المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (21) 2012
ص ص [316-345]

مقارنة بين تحليل المكونات المستقلة والمنطق المضبب في التنبؤ بالسلاسل الزمنية

مثينة عبدا مصطفى[1]

الملخص:

يعتبر تحليل السلاسل الزمنية من أكثر الطرائق الإحصائية استخداماً في مجالات الحياة اليومية حيث يتم تحليل الظواهر لفترة معينة من الزمن ومن ثم التكهن بها مستقبلاً وفي هذا البحث يتم هذا التحليل بالاعتماد على التحليل العاملي الذي يعد منهاجا إحصائيا لتحليل متغيرات متعددة ارتبطت فيما بينها بدرجات مختلفة من الارتباط من خلال وضع هذه المتغيرات في صورة تصنيفات مستقلة قائمة على أسس نوعية للتصنيف.

ويهدف هذا البحث إلى عرض أسلوب لنمذجة السلاسل الزمنية يعتمد على المكونات المستقلة والمنطق المضبب من خلال إيجاد نماذج (ARIMA) الملائمة لكل سلسلة زمنية، ومن ثم إيجاد تكهنات للسلاسل الزمنية بطريقة المكونات المستقلة و أسلوب المنطق المضبب والمقارنة بينهما بالاعتماد على معيار MSE.

[1] مدرس مساعد/كلية علوم البيئة وتقناتها/ جامعة الموصل

تاريخ التسليم 2011/3/6 ــــــــــــــــ تاريخ القبول 2011/7/25

Comparison between independent component analysis and fuzzy logic in prediction of time series

Abstract

The analysis of time series is the most commonly used statistical methods in the areas of daily life where phenomena are analyzed for a certain period of time and then to predict the future In this research, this analysis is based on factor analysis, which is a platform for statistical analysis of multiple variables associated with each other with varying degrees of association through the development of these variables in the form of a list of independent ratings on the basis of the quality of classification.

This research aims to present a method for modeling time series depending on the independent components and fuzzy logic through (ARIMA) models appropriate for each time series, and then find the speculation of the time series of independent components in a manner and method of fuzzy logic and comparison between them depending on the standard MSE.

1- المقدمة:

المكونات المستقلة (Inedepend Components) هي عبارة عن توفيق خطي للمتغيرات المدروسة، تباينها يكون بمثابة مؤشر لتفسير جزء من التباين الكلي، ولهذا السبب فان المكونات المستقلة تُرتّب تنازلياً حسب تباينها، بمعنى أن كمية المعلومات التي يفسرها المكون المستقل الأول اكبر مما يفسره المكون المستقل الثاني وكذلك بالنسبة للمكون الثاني اكبر من المكون الثالث وهكذا ومن ثم يمكن التوصل إلى استخلاص مكونات خطية متعامدة وغير مترابطة مما يساعد في تحسين التنبؤ المستقبلي للمتغيرات العشوائية المستخلصة. (Hyvarinen,2000)

لقد شهدت نظرية المجموعـات المـضببة تطـورا كبيـرا لتـصبح مجـالا علميـا بارزا أطلق عليه أسـم المنطـق المـضبب أو الأنظمـة المـضببة التـي اسـتطاعت معالجة أنـواع مختلفـة مـن اللاوثوقيـة المتمثلـة بالإبهـام النـاتج عـن الغمـوض المـصاحب لـبعض المـصطلحات اللغويـة المبهمـة ضـمن اللغـة الطبيعيـة مثل"حار","كبير","واسـع" ......الـخ وبهـذا يمكننـا تعريـف المجموعـات المـضببة رياضيا بتعيين كل العناصر الممكنة في المجموعة الشاملة التـي تحـدث بقـيم معينـة عن طريق درجـة العـضوية Degree of Membership فـي المجموعـة الـشاملة ودرجات العضوية هذه غالبا ما تمثـل بقيمـة حقيقيـة تقـع ضـمن الفتـرة المغلقـة .[0,1]

