (4) : السلسلة الزمنية اللامتغيرة الزمن Time-Invariant Fuzzy time series

على فرض أن $F(t)$ مسببة من $F(t-1)$ ويرمز لها بالرمز $F(t-1) \rightarrow F(t)$ (1) فانه يوجد علاقة مضببة بين $F(t)$ و $F(t-1)$ والتي يعبر عنها بالمعادلة $F(t) = F(t-1) \circ R(t-1, t)$

حيث ان $a_{ij} \in [0,1]$ و $1 \leq i \leq k$ و $1 \leq j \leq m$ وان a_{ij} تمثل درجة العضوية للفترة الجازمة u_j في المجموعة المضببة A_i . قبل تعريف المجموعات المضببة على U ، القيم اللغوية يجب ان تكون قد خصصت لكل مجموعة مضببة. يستعمل Chen القيم اللغوية (ليس العدد من) A_1 ، (ليس الكثير من) A_2 ، (الكثير من) A_3 ، (العديد من الكثير) A_4 ، (الكثير جداً) A_5 ، (الكثير من) A_6 ، (الكثير من الكثير) A_7 . المجموعات المضببة يمكن ان تعرف على الحدث الشامل كالآتي:

$u_6 = [x_6, x_7]$, $u_5 = [x_5, x_6]$, $u_4 = [x_4, x_5]$, $u_7 = [x_7, x_8]$.

الخطوة الثانية : تعريف المجموعات المضببة على الحدث الشامل

نفرض ان $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ هي المجموعات المضببة حيث انها قيم لغوية من المتغيرات اللغوية للبيانات قيد الدراسة. المجموعات المضببة $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7$ تعرف على الحدث الشامل كالآتي

$$A_1 = a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_m ,$$

$$A_2 = a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \dots + a_{2m}/u_m ,$$

$$A_k = a_{k1}/u_1 + a_{k2}/u_2 + \dots + a_{km}/u_m$$

$$\begin{aligned} A_1 &= 1/u_1 + 0.5/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ A_2 &= 0.5/u_1 + 1/u_2 + 0.5/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ A_3 &= 0/u_1 + 0.5/u_2 + 1/u_3 + 0.5/u_4 + 0/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ A_4 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0.5/u_3 + 1/u_4 + 0.5/u_5 + 0/u_6 + 0/u_7 \\ A_5 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0.5/u_4 + 1/u_5 + 0.5/u_6 + 0/u_7 \\ A_6 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0.5/u_5 + 1/u_6 + 0.5/u_7 \\ A_7 &= 0/u_1 + 0/u_2 + 0/u_3 + 0/u_4 + 0/u_5 + 0.5/u_6 + 1/u_7 \end{aligned}$$

وبصورة عامة يمكن كتابة التعبير بالشكل [13]

$$A_k = \begin{cases} \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} & , k = 1 \\ \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} & , 2 \leq k \leq n-1 \\ \frac{0.5}{u_{n-1}} + \frac{1}{u_n} & , k = n \end{cases} \quad \dots \quad (14)$$

وتدعى A_1 الجهة اليسرى Left hand side (LHS) ، و A_2 (RHS) Right hand side ، وهكذا لجميع البيانات . مع ملاحظة انه لا يمكن ان تظهر العلاقات المتكررة من نفس النوع سوى مرة واحدة فقط وتهمل البقية .

الخطوة الخامسة : تأسيس زمر العلاقات المضببة Establish fuzzy relationship groups تتلخص هذه الخطوة بانه اذا كان المجموعة المضببة لها علاقة مضبب بأكثر من مجموعة واحد فانه يتم دمج او تجميع المجموعات في الجهة اليمنى ولا يمكن ان تظهر أي مجموعة مضببة في الطرف الايمن لأكثر من مرة واحدة فقط وهذا ما يسمى تأسيس زمر المجموعات المضببة ومثال توضيحي فأن تأسيس زمر العلاقات في بحثنا تكون بالشكل

$$\text{roup (1) : } A_1 \rightarrow A_1 \quad A_1 \rightarrow A_2 \quad \text{Group (2) : } A_2 \rightarrow A_3 \\ A_2 \rightarrow A_4 \quad A_2 \rightarrow A_7 \dots \quad \text{Group (7) : } A_7 \rightarrow A_2$$

الخطوة السادسة : رفع الضبابية لحساب نتائج التكنين وعلى افتراض ان التضبيب لقيمة البيان من $F(t-1)$ هو A_j ، فأن نتائج تكن $F(t)$ محددة طبقاً للمبادئ التالية :

1- اذا وجدت علاقة (واحد لواحد) (1-1) في زمر العلاقات لـ A_j ، ولنقل $A_k \rightarrow A_j$ وكانت اعلى درجة انتماء لـ A_k تقع في الفترة

الخطوة الثالثة : تضبيب البيانات تاريخياً :في هذه الخطوة عميلة التضبيب هي تمييز مجاميع بين القيم التاريخية في مجموعة البيانات والمجموعات المضببة المعرفة في الخطوة السابقة ، كل قيمة تاريخية تضبيب طبقاً لاعلى درجة عضوية . اذا كانت اعلى درجة انتماء بالتاكيد كمتغيرة وقت زمني ، ولنقل $F(t-1)$ ، تظهر في المجموعة المضببة A_k ، فأن $F(t-1)$ تضبيب للمجموعة A_k .ولناخذ مثال اننا اردنا تضبيب القيمة عند السنة (1970) فاننا نحسب اعلى درجة انتماء للقيمة في أي فترة ، ولتكن الفترة u_1 فان $F(1970)$ تضبيب في المجموعة A_1 ، ولتكن القيمة عند السنة (1971) تملك اعلى درجة انتماء في الفترة u_2 فان $F(1971)$ تضبيب في المجموعة A_2 وهكذا لجميع البيانات .

الخطوة الرابعة : تمييز العلاقات المضببة في هذه الخطوة يتم تمييز العلاقات من تضبيب البيانات التاريخية ، اذا كان متغير المتسلسلة الزمنية $F(t-1)$ تم تضببيه في المجموعة المضببة A_k و $F(t)$ في A_m فأن A_k متعلقاً بـ A_m . ونرمز لهذه العلاقة بالشكل $A_m \rightarrow A_k$ حيث A_k هي الحالة الحالية و A_m هي الحالة اللاحقة لقيمة البيان للسنة المعينة ، ومن المثال في الخطوة السابقة نستطيع القول ان العلاقة بين (1970) و (1971) هي $A_1 \rightarrow A_2$.

وبهذا فان التجزئة المضببة لمجموعة البيانات X يمكن تمثيلها بمصفوفة العضوية U ذات الأبعاد $c \times n$ ، إذ ان كل مدخل في المصفوفة U يُشار إليه بـ u_{ik} ويكون ضمن المدى $Range [0,1]$:

$$u_{ik} \in [0,1], \forall i=1, \dots, c, \forall k=1, \dots, n \quad \dots (15)$$

ان هدف طريقة FCM يشبه ما موجود في طريقة HCM وهو إيجاد المركز لكل عنقود وتقليل دالة الهدف حسب قيود محددة، التي يمكن تمثيلها بالمعادلة الآتية:

$$J(U, c_1, c_2, \dots, c_c) = \sum_{i=1}^c J_i = \sum_{i=1}^c \sum_{k=1}^n (u_{ik}^m)(d_{ik})^2 \dots (16)$$

حيث ان J_i هي دالة الهدف داخل العنقود i . وان d_{ik} هي المسافة الاقليدية بين نقطة البيانات x_k والمركز c_i وان الدالة J تُقلل تبعاً للقيود التالية: [17]

$$\begin{aligned} a) 0 \leq u_{ij} \leq 1 \quad 1 \leq i \leq c, 1 \leq j \leq n \\ b) 0 \leq \sum_{j=1}^n u_{ij} \leq n \quad 1 \leq i \leq c \quad \dots (17) \\ c) \sum_{j=1}^n u_{ij} = 1 \end{aligned}$$

إن كل عنصر (مشاهدة) قد ينتمي إلى عدة عناقيد وبدرجات عضوية متفاوتة لكن الشرطين (a) و (c) يتطلبان أن يكون المجموع النهائي لقيم دوال العضوية لأي عنصر مساوٍ للواحد. [18], [19]. أما u_{ik} فتتمثل درجة عضوية نقطة البيانات x_k إلى مركز العنقود c_i وتكون ضمن المدى $[0,1]$. وان المعلمة m : هي القوة الموزونة للعضوية Membership Weighting Exponent إذ $m \in [1, \infty]$: ولأجل الوصول إلى تقليل دالة الهدف فهناك شرطان متمثلان بالمعادلتين (18) و (19) وكالاتي [20]

$$c_i = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m x_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^m} \quad \text{for all } i \dots (18)$$

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left(\frac{\|x_k - c_i\|}{\|x_k - c_j\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad \text{for all } k \dots (19)$$

1.7.3- التكهن باستخدام طريقة الوسط C المضبب FCM

لايجاد قيم التكهن باستخدام هذه الطريقة سنستخدم خوارزمية FCM، حيث انه يتم ادخال البيانات على شكل متجهات واختيار عدد العناقيد c وتحديد قيمة العتبة وتحديد قيمة m . ومن ثم استخدام المخرجات لهذه الخوارزمية والتي هي عبارة عن عناقيد بعدد c التي تضم العناصر بعد تصنيفها، وعدد التكرارات، ومصفوفة العضوية U ، ومصفوفة المراكز، ودالة الهدف.