إن النماذج المضببة يمكن وصفها بأنها عبارة عن نمـاذج خطيـة منطقيـة تـستخدم قواعد IF-THEN لتكـوين علاقـات مترابطـة بـين المتغيـرات المـستخدمة فـي النظام ومن ثم تعـد هياكـل رياضـية مرنـة واضـحة التفـسير والتحليـل ويمكـن الاعتماد عليها في التنبؤ واتخاذ القرار، وتحليل الـنظم.....الـخ بحيـث يـتم التوصـل إلى النموذج المضبب الذي يتم بنـاؤه اعتمـادا علـى مفـاهيم مـأخوذة مـن نظريـة المجموعات المـضببة Fuzzy Set Theory يـتم وصـف النظـام فيـه عـن طريق المدخلات Inputs والمخرجات outputs فـضلا عـن وجـود قواعـد معينـة Rules بين المدخلات والمخرجات .(Klir,1988)

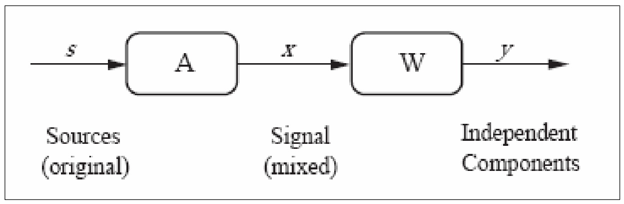
2- الجانب النظري :

1-2 المكونات المستقلة (Inedepend Components)

إن استخلاص العوامل الخفية Latent Factors مـن مجموعـة مـن المتغيـرات العشوائية المسحوبة من مجتمع ما يساعد في التعرف على التركيب الأصـلي Original Structure لهذه المتغيرات العشوائية، كما أن استخدام هذه العوامل الخفية (المكونـات) يساعد في تحسين التنبؤ المستقبلي للمتغيرات العشوائية المستخلصة.

تستطيع هذه الطريقة استخلاص عوامل خفية (المكونـات) متعامـدةOrthogonal وخطية Linear وغير مترابطة Uncorrelated و تعتمد على مبدأ أن عدم الارتبـاط لا يعني بالضرورة استقلال المتغيرات العشوائية عن بعضها ، فعدم الارتباط حالة جزئية من الاستقلال الإحصائي .

لذلك فان تحليل المكونات المستقلة هو أحد أساليب استخلاص العوامل الخفية(المكونات)



الشكل(1.2) يمثل استخلاص المكونات المستقلة

التي تتميز بالاستقلال الإحصائي ويوضح الشكل أعلاه عمليـة اسـتخلاص المكونـات المستقلة ، ويتضح من الشكل أعلاه أن المصادر الأساسية s يـتم خلطهـا مـن خـلال المصفوفة A التي تعرف بمصفوفة الخلط Mixing لتتكون المتغيرات الملاحظة x وتقـوم المصفوفة W والتي تعرف بمصفوفة فصل الخلـط Demixing بتحويـل المتغيـرات الملاحظة x إلى مكونات مستقلة y ،

ويمكن التعبير عن نموذج المكونات المستقلة كما يأتي:

$$X= As$$

حيث أن :

X: تمثل مصفوفة متجهات الجذور المميزة

A: تمثل متجهات الجذور المميزة

s :قيم متجهات الجذور المميزة

وتكمن المشكلة في إيجاد مصفوفة الفصل W :

$$y = WX = WAs$$

حيث أن :

Y:تمثل المكونات المستقلة

W:تمثل المتغيرات المدروسة

و يتمتع تحليل المكونات المستقلة بالخواص الآتية: (Hyvarinen,2000)

1. يتعامل مع متغيرات عشوائية خطية وغير خطية.
2. يتماثل مع PCA في استخدامه لدوال تحويل Transformation Functions خطية لاستخلاص العوامل الخفية.
3. طبيعة العوامل الخفية(المكونات) مستقلة إحصائيا بعكس PCA تكون مكونـات غيـر مترابطة.
4. لا يتطلب أن تكون المتغيرات العشوائية تتبع التوزيع الطبيعـي لأنـه يعتمـد علـى معلومات إحصائية من درجة أعلى من الدرجة الثانية كما هو الحال في PCA.
5. لا يحتاج إلى عملية تدوير Rotation لأنه يصل إلى الاتجاهات المهمة (المكونـات) مباشرةً.

ومن ثم يمكن لهذا التحليل التعامل مع المتغيرات العشوائية التي تتقلب بشكل سـريع خلال الفترات الزمنية القصيرة حيث أن مثل هذه المتغيرات تتميـز بعـدم الخطيـة وإمكانية إيجاد المكونات المستقلة التي تمثل التركيب الأصلي لها.