خطوات العمل:

الخطوة الاولى: تعريف المجموعة الشاملة U التي تحوي جميع

$$U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

الخطوة الثانية: تقسيم المجموعة الشاملة إلى عدة عناقيد Clusters باستخدام خوارزمية FCM والتي تنتج عناقيد تحتوي على مجموعة من البيانات تكون متشابهة فيما بينها إلى حد ما $cl_1, cl_2, \dots, cl_c$

u_k فإن نتائج التكهن ل $F(t)$ تساوي نقطة المنتصف (midpoint) للفترة u_k .

2- اذا كانت A_j لا ترتبط بأية مجموعة أخرى أي $A_j \rightarrow \emptyset$ حيث $\emptyset$ المجموعة الخالية. وحيث انه A_j تملك أعلى درجة انتماء للفترة u_k ، فإن نتائج التكهن تساوي منتصف الفترة u_k .

3- اذا وجد (واحد الى العديد one-to-many) من العلاقات في زمر العلاقات المضببة لـ A_j ، ولنقل $A_1 \rightarrow A_1, A_2, \dots, A_n$ وان أعلى درجة انتماء تحدث في الفترات $u_1, u_2, \dots, u_n$

فإن نتائج التكهن تحسب بايجاد معدل نقاط المنتصف للفترات وبالصيغة $m_1, m_2, \dots, m_n$ $\frac{m_1+m_2+\dots+m_n}{n}$

هذا النموذج الذي تم تقديمه يطلق عليه نموذج متسلسلة زمنية مضببة من المرتبة الاولى، وقد قام Chen بتقديم نماذج ذات مراتب عليا بعلاقات مضببة، وكمثال على علاقة من المرتبة الثانية بالشكل

$$\begin{aligned} A_{i1}, A_{i2} \rightarrow A_{i3} \\ \text{الطريقة السابقة مع اختلاف في تكوين العلاقات المضببة وكمثال} \\ \text{توضيحي على العلاقات من المرتبة الثانية في دراستنا تكون بالشكل} \\ A_1, A_2 \rightarrow A_3 \text{ والتي تكافئ } F(1970), F(1971) \rightarrow F(1972) \end{aligned}$$

حيث A_1 و A_2 و A_3 هما التضبيب للبيانات للسنوات (1970 و 1971 و 1972) على التوالي. و يتم تأسيس زمر العلاقات المضببة كما ورد ذكره سابقاً وكما يلي

$$\begin{aligned} \text{Group (1): } A_1, A_1 \rightarrow A_1 \quad A_2, A_3 \rightarrow A_1 \\ \text{Group (2): } A_1, A_2 \rightarrow A_2 \quad A_3, A_5 \rightarrow A_2 \quad A_4, A_6 \rightarrow A_2 \\ \dots \quad \text{Group (7): } A_5, A_7 \rightarrow A_7 \end{aligned}$$

1.7.2 طريقة Fuzzy C-Means: [14] [15] [16]

ان طريقة FCM تدعى أيضاً بـ Fuzzy ISODATA، والتي اقترحها الباحث Bezdek في 1981.

ان خوارزمية هذه الطريقة تمثل تقنية عنقدة مفصولة عن- c Hard (HCM) Means، إذ ان خوارزمية HCM مبنية أساساً على فلسفة المجموعات الجازمة Crisp Set، التي تستخدم التجزئة القوية Partitioning لنقاط البيانات، بحيث يتم التحديد القطعي لانتماء هذه النقاط: اما أن ينتمي لعنقود معين أو لا، أما خوارزمية FCM فهي مبنية على فلسفة المنطق المضبب الذي يعتمد أساساً على فكرة الانتماء التدريجي والتجزئة المضببة Fuzzy Partitioning التي تسمح لكل نقطة بيانات أن تنتمي إلى عنقود بدرجة محددة بدرجة عضوية وبهذا فان كل نقطة بيانات يمكن أن تنتمي إلى عدة عناقيد في آن واحد وبدرجات عضوية مختلفة تقع في الفترة $[0,1]$.

فلو فرضنا ان مجموعة البيانات $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ هي مجموعة جزئية منتهية من مجموعة الأعداد الحقيقية. ولنفرض أن c هو عدد العناقيد وهو عدد صحيح بحيث $2 \leq c \leq n$ ، لذا فان خوارزمية FCM تعمل على تجزئة مجموعة البيانات X إلى c من العناقيد المضببة، بحيث ان البيانات في نفس المجموعة تكون متشابهة قدر الإمكان وتختلف عن المجاميع المختلفة الأخرى قدر الإمكان.

Group (k) : $A_k \rightarrow A_2 \Rightarrow A_k \rightarrow \emptyset$
وهذه الطريقة تشبه نوعاً ما طريقة الوسيط median كمقياس من مقاييس النزعة المركزية في الاحصاء.

2- الجانب التطبيقي

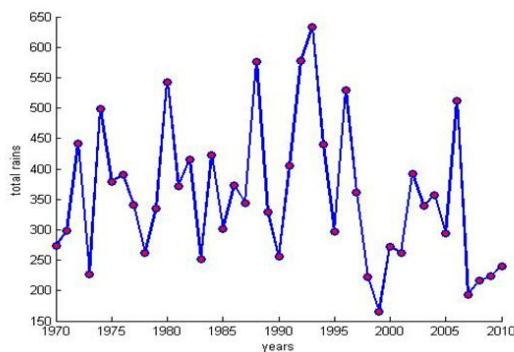
2-1 المقدمة

تتضمن هذه الفقرة ثلاث تطبيقات لطرق العقدة المضببة للتكهن بالمتسلسلات الزمنية المضببة على بيانات تمثل كمية الامطار المتساقطة على مدينة الموصل للسنوات (1970 – 2010). ويتناول التطبيق الاول طريقة chen , اما التطبيق الثاني فتناول العقدة طريقة الوسط c المضبب FCM , واخيرا طريقة مقترحة للتكهن باستخدام FCM. باستخدام دوال عضوية مختلفة في ايجاد القيم العضوية للعناصر في المجموعات المضببة ، وايضاً تم اخذ قيم مختلفة لعدد العناقيد تراوحت بين (5 – 11) عنقود ، وايضاً تم استخدام العلاقات المضببة من المرتبة الاولى والثانية ، وتم توضيح مدى تأثير كل هذه العناصر على نتائج التكهن .

لقد تم استخدام البرنامج الجاهز (MATLAB 2012) لتقسيم البيانات الى العناقيد المطلوبة بطريقة FCM ، وايضاً لايجاد قيم درجات العضوية ورسمها ، ورسم المتسلسلات الزمنية المضببة والمذكور في الملحق (1) .

2-2 وصف البيانات

ان البيانات المستخدمة في التطبيق تمثل كمية الامطار المساقطة على مدينة الموصل للسنوات (1970 – 2010) ويتراوح مداها ما بين (165.1 – 633) mm ، من ملاحظة البيانات نجدها تنصف بعدم الاستقرار وتختلف من سنة لآخرى بشكل عشوائي وقد تناولنا هذه البيانات لما للامطار من اهمية وتأثير كبير على حياتنا اليومية وتأثيرها على الاقتصاد والزراعة...الخ وكذلك الفيضانات ، والشكل (1-3) يمثل رسم المتسلسلة الزمنية لتساقط الامطار ولكل سنة .



شكل(2-1): المتسلسلة الزمنية لكمية الأمطار في مدينة الموصل للسنوات (2010 – 1970)

2-3 تطبيق طريقة Chen في ايجاد قيم التكهن :

سنجد قيم التكهن باستخدام طريقة f Chen تقسيم الحدث الشامل الى عشرة فترات وباستخدام دالة العضوية شبه المنحرف ، اما بقية التقسيمات فسندكر الفرق بينها بجدول موحد . الخطوة الاولى وهي تعريف الحدث الشامل $U = [165.1 - D_1, 633 + D_2]$ أذ ان قيمة

الخطوة الثالثة : تعريف المجموعات المضببة على المجموعة الشاملة لنفرض ان $A_1, A_2, A_3, \dots, A_c$ هي المجموعات المضببة فيمكن تعريفها بالشكل :

$$A_1 = a_{11}/u_1 + a_{12}/u_2 + \dots + a_{1m}/u_n$$

$$A_2 = a_{21}/u_1 + a_{22}/u_2 + \dots + a_{2m}/u_n$$

$$\dots$$

$$A_c = a_{c1}/u_1 + a_{c2}/u_2 + \dots + a_{cm}/u_n$$

حيث ان $a_{ij} \in [0,1]$ و $1 \leq j \leq c$ و $1 \leq i \leq n$ وان a_{ij} تمثل درجة انتماء البيان x_i للمجموعة المضببة A_j هو عنصر من مصفوفة العضوية U .

الخطوة الرابعة : تضبيب البيانات وتتم هذه الخطوة باختيار كل عنقود على شكل مجموعة مضببة .

$$cl_1 = A_1, cl_2 = A_2, \dots, cl_c = A_c$$

ان كل قيمة مدخلة تمتلك اعلى درجة انتماء ضمن عنقود معين والذي تظهر في مصفوفة العضوية التي تم ذكرها سابقاً يتم تضبيبها الى المجموعة المضببة المساوية لذلك العنقود. ولنقل ان القيمة المدخلة x_1 لسنة 1970 تقع ضمن العنقود الاول فأن $F(1970) = A_1$ وهكذا لجميع المدخلات فانه يتم تضبيب البيانات التاريخية كل حسب مجموعته المضببة .

اما الخطوات المتبقية (من الخطوة الخامسة الى الخطوة الاخيرة) فهي مشابهة للخطوات المذكورة سابقاً ضمن طريقة Chen وللمرتبتين الاولى والثانية .

1.7.4- طريقة مقترحة للتكهن باستخدام FCM

من خلال دراستنا لطرق التتعد المضبب كطريقة Chen وطريقة الوسط C المضبب FCM وحصولنا على نتائج التكهن لها ولاجل تطوير الطرق السابقة للحصول على نتائج أفضل لقيم التكهن وفقاً لافكار المدروسة في هذا البحث ، اقترحنا طريقة تتضمن نفس الخطوات السابقة عدا الخطوة الخاصة باعادة بناء زمر العلاقات المضببة وتكون كما يلي : اعادة بناء العلاقات المضببة لزمرة المجموعات المضببة هي الخطوة الاهم في هذه الطريقة حيث انه يتم رفع (تشذيب) العلاقات للمجموعات المتطرفة ، ويتم اعادة بناء العلاقات بين زمرة المجموعات المضببة بقواعد خاصة أي انه اذا كانت $A_i \rightarrow A_j$ وقيمة التكهن للمجموعة المضببة A_j تعتمد على المجموعة A_i فان زمر العلاقات يعد تشكيلها بالعلاقة المقترحة

$$A_i \rightarrow A_{|j-\alpha| \leq 1} \dots (20)$$

فاذا كان لدينا العلاقات $A_i \rightarrow A_k$, $A_i \rightarrow A_j$ و $A_i \rightarrow A_l$ فأن $\alpha = j, k, l$. وعليه تكون نتائج التكهن قريبة من النتائج الحقيقية فلو اخذنا المثال في الخطوة السادسة فستكون العلاقات الجديدة طبقاً لمقترحنا بالشكل

$$\text{Group (1) : } A_1 \rightarrow A_1 \quad A_1 \rightarrow A_2 \quad A_1 \rightarrow A_5$$

$$\Rightarrow A_1 \rightarrow A_1, A_2$$

$$\text{Group (2) : } A_2 \rightarrow A_3 \quad A_2 \rightarrow A_4 \quad \text{وهذا لبقيّة الزمر}$$

$$A_2 \rightarrow A_7 \Rightarrow A_2 \rightarrow A_3$$

...

وبما اننا استخدمنا دالة العضوية شبه المنحرف سنيين الرقم شبه المنحرف المضبيب ومن ثم سنختار الفترة الجازمة (Crisp interval) وكما مبين في الجدول ادناه.

$D_1 = 25$ ، وقيمة $D_1 = 25$ أيضا ، ومنها نحصل على $655.1,]$ $U = [140.1$ ومن ثم نقسم U الى عشرة فترات متساوية بالطول وهي $u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}$.

جدول (1-2) تقسيم الفترات

الرقم شبه المنحرف المضبيب (أ،ب،ج،د) Trapezoidal Fuzzy number(a,b,c,d)	الفترة الجازمة Crisp interval	الرقم شبه المنحرف المضبيب (أ،ب،ج،د) Trapezoidal Fuzzy number(a,b,c,d)	الفترة الجازمة Crisp interval
(140.1,165.1,190.1,215.1)	$u_1 = [165.1,190.1]$	(390.1,415.1,440.1,465.1)	$u_6 = [415.1,440.1]$
(190.1,215.1,240.1,265.1)	$u_2 = [215.1,240.1]$	(440.1,465.1,490.1,515.1)	$u_7 = [465.1,490.1]$
(240.1,265.1,290.1,315.1)	$u_3 = [265.1,290.1]$	(490.1,515.1,540.1,565.1)	$u_8 = [515.1,540.1]$
(290.1,315.1,340.1,365.1)	$u_4 = [315.1,340.1]$	(540.1,565.1,590.1,615.1)	$u_9 = [565.1,590.1]$
(340.1,365.1,390.1,415.1)	$u_5 = [365.1,390.1]$	(590.1,615.1,640.1,665.1)	$u_{10} = [615.1,640.1]$

$$A_1 = \frac{1}{u_1} + \frac{0.5}{u_2} + \frac{0}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_{10}}$$

$$A_2 = \frac{0.5}{u_1} + \frac{1}{u_2} + \frac{0.5}{u_3} + \dots + \frac{0}{u_{10}}$$

$$\dots \quad A_{10} = \frac{0}{u_1} + \frac{0}{u_2} + \dots + \frac{0.5}{u_3} + \frac{1}{u_{10}}$$

ويكون حساب قيمة دالة العضوية للمجموعات المضببية بالشكل

الخطوة الثانية هي تعريف المجموعات المضببية على الحدث الشامل وعليه تكون المجموعات المضببية $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$ كتعايير لغوية بالشكل

$$A_1 = \begin{cases} 0 & , x < 140.1 \\ \frac{x-140.1}{165.1-140.1} & , 140.1 \leq x \leq 165.1 \\ 1 & , 165.1 \leq x \leq 190.1 \\ \frac{215.1-x}{215.1-190.1} & , 190.1 \leq x \leq 215.1 \\ 0 & , x > 215.1 \end{cases}$$

$$A_2 = \begin{cases} 0 & , x < 190.1 \\ \frac{x-190.1}{215.1-190.1} & , 190.1 \leq x \leq 215.1 \\ 1 & , 215.1 \leq x \leq 240.1 \\ \frac{265.1-x}{265.1-240.1} & , 190.1 \leq x \leq 265.1 \\ 0 & , x > 265.1 \end{cases}$$

اعلى درجة انتماء في الفترة u_3 ايضاً فأن $F(1971)$ تضبيب في المجموعة A_3 وهكذا لبقية القيم التاريخية وكما مبين في الجدول (2-2) ادناه

وهكذا لبقية المجموعات .الخطوة الثالثة وهي تضبيب البيانات التاريخية فكان على اساس اعلى درجة عضوية ضمن الفترات فلناخذ القيمة الاولى فانها تمتلك اعلى درجة انتماء في الفترة u_3 فأن $F(1970)$ تضبيب في المجموعة A_3 و القيمة الثانية فانها تمتلك

جدول (2-2) تضبيب البيانات التاريخية

السنة	كمية الامطار	تضبيب البيانات	السنة	كمية الامطار	تضبيب البيانات	السنة	كمية الامطار	تضبيب البيانات	السنة	كمية الامطار	تضبيب البيانات
1970	273.4	A3	1981	371.9	A5	1992	577.1	A9	2003	339.8	A4
1971	298.4	A3	1982	415.4	A6	1993	633	A10	2004	357.1	A5
1972	441.5	A6	1983	251.9	A2	1994	439.6	A6	2005	294.5	A3
1973	227.1	A2	1984	422	A6	1995	296.2	A3	2006	511.2	A8
1974	498.9	A7	1985	301.4	A3	1996	528.7	A8	2007	193.8	A1
1975	378.8	A5	1986	373.1	A5	1997	360.7	A5	2008	216.3	A2
1976	390.3	A5	1987	343.4	A4	1998	222.2	A2	2009	223.8	A2
1977	340.3	A4	1988	576.1	A9	1999	165.1	A1	2010	240.6	A2
1978	262.2	A3	1989	329.2	A4	2000	272.8	A3			
1979	335.1	A4	1990	256.6	A3	2001	261.5	A3			
1980	542.9	A8	1991	404.6	A6	2002	391.3	A5			

الخطوة الرابعة وهي تمييز العلاقات المضببة . من تعريف العلاقات المضببة نجد ان متغير المتسلسلة الزمنية F(1971) تم تضبيبه في A3 و F(1970) تم تضبيبه في A3 ، فأن A3 يتعلق بـ A3 ونرمز له بالرمز $A_3 \rightarrow A_3$ ، و F(1972) تم تضبيبه في A6 فيكون A3 يتعلق بـ A6 فيرمز له $A_3 \rightarrow A_6$ ، والجدول (2-3) يبين علاقات المجاميع المضببة .

جدول (2-3) العلاقات المضببة

$A_3 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_4$
$A_4 \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_9$
$A_9 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_5$
$A_5 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_8$
$A_8 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_2$					

الخطوة الخامسة تمثل تأسيس زمر العلاقات المضببة من الجدول (3-2) مع ملاحظة عدم تكرار أي مجموعة مضببة في الجهة اليمنى فنلاحظ ان المجموعة A_1 لها علاقة مضببة باكثر من مجموعة واحدة فيتم دمج او تجميع المجموعات في الجهة اليمنى والجدول (2-4) الاتي يبين زمر العلاقات المضببة .