أما الفرق بين تحليل المكونات المستقلة وتحليل المكونات الرئيسية فهو كما يأتي:

تستطيع طريقة المكونات الرئيسية استخلاص عوامل خفية (المكونات) بحيـث تكـون متعامدةOrthogonal وخطية Linear وغير مترابطة Uncorrelated ، ولكن لتطبيـق هذه الطريقة يشترط الأتي:

1. المتغيرات العشوائية خطية.
2. يعتمد على دوال تحويـل Transformation Functions خطيـة لاسـتخلاص العوامل الخفية.
3. يعتمد على معلومات إحصائية من الدرجة الثانية لهذا يتطلب أن تكون المتغيرات العشوائية تتبع التوزيع الطبيعي للحصول على مصفوفة التبـاين والتغـاير لهـذه المتغيرات العشوائية.
4. تحتاج المكونات الرئيسية إلـى عمليـة تـدوير المحـاورRotation للوصـول للاتجاهات(العوامل) الصحيحة غير المترابطة الممثلة للمكونات الرئيسية.

2- حساب المكونات المستقلة

يستخدم تحليل المكونات المستقلة لإيجاد معادلة الانحدار ذات المعاملات الانحدارية المرغوب بها وكذلك للتخاص من مشكلة تعدد العلاقة الخطية بين المتغيرات المستقلة. (Hyvarinen,2000),(وكيبيديا)

فلو فرضنا أن لدينا نموذج الانحدار

$$Y = XW + e$$

حيث أن X تحتوي على m من المتغيرات المستقلة بحيث نستطيع مـن خلالهـا إيجـاد مكونات أقل من m مشتقة من القيم الأصلية X لتحل محل هذه المتغيرات بحيـث تكـون مؤهلة لتفسير معظم التباين الكلي للقيم الأصلية وتكون هذه المكونات متعامدة فيما بينهـا ويمكن كتابتها بالشكل الأتي:

$$PC_1=a_{11}X_1+a_{21}X_2+\text{-----}+a_{m1}X_m=X_{a1} \qquad (2\text{-}1)$$

$$PC_2=a_{21}X_1+a_{22}X_2+\text{------}+a_{m2}X_m=X_{a2}$$

.

.

$$PC_m=a_{m1}X_1+a_{2m}X_2+\text{----}+a_{mm}X_m=X_{am}$$

وباستخدام المصفوفات فأن :

$$PC=XA \qquad (2\text{-}2)$$

حيث أن:

$$PC=\begin{bmatrix} PC_1 \\ PC_2 \\ . \\ . \\ PC_m \end{bmatrix}$$

$$X=\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & . & . & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & . & . & X_{2m} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ X_{m1} & X_{m2} & . & . & X_{mm} \end{bmatrix}$$

$$A=\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & . & . & A_{1m} \\ A_{21} & A_{22} & . & . & A_{2m} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ A_{m1} & A_{m2} & . & . & A_{mm} \end{bmatrix}$$

$$Y=(PC)s \qquad (2\text{-}3)$$

$$Y=(XA) \qquad (2\text{-}4)$$

$$Y= X(As) =XW \qquad (2\text{-}5)$$

لذلك فان As هي معامل الانحدار W

نلاحظ اننا بطريقة المكونات المستقلة قد حصلنا على m من المتغيرات المتعامدة المشتقة من توليفة خطية من X وبذلك يتم التخاص من مشكلة تعدد العلاقات الخطية بين قـيم X التي يتم استبدالها ب PCi التي لا توجد بينهما ارتباط.

بما أن المتغيرات X لها نفس وحدة القياس ففي هذه الحالة تكـون معـاملات المكونـات المستقلة a_{ij} قيم المتجهات المميزة لمصفوفة التباين والتباين المشترك V للمتغيرات X .

وان مصفوفة التباين والتباين المشترك لX هي:

$$V=\begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & . & . & V_{1m} \\ V_{21} & V_{22} & . & . & V_{2m} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ V_{m1} & V_{m2} & . & . & V_{mm} \end{bmatrix}$$

$$V_{ii}=\frac{S_{ii}}{n-1} \qquad (2\text{-}6)$$

وان المعادلة المميزة للمصفوفة V هي:

$$V=\begin{bmatrix} (V_{11}-\lambda) & V_{12} & . & . & V_{1m} \\ V_{21} & (V_{22}-\lambda) & . & . & V_{2m} \\ . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . \\ V_{m1} & V_{m2} & . & . & (V_{mm}-\lambda) \end{bmatrix}$$

أي نطرح λ من القيم القطرية للمصفوفة V ثم نجعل قيمة محددتها تساوي صفرا.