جدول (2-4) زمر العلاقات المضببة FLRG'S

Group(1): $A_1 \rightarrow A_2, A_3$	Group(2): $A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_6, A_7$	Group(3): $A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$
Group(4): $A_4 \rightarrow A_3, A_5, A_8, A_9$	Group(5): $A_5 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	Group(6): $A_6 \rightarrow A_2, A_3, A_9$
Group(7): $A_7 \rightarrow A_5$	Group(8): $A_8 \rightarrow A_1, A_5$	Group(9): $A_9 \rightarrow A_4, A_{10}$
		Group(10): $A_{10} \rightarrow A_6$

الخطوة السادسة والاخيرة وهي رفع الضبابية لايجاد نتائج التكهّن وهذه الخطوة تعتمد على الخطوة السابقة فمن الزمرة الاولى Group(1) تكون نتيجة رفع الضبابية لنواتج التكهّن للمجموعة المضببة A_1 هي معدل Centroid للمجموعات المضببة A_3 ، A_2 وكما يلي

$$253.5 = ((230.5 + 276.5))/2 \quad \text{اما نتيجة رفع الضبابية لـ } A_2 \text{ فتساوي } ((171.3 + 230.5 + 425.8 + 497.3))/3 = 333$$

وهكذا لبقية المجموعات المبينة في الجدول (2-5).

جدول (5- 2) نتائج التكهّن

السنة	القيم الحقيقية	المجموعة المضببة	قيمة التكهّن	زمرة العلاقات المضببة	المركز المتوسط Centroid
1970	273.4	A3	-	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
1971	298.4	A3	387.1	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
1972	441.5	A6	387.1	$A_6 \rightarrow A_2, A_3, A_9$	230.5;276.5;574.8
1973	227.1	A2	360.6	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_6, A_7$	178.3;230.5;425.8;497.4
1974	498.9	A7	333.0	$A_7 \rightarrow A_5$	376.9
1975	378.8	A5	376.9	$A_5 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	230.5;276.5;331.8;376.9;425.8
1976	390.3	A5	328.3	$A_5 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	230.5;276.5;331.8;376.9;425.8
1977	340.3	A4	328.3	$A_4 \rightarrow A_3, A_5, A_8, A_9$	276.5;376.9;524.6;574.8
1978	262.2	A3	452.0	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
1979	335.1	A4	387.1	$A_4 \rightarrow A_3, A_5, A_8, A_9$	276.5;376.9;524.6;574.8
1980	542.9	A8	452.0	$A_7 \rightarrow A_1, A_5$	178.3;376.9
1981	371.9	A5	277.6	$A_5 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	230.5;276.5;331.8;376.9;425.8
1982	415.4	A6	328.3	$A_6 \rightarrow A_2, A_3, A_9$	230.5;276.5;574.8
1983	251.9	A2	360.6	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_6, A_7$	178.3;230.5;425.8;497.4
1984	422	A6	333.0	$A_6 \rightarrow A_2, A_3, A_9$	230.5;276.5;574.8
1985	301.4	A3	360.6	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
1986	373.1	A5	387.1	$A_5 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	230.5;276.5;331.8;376.9;425.8
1987	343.4	A4	328.3	$A_4 \rightarrow A_3, A_5, A_8, A_9$	276.5;376.9;524.6;574.8
1988	576.1	A9	452.0	$A_9 \rightarrow A_4, A_{10}$	331.8;633.0
1989	329.2	A4	482.4	$A_4 \rightarrow A_3, A_5, A_8, A_9$	276.5;376.9;524.6;574.8
1990	256.6	A3	452.0	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
1991	404.6	A6	387.1	$A_6 \rightarrow A_2, A_3, A_9$	230.5;276.5;574.8
1992	577.1	A9	360.6	$A_9 \rightarrow A_4, A_{10}$	331.8;633.0
1993	633	A10	482.4	$A_{10} \rightarrow A_6$	425.8
1994	439.6	A6	425.8	$A_6 \rightarrow A_2, A_3, A_9$	230.5;276.5;574.8
1995	296.2	A3	360.6	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
1996	528.7	A8	387.1	$A_7 \rightarrow A_1, A_5$	178.3;376.9
1997	360.7	A5	277.6	$A_5 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	230.5;276.5;331.8;376.9;425.8
1998	222.2	A2	328.3	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_6, A_7$	178.3;230.5;425.8;497.4
1999	165.1	A1	333.0	$A_1 \rightarrow A_2, A_3$	230.5; 276.5
2000	272.8	A3	253.5	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
2001	261.5	A3	387.1	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
2002	391.3	A5	387.1	$A_5 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	230.5;276.5;331.8;376.9;425.8
2003	339.8	A4	328.3	$A_4 \rightarrow A_3, A_5, A_8, A_9$	276.5;376.9;524.6;574.8
2004	357.1	A5	452.0	$A_5 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$	230.5;276.5;331.8;376.9;425.8
2005	294.5	A3	328.3	$A_3 \rightarrow A_3, A_4, A_5, A_6, A_8$	276.5;331.8;376.9;425.8;524.6
2006	511.2	A8	387.1	$A_7 \rightarrow A_1, A_5$	178.3;376.9
2007	193.8	A1	277.6	$A_1 \rightarrow A_2, A_3$	230.5; 276.5
2008	216.3	A2	253.5	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_6, A_7$	178.3;230.5;425.8;497.4
2009	223.8	A2	333.0	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_6, A_7$	178.3;230.5;425.8;497.4
2010	240.6	A2	333.0	$A_2 \rightarrow A_1, A_2, A_6, A_7$	178.3;230.5;425.8;497.4
m.s.e.		10892			

المضببة أي ان السنتين السابقتين تؤثران على نتائج التكهّن للسنة اللاحقة لهما أي ان العلاقات تؤسس اعتمادا على الجهة اليسرى للعلاقة ومثال على ذلك من الجدول (6-2) نلاحظ ان $F(1970), F(1971) \rightarrow F(1972) = A_3, A_3 \rightarrow A_6$

إن التطبيق الذي تناولناه هو نموذج متسلسلة زمنية مضببة من المرتبة الأولى ، والآن سنقدم نموذج المتسلسلة الزمنية من المرتبة الثانية ، إن خطوات العمل الأولى والثانية والثالثة لهذا النموذج هي نفسها للنموذج السابق أما الفرق فيبدأ من الخطوة الرابعة وهي تمييز العلاقات

جدول (6-2) زمر العلاقات المضطبية المرتبة الثانية

$A_3, A_3 \rightarrow A_6$	$A_3, A_6 \rightarrow A_2$	$A_2, A_6 \rightarrow A_7$	$A_2, A_7 \rightarrow A_5$	$A_7, A_5 \rightarrow A_5$	$A_3, A_3 \rightarrow A_6$	$A_3, A_6 \rightarrow A_2$	$A_2, A_6 \rightarrow A_7$
$A_2, A_7 \rightarrow A_5$	$A_7, A_5 \rightarrow A_5$	$A_3, A_3 \rightarrow A_6$	$A_3, A_6 \rightarrow A_2$	$A_2, A_6 \rightarrow A_7$	$A_2, A_7 \rightarrow A_5$	$A_7, A_5 \rightarrow A_5$	$A_3, A_3 \rightarrow A_6$
$A_3, A_6 \rightarrow A_2$	$A_2, A_6 \rightarrow A_7$	$A_2, A_7 \rightarrow A_5$	$A_7, A_5 \rightarrow A_5$	$A_3, A_3 \rightarrow A_6$	$A_3, A_6 \rightarrow A_2$	$A_2, A_6 \rightarrow A_7$	$A_2, A_7 \rightarrow A_5$
$A_7, A_5 \rightarrow A_5$	$A_3, A_3 \rightarrow A_6$	$A_3, A_6 \rightarrow A_2$	$A_2, A_6 \rightarrow A_7$	$A_2, A_7 \rightarrow A_5$	$A_7, A_5 \rightarrow A_5$	$A_3, A_3 \rightarrow A_6$	$A_3, A_6 \rightarrow A_2$
$A_2, A_6 \rightarrow A_7$	$A_2, A_7 \rightarrow A_5$	$A_7, A_5 \rightarrow A_5$	$A_3, A_3 \rightarrow A_6$	$A_3, A_6 \rightarrow A_2$	$A_2, A_6 \rightarrow A_7$	$A_2, A_7 \rightarrow A_5$	$A_7, A_5 \rightarrow A_5$

اما الخطوة الخامسة فهي تأسيس زمر العلاقات المضطبية والتي تختلف المضطبية والجدول (7-2) يبين زمر العلاقات .
عن الخطوة الاولى بانها تعتمد على الجهة اليسرى من العلاقة

جدول (7-2) زمر العلاقات المضطبية المرتبة الثانية

Group(1): $A_2, A_3, A_5, A_8 \rightarrow A_1$	Group(2): $A_1, A_2, A_3, A_5, A_6, A_8 \rightarrow A_2$	Group(3): $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_9, A_{10} \rightarrow A_3$
Group(4): $A_3, A_4, A_5, A_9 \rightarrow A_4$	Group(5): $A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8 \rightarrow A_5$	Group(6): $A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_8, A_9, A_{10} \rightarrow A_6$
Group(7): $A_2, A_6 \rightarrow A_7$	Group(8): $A_3, A_4, A_5, A_6 \rightarrow A_8$	Group(9): $A_3, A_4, A_5, A_6 \rightarrow A_9$
		Group(10): $A_6, A_9 \rightarrow A_{10}$

الخطوة الاخيرة وهي رفع الضبابية من نتائج التكهّن فتكون بايجاد معدل قيمة مراكز المجموعات المعتمدة على العلاقات التي تعتمد عليها كل سنة للسنتين السابقتين للسنة الثالثة ومثال على ذلك لاجاد قيمة تكهن سنة (1973) نستخدم العلاقة $F(1970), F(1971) \rightarrow F(1973)$ ومنه نحصل على $A_3, A_3 \rightarrow A_6$ بداية نحسب قيمة

التهكّن المفردة لـ A_3 وبالاغتماد على زمرة المجموعة الثالثة Group(3) تكون قيمتها مساوية

$$(178.3 + 230.5 + 276.5 + 331.8 + 376.9 + 425.8 + 574.8 + 633) / 8 = 378.5$$

ومنها نحصل على قيمة التكهّن $(378.5 + 378.5) / 2 = 378.5$ وهكذا لبقية السنوات والجدول (8-2) يبين ذلك.

جدول (8-2) قيم التكهّن

السنة	القيم الحقيقية	قيمة التكهّن	السنة	القيم الحقيقية	قيمة التكهّن	السنة	القيم الحقيقية	قيمة التكهّن	السنة	القيم الحقيقية	قيمة التكهّن
1970	273.4	-	1981	371.9	371.4	1992	577.1	400.1	2003	339.8	379.5
1971	298.4	-	1982	415.4	366.7	1993	633	387.3	2004	357.1	385.3
1972	441.5	378.5	1983	251.9	401.1	1994	439.6	426.6	2005	294.5	385.3
1973	227.1	400.1	1984	422	378.6	1995	296.2	461.0	2006	511.2	379.5
1974	498.9	378.6	1985	301.4	378.6	1996	528.7	400.1	2007	193.8	365.6
1975	378.8	331.8	1986	373.1	400.1	1997	360.7	365.6	2008	216.3	352.5
1976	390.3	354.4	1987	343.4	379.5	1998	222.2	366.7	2009	223.8	343.8
1977	340.3	380.5	1988	576.1	385.3	1999	165.1	358.0	2010	240.6	335.5
1978	262.2	385.3	1989	329.2	371.4	2000	272.8	343.8			
1979	335.1	384.3	1990	256.6	371.4	2001	261.5	365.3			
1980	542.9	384.3	1991	404.6	384.3	2002	391.3	378.5			m.s.e. 12606

الخطوة الاولى تعريف مجموعة البيانات .اما الخطوة الثانية وهي تحديد عدد العناقيد وايجاد مجموعة كل عنقود وقد تناولنا عدد العناقيد (10) ، اما بقية النتائج سنذكرها بملحق خاص بالنتائج . وباستخدام برنامج MATLAB تم تحديد العناقيد العشر ومحتوياته من البيانات المستخدمة فكانت النتائج كما مبينة في الجدول (9-2) ادناه.

2-4 تطبيق طريقة الوسط c المضطرب Fuzzy c-mean (FCM) في ايجاد قيمة التكهّن

في هذه النموذج سنعرض التطبيق في ايجاد قيم التكهّن للبيانات المبينة، وكما ذكرنا في الفقرة (2-8-1) طريقة ايجاد العناقيد التي سنستخدمها في ايجاد قيم التكهّن ولعدد العناقيد من (5-11) عنقود وباستخدام دالة العضوية الطبيعية gaussian وللمرتبتين الاولى والثانية

جدول (2-9) العناقيد والمجموعات المضببة

العنقود	المجموعة المضببة	كمية الامطار	السنة	العنقود	المجموعة المضببة	كمية الامطار	السنة
cl_5	A5	378.8	1975	cl_1	A1	227.1	1973
	A5	371.9	1981		A1	222.2	1998
	A5	373.1	1986		A1	165.1	1999
	A5	360.7	1997		A1	193.8	2007
	A5	357.1	2004		A1	216.3	2008
cl_6	A6	390.3	1976	cl_2	A1	223.8	2009
	A6	391.3	2002		A2	273.4	1970
cl_7	A7	415.4	1982		A2	262.2	1978
	A7	422.0	1984		A2	251.9	1983
	A7	404.6	1991		A2	256.6	1990
cl_8	A8	441.5	1972		A2	272.8	2000
	A8	439.6	1994		A2	261.5	2001
cl_9	A9	498.9	1974		A2	240.6	2010
	A9	542.9	1980	cl_3	A3	298.4	1971
	A9	528.7	1996		A3	301.4	1985
cl_{10}	A9	511.2	2006		A3	296.2	1995
	A10	576.1	1988		A3	294.5	2005
	A10	577.1	1992	cl_4	A4	340.3	1977
	A10	633.0	1993		A4	335.1	1979
					A4	343.4	1987
					A4	329.2	1989
					A4	339.8	2003

البيانات كما في الجدول (2-9) اعلاه . الخطوة الخامسة وهي تمييز العلاقات المضببة : من تعريف العلاقات المضببة يمكننا ان نستخرج العلاقات بين المجموعات المضببة ، بما ان متغير المتسلسلة الزمنية F(1970) تم تضبيبه في المجموعة المضببة A_2 و F(1971) في A_3 فإن A_2 متعلقاً بـ A_3 . فتصبح العلاقة بالشكل $A_2 \rightarrow A_3$ حيث A_2 هي الحالة الحالية و A_3 هي الحالة اللاحقة لقيمة البيان للسنة المعينة ، وتدعى A_2 الجهة اليسرى (LHS) Left hand side و A_3 (RHS) Right hand side . والجدول الاتي يبين العلاقات المضببة.

الخطوة الثالثة وهي تعريف المجموعات المضببة : من مصفوفة العضوية التي حصلنا عليها من تطبيق البرنامج يمكن تعريف المجموعات بالشكل

$$A_i = \sum_U \frac{\mu_A(x_i)}{x_i}, \quad \forall x_i \in U$$

الخطوة الرابعة تمثل تضبيب البيانات : وتتم هذه الخطوة باختيار كل عنقود على شكل مجموعة مضببة أي انه

$$cl_1 = A_1, cl_2 = A_2, cl_3 = A_3, cl_4 = A_4, cl_5 = A_5, cl_6 = A_6, cl_7 = A_7, cl_8 = A_8, cl_9 = A_9, cl_{10} = A_{10}$$

فترى القيمة الاولى تقع ضمن العنقود الثاني وعليه يتم تضبيبه A_2 اما القيمة الثانية تقع ضمن العنقود الثالث فتضبيب A_3 وهكذا لبقية

جدول (2-10) العلاقات المضببة

$A_2 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_8$	$A_8 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_6$	$A_6 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_2$
$A_2 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_5$
$A_5 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_7$	$A_7 \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_{10}$	$A_{10} \rightarrow A_8$
$A_8 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_2$	$A_2 \rightarrow A_6$
$A_6 \rightarrow A_4$	$A_4 \rightarrow A_5$	$A_5 \rightarrow A_3$	$A_3 \rightarrow A_9$	$A_9 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_1$	$A_1 \rightarrow A_2$

علاقات مضببة مختلفة طبقاً لنفس الجهة اليسرى من العلاقة المضببة من الجدول (2-10) اعلاه نرى المجموعة المضببة A_1 لها علاقة

الخطوة السادسة تمثل بناء زمر (مجاميع) من العلاقات المضببة : ان كل العلاقات المضببة التي تم ايجادها يمكن ان تجمع في زمرة

$$A_1 \rightarrow A_1 \quad A_1 \rightarrow A_2 \quad A_1 \rightarrow A_9 \Rightarrow$$

Group (1) : $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_9$

والجدول (2-11) ادناه يبين زمر المجاميع المضببة.

مضبببة بأكثر من مجموعة واحد فانه يتم دمج او تجميع المجموعات في الجهة اليمنى ولا يمكن ان تظهر أي مجموعة مضبببة في الطرف الايمن لأكثر من مرة واحدة فقط فتكون الزمرة الاولى

جدول (2-11) زمر المجاميع المضببة

Group(1): $A_1 \rightarrow A_1, A_2, A_9$

Group(2): $A_2 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_6, A_7$

Group(3): $A_3 \rightarrow A_5, A_8, A_9$

Group(4): $A_4 \rightarrow A_2, A_5, A_9, A_{10}$

Group(5): $A_5 \rightarrow A_1, A_3, A_4, A_6, A_7$

Group(6): $A_6 \rightarrow A_4$

Group(7): $A_7 \rightarrow A_2, A_3, A_{10}$

Group (8): $A_8 \rightarrow A_1, A_3$

Group(9): $A_9 \rightarrow A_5, A_1$

Group(10): $A_{10} \rightarrow A_4, A_8, A_{10}$

إن التطبيق الذي تناولناه هو نموذج متسلسلة زمنية مضبببة من المرتبة الأولى ، والآن سنقدم نموذج المتسلسلة الزمنية من المرتبة الثانية ، إن خطوات العمل لهذا النموذج هي نفسها للنموذج السابق أما الفرق فيبدأ في تمييز العلاقات المضبببة أي ان السنتين السابقتين تؤثران على نتائج التكهين للسنة اللاحقة لهما أي ان العلاقات تؤسس اعتمادا على الجهة اليسرى للعلاقة فتكون بالشكل $F(1970), F(1971) \rightarrow F(1972) = A_2, A_3 \rightarrow A_8$ وهكذا لبقية السنوات والجدول (2-12) الاتي يبين العلاقات المضبببة من المرتبة الثانية.