وشكل المعادلة المميزة هو متعدد الحدود (polynomial) في λ من الدرجة m .

ومنها نجد المعادلة المميزة هي :

$$\lambda^m + C_{m-1}\lambda^{m-1} + \cdots + C_1\lambda + C_0 = 0 \qquad (2\text{-}7)$$

وعند حل هذه المعادلة ستحصل على m من الجذور λ_m,-----, λ_2 , λ_1 وترتب هـذه الجذور بحيث يكون λ_1 هو أكبر قيمة ويليه λ_2 وهكذا بحيث أن :

$$\lambda_1 > \lambda_2 > \lambda_3 > ... > \lambda_m > 0 \qquad (2-8)$$

وان لكل جذر مميزλ_i متجهاً مميزاً خاصاً يقابله بحيث يكون $(V-\lambda_i)\ a=0$

ونختار a_{ij} بحيث تساوي قيم المتجه المميز القياسي إي بحيث نكون :

$$PC_i = a_{1i}X_1 + a_{2i}X_2 + ----+ a_{mi}X_m = X_{ai} \qquad (2-9)$$

وبذلك يمكن الحصول على معادلة الانحدار المتعدد بالشكل الأتي:

$$Y = s_0 + s_1 PC_1 + s_2 PC_2 \qquad (2-10)$$

2-2 المنطق المضبب : Fuzzy Logic

المنطق المضبب أو منطق الغموض هو أحد أشكال المنطق،الذي يستخدم في بعض الأنظمة الخبيرة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، نشأ هذا المنطق عام 1965 على يد العالم الإذريبجاني الأصل "لطفي زادة" من جامعة كاليفورنيا حيث طوره ليستخدمه كطريقة أفضل لمعالجة البيانات ، لكن نظريته لم تلق اهتماماً حتى عام 1974 حيث استخدم المنطق المضبب في تنظيم محرك بخاري، ثم تطورت تطبيقاته حتى وصلت لتصنيع شريحة منطق ضبابي fuzzy logic chip والتي استعملت في العديد من المنتجات كآلات التصوير.

هناك العديد من الدوافع التي دفعت العلماء إلى تطوير علم المنطق المضبب فمع تطور الحاسوب و البرمجيات نشأت الرغبة في اختراع أو برمجة أنظمة يمكنها التعامل مع المعلومات الغير دقيقة على غرار الإنسان لكن هذا ولد مشكلة حيث أن الحاسوب لا يمكنه التعامل إلا مع معطيات دقيقة و محددة. و قد نتج عن هذا التوجه ما يعرف بالأنظمة الخبيرة أو الذكاء الاصطناعي و يعتبر علم المنطق المضبب أحد النظريات التي يمكن من خلالها بناء مثل هذه الأنظمة.

2-3 المفاهيم و المفردات الأساسية في المنطق المضبب

2-3-1 المجموعات الحادة : Crisp Sets

إن المجموعة الحادة يمكن تعريفها بطريقة خاصة في بعض المجموعات الشاملة Universal Sets حيث يمكن تقسيم المجموعة الشاملة على فئتين :الأولى هي أن يكون العنصر عضوا Member في المجموعة أي ينتمي للمجموعة والثانية أن لا يكون العنصر عضوا في المجموعة أي لا ينتمي للمجموعة وبهذا فان الانتماء أو ما يسمى بالعضوية Membership للعناصر يكون واضحاCrisp أي يكون إما نعم أولا وصائبا أو خطا.(Vinterbo,2002)

ليكن لدينا المجموعة A والمجموعة الشاملة U إذا قمنا بتعريف الدالة μ_A التي تعطي لكل عنصر من عناصر المجموعةU درجة انتمائه إلى المجموعة A وذلك عبر إعطائه الرقم 1 في صورة انتماء العنصر للمجموعة$\mu_A(x)=1$ إما إذا كان العنصر لا ينتمي إلى المجموعةA فان الدالة $\mu_A(x)=0$ وعلى ذلك يمكن التعبير عن الدالةμ_A بالشكل الأتي :

$$\mu_A : U \rightarrow \{0,1\} \quad x \rightarrow \mu_A(x)$$

أن المجموعات الحادة تستطيع أن تميز بين الأعضاء المنتمية وغير المنتمية ولذلك لا يمكنها إن تعكس مفهوم اللاوثوقية حول العضوية ، ويمكن أن نلاحظ أيضا أننا عندما نتعامل مع المجموعات الهشة فان قيمة الدالة المميزة تكون إما صفر أو واحداً ولذلك نستطيع توسيعها إلى مجموعات مضببة يمكنها أن تقدم لنا فكرة الصواب الجزئي.(Razaz and king,1999)

2-3-2 المجموعات المضببة Fuzzy Sets :

تعد المجموعات المضببة fuzzy sets تعميماً للمجموعات الواضحة وذلك بإعطاء درجة انتماء للعضوية لكل عنصر في المجموعة وبهذا يمكننا تعريف المجموعة المضببة بأنها مجموعة جزئية من المجموعة الشاملة x،يمكن للعناصر

فيها أن تكون منتميــة انتمــاء جزئيــا، وأن درجــة انتمائهــا يطلــق عليهــا درجــة العــضوية Membership Degree ، والتــي تكــون أعــدادا حقيقيــة تقــع ضــمن الفترة المغلقة[0,1] فإذا كانــت درجــة العــضوية 0 فــان العنــصر لا ينتمــي إلــى مجموعة وإذا كانت درجة العــضوية 1 فهــذا معنــاه أن العنــصر ينتمــي للمجموعــة وبدرجة وثوقية 100% أي يكون إنتمائه تامــا. إن هــذه الدالــة يمكــن أن تعمــم فــي حالــة المجموعــات المــضببة وذلــك بتعيــين درجــة العــضوية Membership Degree لكل عنصر x من عناصــر المجموعــة المــضببة ضــمن المــدى المعــين للعناصر في المجموعة ،ويعبر عــن درجــة العــضوية $M_A(x)$ وتــسمى هــذه الدالــة بدالة العضويةMembership Function وتمثــل درجــة عــضوية العنــصر x الــى المجموعة المضببة A والتي مــن الممكــن أن تأخــذ أيــة قيمــة فــي الفتــرة [0,1] وتمثل عــادة بالــشكل العــام الأتــي : (Kandel,1986)

$$\mu_A \rightarrow X[0,1]$$

من المجموعة المضببة A فــي X تكــون مجموعــة الأزواج المرتبــة وبالــشكل الأتي:

$$A = \{(x, \mu_A(x)), \forall x \in X\}$$

3 -3-2 العمليات في المنطق المضبب: Operations on Fuzzy Logic

في المجموعات الحادة هناك عدة عمليات تجرى علــى المجموعــة منهــا عمليــة التقاطع Intersect وعملية الإتحادUnion وعمليــة النفــي Negate وهــذه العمليــات نفسها نستطيع أن نــستعملها فــي المنطــق المــضبب .حيــث اقتــرح لطفــي زاده أن يشير إلى عمليــة التقــاطع ب Minimum وعمليــة الإتحــاد بMaximum. إن هــذه العمليات تربط مجمــوعتين مــضببتين ومــن ثــم تعطــي القيمــة الحقيقيــة.ان هــذه العمليات تحدد مدى التطبيقات وعمليــات الاســتدلال المــضبب وأيــضا مــن خلالهــا

يمكن تحديد العديد من الأمور غير المفهومـة فـي المنطـق المـضبب. (Klir,1997)