الخطوة السابعة وهيرفع الضبابية لايجاد نتائج التكهين بما ان التضبيب لقيمة البيان من $F(1970)$ هو A_2 ، فأنا نتائج تكهين $F(1971)$ تعتمد على علاقات A_2 وعلى الزمرة الثانية $Group(2)$ فيحسب ناتج التكهين والذي يساوي معدل Centroid للمجموعات المضبببة A_2, A_3, A_4, A_6, A_7 وتساوي $((256.7 + 293.4 + 337.7 + 388.8 + 415.4)/5) = 432.7$ وهكذا لبقية السنوات المبينة في جدول (2-14)

جدول (2-12) العلاقات المضبببة من المرتبة الثانية

$A_2, A_3 \rightarrow A_8 \quad A_3, A_8 \rightarrow A_1 \quad A_8, A_1 \rightarrow A_9 \quad A_1, A_9 \rightarrow A_5 \quad A_9, A_5 \rightarrow A_6 \quad A_5, A_6 \rightarrow A_4$
 $A_6, A_4 \rightarrow A_2 \quad A_4, A_2 \rightarrow A_4 \quad A_2, A_4 \rightarrow A_9 \quad A_4, A_9 \rightarrow A_5 \quad A_9, A_5 \rightarrow A_7 \quad A_5, A_7 \rightarrow A_2$
 $A_7, A_2 \rightarrow A_7 \quad A_2, A_7 \rightarrow A_3 \quad A_7, A_3 \rightarrow A_5 \quad A_3, A_5 \rightarrow A_4 \quad A_5, A_4 \rightarrow A_{10} \quad A_4, A_{10} \rightarrow A_4$
 $A_{10}, A_4 \rightarrow A_2 \quad A_4, A_2 \rightarrow A_7 \quad A_2, A_7 \rightarrow A_{10} \quad A_7, A_{10} \rightarrow A_{10} \quad A_{10}, A_{10} \rightarrow A_8$
 $A_{10}, A_8 \rightarrow A_3 \quad A_8, A_3 \rightarrow A_9 \quad A_3, A_9 \rightarrow A_5 \quad A_9, A_5 \rightarrow A_1 \quad A_5, A_1 \rightarrow A_1 \quad A_1, A_1 \rightarrow A_2$
 $A_1, A_2 \rightarrow A_2 \quad A_2, A_2 \rightarrow A_6 \quad A_2, A_6 \rightarrow A_4 \quad A_6, A_4 \rightarrow A_5 \quad A_4, A_5 \rightarrow A_3 \quad A_5, A_3 \rightarrow A_9$
 $A_3, A_9 \rightarrow A_1 \quad A_9, A_1 \rightarrow A_1 \quad A_1, A_1 \rightarrow A_1 \quad A_1, A_1 \rightarrow A_2$

اما الخطوة التالية فهي تأسيس زمر العلاقات المضبببة والتي تختلف عن النموذج الاولى بانها تعتمد على الجهة اليسرى من العلاقة

جدول (2-13) زمر العلاقات المضبببة

Group(1): $A_1, A_3, A_5, A_8, A_9 \rightarrow A_1$ Group(2): $A_1, A_2, A_4, A_5, A_6, A_7, A_{10} \rightarrow A_2$

Group(3): $A_2, A_4, A_5, A_7, A_8, A_{10} \rightarrow A_3$ Group(4): $A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_{10} \rightarrow A_4$

Group(5): $A_1, A_3, A_4, A_6, A_7, A_9 \rightarrow A_5$ Group(6): $A_2, A_5, A_9 \rightarrow A_6$

Group(7): $A_2, A_4, A_5, A_7, A_9 \rightarrow A_7$ Group(8): $A_2, A_3, A_{10} \rightarrow A_8$

Group(9): $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_8 \rightarrow A_9$ Group(10): $A_2, A_4, A_5, A_7, A_{10} \rightarrow A_{10}$

ومن ثم نحسب معدلها والذي يمثل نتيجة التكهّن للسنة (1970) والمعبّر عنه بالاتي: بالنسبة لـ A_2 فتساوي

$$(214.6 + 256.6 + 337.7 + 367 + 388.7 + 415.4 + 584.6) / 7 = 366.4$$

اما بالنسبة لـ A_3 فتساوي

$$(256.6 + 337.7 + 367 + 415.4 + 441.7 + 584.6) / 6 = 400.5$$

ومن هنا نحصل على قيمة التكهّن $(366.4 + 400.5) / 2 = 383.4$ وهكذا لبقية السنوات والجدول (14-2) يبين ذلك .

الخطوة الأخيرة وهي رفع الضبابية عن نتائج التكهّن فتكون بإيجاد معدل قيمة مراكز المجموعات المضببة المعتمدة على العلاقات التي تعتمد عليها كل سنة للسنتين السابقتين للسنة الثالثة ومثال على ذلك لإيجاد قيمة تكهّن سنة (1973) نعتد العلاقة

$$F(1970), F(1971) \rightarrow F(1973)$$

ومن هنا نحصل على $A_2, A_3 \rightarrow A_8$ بداية نحسب قيمة التكهّن المفردة لـ A_2 و A_3 وبالاعتماد على زمرة المجموعة الثانية (2) Group و الثالثة (3) Group على التوالي

جدول (14-2) قيم التكهّن لنموذج FCM من المرتبة الثانية

السنة	القيم الحقيقية	قيم التكهّن المرتبة 1	قيم التكهّن المرتبة 2	السنة	القيم الحقيقية	قيم التكهّن المرتبة 1	قيم التكهّن المرتبة 2	السنة	القيم الحقيقية	قيم التكهّن المرتبة 1	قيم التكهّن المرتبة 2	السنة	القيم الحقيقية	قيم التكهّن المرتبة 1	قيم التكهّن المرتبة 2
1970	273.4			1981	371.9	290.9	345.0	1992	577.1	378.2	373.2	2003	339.8	337.7	374.3
1971	298.4	338.4		1982	415.4	330.0	341.0	1993	633.0	454.7	386.1	2004	357.1	432.7	376.8
1972	441.5	443.8	383.5	1983	251.9	378.2	371.7	1994	439.6	454.7	392.3	2005	294.5	330.0	367.4
1973	227.1	254.1	389.4	1984	422.0	338.4	373.2	1995	296.2	254.1	385.3	2006	511.2	443.8	382.0
1974	498.9	331.3	373.1	1985	301.4	378.2	373.2	1996	528.7	443.8	389.4	2007	193.8	290.9	359.5
1975	378.8	290.9	343.2	1986	373.1	443.8	390.2	1997	360.7	290.9	359.5	2008	216.3	331.3	343.2
1976	390.3	330.0	341.0	1987	343.4	330.0	382.0	1998	222.2	330.0	341.0	2009	223.8	331.3	367.9
1977	340.3	337.7	372.8	1988	576.1	432.7	367.4	1999	165.1	331.3	365.7	2010	240.6	331.3	367.9
1978	262.2	432.7	376.8	1989	329.2	454.7	381.8	2000	272.8	331.3	367.9				
1979	335.1	338.4	368.9	1990	256.6	432.7	381.8	2001	261.5	338.4	367.2		9817		m.s.e. المرتبة 1
1980	542.9	432.7	368.9	1991	404.6	338.4	368.9	2002	391.3	338.4	366.4		12807		m.s.e. المرتبة 2

2-5 تطبيق نموذج طريقة مقترحة للتكهّن باستخدام FCM

في هذه النموذج سنعرض التطبيق في إيجاد قيم التكهّن للبيانات المذكورة في جدول (3-1) ولعدد العناقيد من (5-11) عنقود وباستخدام دالة العضوية الطبيعية Gaussian وللمرتبتين الأولى والثانية ، ان خطوات العمل لهذا النموذج هي مشابهة لخطوات العمل لنموذج FCM ولكن الفرق يبدأ بعد خطوة تأسيس زمر المجاميع

المضببة وهو اننا نعيد تشكيل زمرة العلاقات المضببة ، أي انه في عملية رفع الضبابية فاننا سنستخدم علاقة مضببة مقترحة وهي

$$A_{i,1} \rightarrow A_{|j-\alpha| \leq 1}$$

على افضل النتائج للتكهّن والجدول الاتي يبين اعادة تشكيل زمر العلاقات المضببة .

جدول (15-2) قاعدة اعادة تشكيل زمر العلاقات المضببة

Rule (1): $A_1 \rightarrow A_2, A_3, A_4$	Rule (2): $A_3 \rightarrow A_8, A_9$	Rule (21): $A_2 \rightarrow A_6, A_7$	Rule (22): $A_7 \rightarrow A_{10}$
Rule (3): $A_8 \rightarrow A_1$	Rule (4): $A_1 \rightarrow A_9$	Rule (23): $A_{10} \rightarrow A_{10}$	Rule (24): $A_{10} \rightarrow A_8$
Rule (5): $A_9 \rightarrow A_5$	Rule (6): $A_5 \rightarrow A_6, A_7$	Rule (25): $A_8 \rightarrow A_2$	Rule (26): $A_2 \rightarrow A_3, A_4$
Rule (7): $A_6 \rightarrow A_4$	Rule (8): $A_4 \rightarrow A_2$	Rule (27): $A_9 \rightarrow A_5$	Rule (28): $A_5 \rightarrow A_1$
Rule (9): $A_2 \rightarrow A_3, A_4$	Rule (10): $A_4 \rightarrow A_9, A_{10}$	Rule (29): $A_1 \rightarrow A_1, A_2$	Rule (30): $A_1 \rightarrow A_1, A_2$
Rule (11): $A_9 \rightarrow A_5$	Rule (12): $A_5 \rightarrow A_6, A_7$	Rule (31): $A_2 \rightarrow A_3, A_4$	Rule (32): $A_2 \rightarrow A_7$
Rule (13): $A_7 \rightarrow A_2, A_3$	Rule (14): $A_2 \rightarrow A_6, A_7$	Rule (33): $A_6 \rightarrow A_4$	Rule (34): $A_4 \rightarrow A_5$
Rule (15): $A_7 \rightarrow A_2, A_3$	Rule (16): $A_3 \rightarrow A_5$	Rule (35): $A_5 \rightarrow A_3, A_4$	Rule (36): $A_2 \rightarrow A_3, A_4$
Rule (17): $A_5 \rightarrow A_3, A_4$	Rule (18): $A_4 \rightarrow A_9, A_{10}$	Rule (37): $A_9 \rightarrow A_1$	Rule (38): $A_1 \rightarrow A_1, A_2$
Rule (19): $A_{10} \rightarrow A_4$	Rule (20): $A_4 \rightarrow A_2$	Rule (38): $A_1 \rightarrow A_1, A_2$	Rule (40): $A_1 \rightarrow A_1, A_2$

والجدول (16-2) يبين نتائج التكهّن
الان سنذكر التطبيق للنموذج المقترح من المرتبة الثانية . هذا النموذج
مشابه لنموذج FCM الاعتيادي من المرتبة الثانية ولكن الفرق هو في
اعادة تشكيل زمر العلاقات المضببة من المرتبة الثانية باستخدام
العلاقة (21) المقترحة ، فلناخذ قيمة التكهّن لسنة 1973 فانها تعتمد
على السنتين 1970 و 1971 السابقتين فنجد قيمة التكهّن للسنة
الاولى والثانية على التوالي ومن ثم نجد المعدل لهما والذي يمثل ناتج
التكهّن للسنة الثالثة والجدول الاتي يبين قيمة التكهّن.

الخطوة الاخيرة وهي رفع الضبابية عن نتائج التكهّن ولناخذ حساب
قيمة تكهّن سنة (1971)
بما ان العلاقة المضببة
 $A_2 \rightarrow A_3$
وان الزمرة الثانية تساوي
 $A_2 \rightarrow A_2, A_3, A_4, A_6, A_7$
فتصبح الزمرة باستخدام المقترح بالشكل
 $A_2 \rightarrow A_2, A_3, A_4$
أي ان قيمة التكهّن لسنة 1971 يساوي
 $337.3/3 = 295.9$

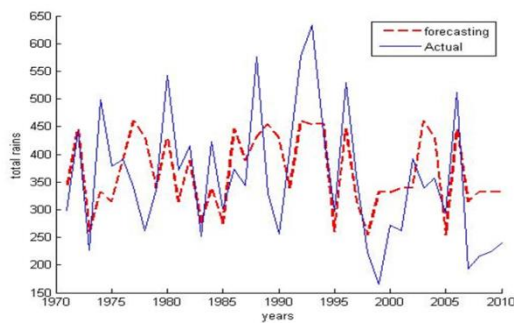
جدول (16-2) نتائج التكهّن باستخدام الطريقة المقترحة للمرتبتين الاولى والثانية

نتائج التكهّن المرتبة الثانية	نتائج التكهّن المرتبة الاولى	المجموعة المضببة	القيم الحقيقية	السنة	نتائج التكهّن المرتبة الثانية	نتائج التكهّن المرتبة الاولى	المجموعة المضببة	القيم الحقيقية	السنة
394.2	402.1	A7	404.6	1991			A2	273.4	1970
553.8	584.6	A10	577.1	1992		296.0	A3	298.4	1971
553.8	584.6	A10	633.0	1993	430.1	482.2	A8	441.5	1972
584.557	441.7	A8	439.6	1994	256.555	214.7	A1	227.1	1973
295.168	293.4	A3	296.2	1995	516.8	522.6	A9	498.9	1974
513.7	482.2	A9	528.7	1996	356.002	367.1	A5	378.8	1975
346.0	367.1	A5	360.7	1997	417.319	402.1	A6	390.3	1976
235.7	214.7	A1	222.2	1998	314.5	337.7	A4	340.3	1977
214.809	235.7	A1	165.1	1999	274.7	256.7	A2	262.2	1978
253.9	235.7	A2	272.8	2000	314.5	315.6	A4	335.1	1979
254.8	275.1	A2	261.5	2001	584.557	553.6	A9	542.9	1980
394.2	402.1	A6	391.3	2002	373.8	367.1	A5	371.9	1981
336.027	337.7	A4	339.8	2003	430.1	402.1	A7	415.4	1982
354.7	367.1	A5	357.1	2004	254.8	275.1	A2	251.9	1983
295.2	315.6	A3	294.5	2005	404.7	402.1	A7	422.0	1984
516.8	482.2	A9	511.2	2006	296.3	275.1	A3	301.4	1985
235.7	214.7	A1	193.8	2007	364.7	367.1	A5	373.1	1986
235.7	235.7	A1	216.3	2008	328.3	315.6	A4	343.4	1987
214.809	235.7	A1	223.8	2009	553.8	553.6	A10	576.1	1988
253.9	235.7	A2	240.6	2010	314.5	337.7	A4	329.2	1989
1060	503	m.s.e.			274.7	256.7	A2	256.6	1990

الجدول الاتي يبين قيم متوسط مربع الاخطاء لطريقة Chen عند استخدام دالة العضوية شبه المنحرف ودالة العضوية المثلثية ولعدد العناقيد بين 5 و 11 عنقود والمرتبين الاولى والثانية ، وكذلك لطريقة FCM والطريقة المقترحة .

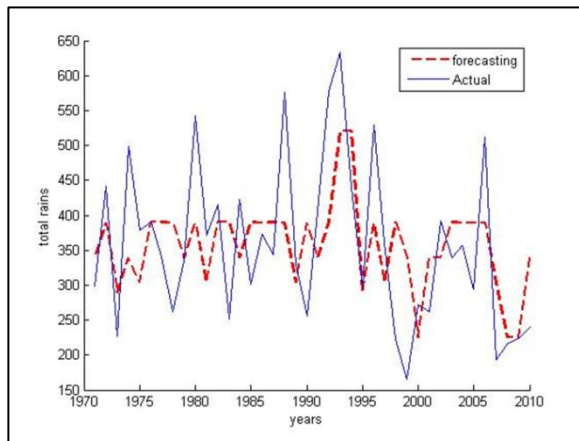
جدول (17-2) قيم متوسط مربع الاخطاء m.s.e.

عدد العناقيد	m.s.e. لطريقة FCM المقترحة		m.s.e. لطريقة FCM الاعتيادية		Chen m.s.e. لطريقة			
	المرتبة الثانية	المرتبة الاولى	المرتبة الثانية	المرتبة الاولى	الدالة المثلثية	الدالة شبه المنحرف	المرتبة الثانية	المرتبة الاولى
5	1917	1932	13811	12698	13423	12194	13031	11092
6	1556	1464	13747	10934	14057	12371	13324	10197
7	856	754	12665	10549	13394	10988*	12583*	9408*
8	868	1060	13136	10718	13000	10022	12871	13952
9	578	521	12041*	9898	14132	11936	14122	11209
10	495*	503	12807	9817	14862	12876	12606	10892
11	1060	471*	13087	8784*	13572	10060	14099	9860



شكل (2-4) رسم المتسلسلة الاصلية ورسم متسلسلة قيم التكهّن بالطريقة المقترحة

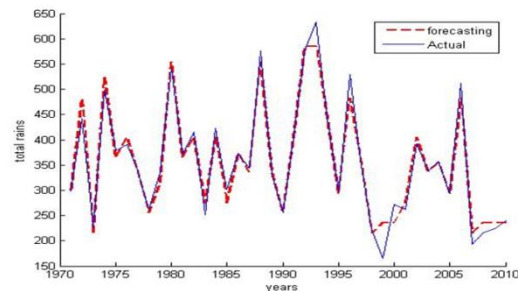
3- اما بالنسبة لطريقة Chen فان افضل قيم تنبؤ تم الحصول عليها هي القيم المحسوبة باستخدام العلاقة المضطربة من المرتبة الاولى بدالة عضوية شبه المنحرف وبعدد عناقيد (7) والشكل (2-3)