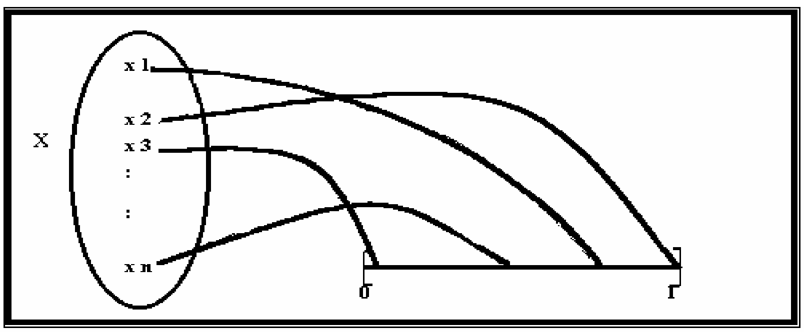
$$A \cap B = \min(A, B)$$

$$A \cup B = \max(A, B)$$

4-3-2 دالة العضوية: Membership Function

إن أحد الدوافع الأساسية لإنشاء المجموعات المضببة هي التعامل مـع مفـاهيم ذوات طبيعة خاصة لا يمكن تحديدها بشكل قطعي.وبالنظر لكون العـضوية فـي المجموعـات المضببة يمكن أن يكون لها لا وثوقية فان العضوية للمجموعات المضببة هي مسألة درجة انتماء Membership Degree إلى تلك المجموعة.

إن كل مجموعة مضببةA معرفة بدلالة مجموعة شاملة مناسبةX تعرف بواسطة دالـة تشبه الدالة المميـزة Characteristic Function للمجموعـات الهـشة تـسمى بدالـة العضويةMembership- Function ويرمز لهاـب $\mu_A(x)$ حيـث أن $x \in X$. وتجـدر الملاحظة انه عند تعريف دالة العضوية $\mu_A(x)$ فان كل عنصر $x \in X$ تؤشر له قيمة تقع في الفترة المغلقة [0,1] تميز درجة العنصرx فيA لذا يمكن توضـيح دالـة العـضوية بالشكل(2.2)(Ngugen and Walker,2000).



الشكل (2.2) : التمثيل العام لدالة العضوية .

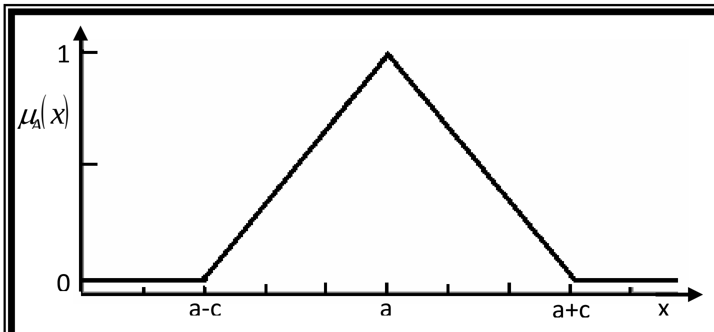
وهناك عدة أنواع من دوال العضوية أهمها :

أ- دالة العضوية ذات الـشكل ألمثلثـي Triangular–Shaped Membership Function :

يكون الشكل العام لهذه الدالة كما يأتي:

$$\mu_A(x)=\begin{cases} 1-\dfrac{|x-a|}{c} & ; \quad |x-a|\le c \\ 0 & ; \quad otherwise \end{cases} \qquad (2.11)$$

وكما موضح بالشكل (3.2) .



الشكل (3.2) : يمثل دالة العضوية ذات الشكل المثلثي .

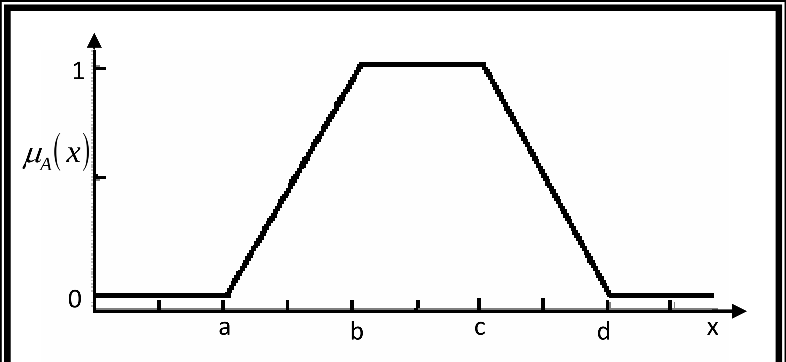
ب - دالة العضوية ذات الشكل شبه المنحرف Trapezoidal – Shaped Function Membership :

يكون الشكل العام لهذه الدالة كما يأتي:

(2-12)

$$\mu_A(x)=\begin{cases}\frac{(a-x)}{(a-b)} & ; \quad a<x\le b\\ 1 & ; \quad b\le x\le c\\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & ; \quad c\le x<d\\ 0 & ; \quad otherwise\end{cases}$$

وكما موضح بالشكل (4.2) .

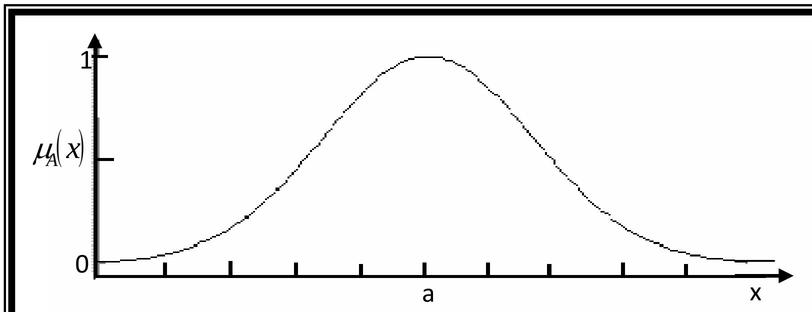


الشكل (4.2) : يمثل دالة العضوية ذات الشكل شبه المنحرف .

ج- الدالة الكاوسية Gaussian Function ويكون الشكل العام لها:

$$\mu_A(x)=e^{-\frac{(x-a)^2}{b}} \qquad (2.13)$$

كما موضح بالشكل (5.2) .



الشكل (5.2) : يمثل دالة العضوية الكاوسية .

2-3- 5 تطبيقات المنطق المضبب

تتضمن معظم التطبيقات للتحكم في المتغيرات الحركية (الميكانيكية) Dynamic variables للآلة وكالأتي:

- آلات تصوير الفيديو: استشعار حركة الأشياء التي تقوم الكاميرا بتصويرها و أي اهتزاز من قبل الكاميرا أيضا .
- السيارات: توفير إمكانية التحكم في السرعة cruise control اذ تقوم دائرة المنطق الضبابي بحساب التسارع و التحكم في أثر حقن المزيد من الوقود أو تشغيل الفرامل .
- تكييف الهواء: القيام بتخفيض الحرارة تدريجيا حتى الوصول إلى المستوى المراد .
- غلايات السفن : مراقبة درجة الحرارة و الضغط للمحافظة على الاستقرار .
- الغسالات: مراقبة الحِمل نوعية الأنسجة و كمية المنظف لتحقيق الأمثلية optimize the cycleفي دورة الغسل .

2-3-6 مراحل بناء النموذج المضبب

Stages of Constructing Fuzzy Model

النموذج المضبب عبارة عن نظام خبير Expert System يوضح العلاقة بـين المدخلات Input والمخرجات Output من خلال مجموعة من القواعد Rules ، ويقـع عادة بناء النموذج المضبب Fuzzy Model من ثلاث خطوات رئيسية يمكن توضـيحها كالآتي (Almonds Russell Babuska,2001).

1- التضبيب Fuzzification

تعد هذه الخطوة أول خطوة في بناء النموذج المـضبب حيـث تقـوم بتحويـل المدخلات الحادة Crisp Inputs إلى مدخلات مضببة Fuzzy Inputs عن طريق دوال العضوية Membership Functions للمدخلات الحادة وتكون قيم عضويتها محـصورة بين الصفر والواحد ، وتعد هذه الخطوة مكافئة لمعاينة النموذج إحصائيا .

2- تقييم القاعدة Rule Evaluation

يتم في هذه الخطوة تحويل المدخلات الهشة إلى مخرجات مضببة مستعينين بالقواعد Rule-Base .

3- انفشاع الضبابية Defuzzification

تعد هذه الخطوة آخر خطوة في بناء النموذج المضبب والتي يتم فيها تحويل المخرجات المضببة إلى مخرجات هشة والتي تأخذ قيما عددية حقيقية .