شكل (2-5) رسم المتسلسلة الاصلية ورسم متسلسلة قيم التكهّن بالطريقة المقترحة

2-6 الاستنتاجات :

من الجدول (17-2) والخاص بدقة التكهّن باستخدام المقياس m.s.e. يتضح ما يأتي



شكل (2-2) رسم المتسلسلة الاصلية ورسم متسلسلة قيم التكهّن بالطريقة المقترحة

1- افضل قيم التكهّن التي تم الحصول عليها وبأقل m.s.e. هي للطريقة المقترحة وبعدد عناقيد (11) باستخدام العلاقة المضطربة من المرتبة الاولى والشكل (2-2)

2- اما بالنسبة لطريقة FCM الاعتيادية فان افضل قيم تنبؤ تم الحصول عليها هي القيم المحسوبة باستخدام العلاقة المضطربة من المرتبة الاولى وبعدد عناقيد (11) والشكل (2-3)

ملحق (1)

برنامج بنظام MATLAB2012a خاص بتكوين العناقيد (11) حسب طريقة FCM وحساب قيم مصفوفة العضوية U وحساب قيم المركز المتوسط (centroid) .

```

1- data=[273.4;298.4;441.5;227.1;498.9;378.8;390.3;340.3;262.2;335.1;542.9;371.9;415.4;251.9;422;301.4;3
73.1;343.4;576.1;329.2;256.6;404.6;577.1;633;439.6;296.2;528.7;360.7;222.2;165.1;272.8;261.5;391.3;339.8;35
7.1;294.5;511.2;193.8;216.3;223.8;240.6];
2- [center,U,obj_fcn] = fcm(data, 11);
3- maxU = max(U);
4- disp(U);disp(center);
5- index1 = find(U(1,:) == maxU);index2 = find(U(2,:) ==maxU); index3 = find(U(3,:) == maxU);index4 =
find(U(4,:) == maxU); index5 = find(U(5,:) == maxU);index6 = find(U(6,:) == maxU);
6- index7 = find(U(7,:) == maxU);index8 = find(U(8,:) == maxU); index9 = find(U(9,:) == maxU);index10
= find(U(10,:) == maxU); index11 = find(U(11,:) == maxU);
7- disp(index1);disp(index2);disp(index3);disp(index4);
8- disp(index5);disp(index6);
9- disp(index7);disp(index8);disp(index9);disp(index10);
10- disp(index11);
11- hold on
12- plot(index1,data(index1),'o','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','g');
13- plot(index2,data(index2),'s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','b');
14- plot(index3,data(index3),'o','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','k');
15- plot(index4,data(index4),'s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','w');
16- plot(index5,data(index5),'o','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','y');
17- plot(index6,data(index6),'s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','w');
18- plot(index7,data(index7),'s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r');
19- plot(index8,data(index8),'o','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','b');
20- plot(index9,data(index9),'s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','g');
21- plot(index10,data(index10),'o','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r');
22- plot(index11,data(index11),'s','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','y');
23- plot (data);
24- hold off
25- z1=(U(1,:)*data);d1=sum(U(1,:));zz1=z1/d1;z2=(U(2,:)*data); d2=sum(U(2,:));zz2=z2/d2;
26- z3=(U(3,:)*data);d3=sum(U(3,:));zz3=z3/d3;z4=(U(4,:)*data); d4=sum(U(4,:));
27- zz4=z4/d4;z5=(U(5,:)*data);d5=sum(U(5,:));zz5=z5/d5;z6=(U(6,:)*data);
28- d6=sum(U(6,:));zz6=z6/d6;z7=(U(7,:)*data);d7=sum(U(7,:));zz7=z7/d7;
29- z8=(U(8,:)*data);d8=sum(U(8,:));zz8=z8/d8;z9=(U(9,:)*data); d9=sum(U(9,:));
30- zz9=z9/d9;z10=(U(10,:)*data);d10=sum(U(10,:));zz10=z10/d10; z11=(U(11,:)*data);
31- d11=sum(U(11,:));zz11=z11/d11;disp(zz1);
32- disp(zz2);disp(zz3);disp(zz4);disp(zz5);disp(zz6);disp(zz7);disp(zz8);disp(zz9);
33- disp(zz10);disp(zz11);

```

المصادر (Reference)

- 1- زين العابدين، نورسل احمد ، (2008)، " تطبيقات المنطق المضبيب في الاحصاء " ، رسالة ماجستير،كلية علوم الحاسبات والرياضيات ،جامعة الموصل.
- 2- هندوش. رنا وليد بهنام،(2006) "دراسة عن النمذجة المضبية مع تطبيقات"، رسالة ماجستير،كلية علوم الحاسبات والرياضيات ،جامعة الموصل.
- 3- M. Falasconi, A. Gutierrez, M. Pardo, G. Sberveglieri, S. Marco, (2009), "A stability based validity method for fuzzy clustering ",Pattern Recognition 43 PP (1292–1305), ELSEVIER
- 4- Meredith Stevenson and John E. Porter, (2009), " Fuzzy Time Series Forecasting Using Percentage Change as the Universe of Discourse ",World Academy of Science, Engineering and Technology 55 PP(154-157).
- 5- الجوادي ، رضوان يوسف صديق(2004)،"تقييم صحة العقدة" رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات/قسم علوم الحاسبات/ جامعة الموصل.
- 7- Guanroug Chen , Tuung Tat Pham , (2001) " Introduction to Fuzzy set , Fuzzy Logic , Fuzzy Control systems " , LLC, U.S.A.
- 8- محمد ،عامر خضر جرجيس (2007) " استخدام المنطق المضبيب في السيطرة النوعية"، رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ،جامعة الموصل.
- 9- Patricia Melin , Oscar Castillo ,(2005) , " Hybrid Intelligent systems for Pattern Recognition using soft Computing , An Evolutionary Approach for Neural Networks and Fuzzy system " , Springer –Verlag , Berlin Heidelberg , Germany .

- 15-- Jose Valente de Oliveira and Witold Pedrycz , (2007), "Advances in Fuzzy clustering and its Applications " , John Wiley and sons Ltd , England .
- 16- بهنام , بيداء سلمان , (2006) , " استخدام العقدة المحسنة في تضبيب البيانات " , رسالة ماجستير , كلية علوم الحاسبات والرياضيات , جامعة الموصل .
- 17-Olaf Wolkenhauer , "Fuzzy Clustering, Hard-c-means, Fuzzy – c-means , Gustafson-Kessel", Control Systems Centre, UMIST, U.K .
- 18 -Erol E ğrio glu , (2012) , " A New Time-Invariant Fuzzy Time Series Forecasting Method Based on Genetic Algorithm " , Advances in Fuzzy Systems , Volume 2012, Hindawi Publisher Corporation .
- 19- Zimmermann . H.J. (1991), " Fuzzy set Theory – and its Applications , second , Revised Edition, Kluwer academic publisher , USA .
- 20- Mika Sato-Ilic and Lakhmi C.Jain, (2006), "Innovations in Fuzzy Clustering " , stud Fuzz 205.1-8, system Research Institute polish Academy of sciences ul. Newelska , Warsaw , Poland .
- 10- Jens Runi Poulsen , (2009), "Fuzzy Time Series Forecasting - Developing a new forecasting model based on high order fuzzy time series", Aalborg University Esbjerg (AAUE).
- 11- Yu Yan-Hua & Song Li-Xia , (2010), " On Fuzzy Time Series Method", International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling, 2010-IEEE, pp(297-300).
- 12- الشرايبي , نجلاء سعد ابراهيم , (2009), " المنطق المضبيب لنماذج السلسلة الزمنية مع تطبيق " , رسالة ماجستير , كلية علوم الحاسبات والرياضيات , جامعة الموصل .
- 13- Ashraf K. Abd Elaal , Hesham A. Hefny and Ashraf H. Abd Elwahab , (2010) , " Constructing Fuzzy Time Series Model Based on for forecasting " , Journal of Computer science 6(7)pp(735-739).
- 14- Sadaaki Miyamoto , Hidetomo Ichihashi and Katsuhiro Honda , (2008), Algorithms for Fuzzy Clustering , methods in c-Means clustering with applications " , studies Fuzziness and Soft Computing , Volume(229), Springer –Verlag , Berlin Heidelberg .

Study on Fuzzy-Clustering Methods in Fuzzy Time Series Forecasting with Application

Azher Abbas mohammad Ayad hammad , Mohammed Taha A. AL-gan'nam , KHalaf AL-loheby
Department of Mathematics, College of Education for Pure Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

Abstract

In this research we study some fuzzy clustering methods in fuzzy time series forecasting especially Chen method and we used a FCM method to construct a fuzzy clustering . we suggest a new method for forecasting based on re-established a fuzzy group relation and we apply the suggest method and comparing the results of pervious methods for first and second order fuzzy relation with the number of clusters between 5 and 11 and we obtained best forecasting with m.s.e. less than the previous method.