3- الجانب العملي:

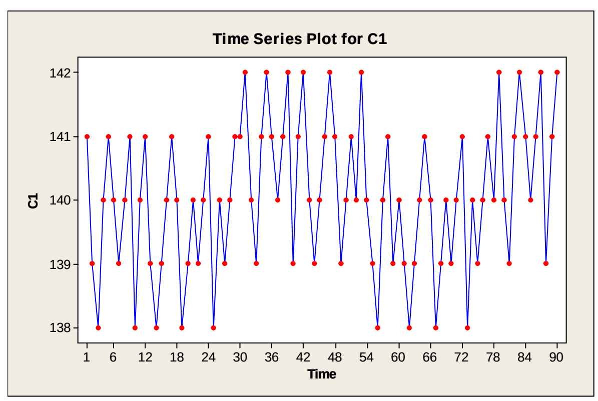
تم جمع البيانات من محطات تصفية المياه لمشروع الكرخ وشرق دجلة والوثبة لمدينة بغداد والتي مثلت فحص كاربونات الكالسيوم Alkalinityas $CaCo_3$ مقاسه بوحدة (ملغم/لتر) ومعدل المشاريع الثلاثة مضافا اليها معدل السيطرة النوعية التي مثلت المتغير المعتمد Y وللفترة من 2009/1/1 ولغاية 2009/3/31.

الجدول(**1**) يبين قيم كاربونات الكالسيوم وقيم المتغير Y للمشاريع الثلاثة

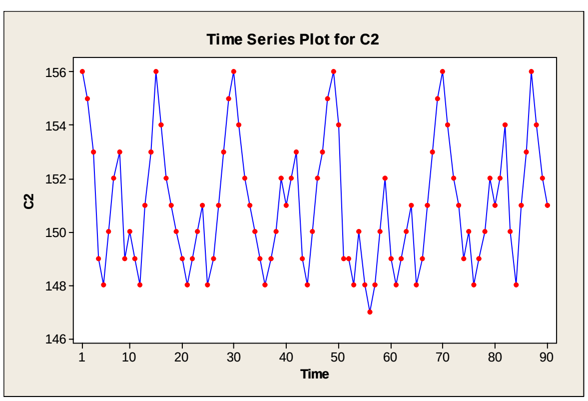
ت	الكرخ	شرق دجلة	الوثبة	Y	ت	الكرخ	شرق دجلة	الوثبة	Y	ت	الكرخ	شرق دجلة	الوثبة	Y
1	141	156	134	141	31	142	154	141	141	61	139	148	139	141
2	139	155	135	140	32	140	152	140	141	62	138	149	140	140
3	138	153	137	140	33	139	151	139	141	63	139	150	141	141
4	140	149	138	139	34	141	150	138	140	64	140	151	139	140
5	141	148	140	139	35	142	149	140	140	65	141	148	141	139
6	140	150	141	141	36	141	148	141	139	66	140	149	140	138
7	139	152	139	141	37	140	149	139	139	67	138	151	141	138
8	140	153	137	140	38	141	150	137	139	68	139	153	139	139
9	141	149	136	140	39	142	152	136	139	69	140	155	137	140
10	138	150	135	138	40	139	151	134	139	70	139	156	135	141
11	140	149	134	138	41	141	152	135	141	71	140	154	134	141
12	141	148	137	138	42	142	153	137	139	72	141	152	137	141
13	139	151	139	140	43	140	149	138	139	73	138	151	139	140
14	138	153	140	141	44	139	148	139	139	74	140	149	140	140
15	139	156	141	141	45	140	150	141	140	75	139	150	141	141

16	140	154	139	140	46	141	152	140	141	76	140	148	140	140
17	141	152	141	141	47	142	153	139	141	77	141	149	139	141
18	140	151	140	141	48	141	155	137	141	78	140	150	140	141
19	138	150	141	141	49	139	156	135	140	79	142	152	141	140
20	139	149	139	140	50	140	154	134	139	80	140	151	140	138
21	140	148	137	138	51	141	149	138	139	81	139	152	139	140
22	139	149	135	138	52	140	149	137	140	82	141	154	138	141
23	140	150	134	140	53	142	148	139	140	83	142	150	140	140
24	141	151	137	139	54	140	150	140	140	84	141	148	141	139
25	138	148	139	141	55	139	148	141	140	85	140	151	139	139
ت	الكرخ	شرق دجلة	الوثبة	Y	ت	الكرخ	شرق دجلة	الوثبة	Y	ت	الكرخ	شرق دجلة	الوثبة	Y
26	140	149	140	140	56	138	147	139	138	86	141	153	137	140
27	139	151	141	141	57	140	148	137	138	87	142	156	136	141
28	140	153	140	141	58	141	150	135	139	88	139	154	134	140
29	141	155	139	141	59	139	152	134	139	89	141	152	135	141
30	141	156	140	141	60	140	149	136	140	90	142	151	137	140

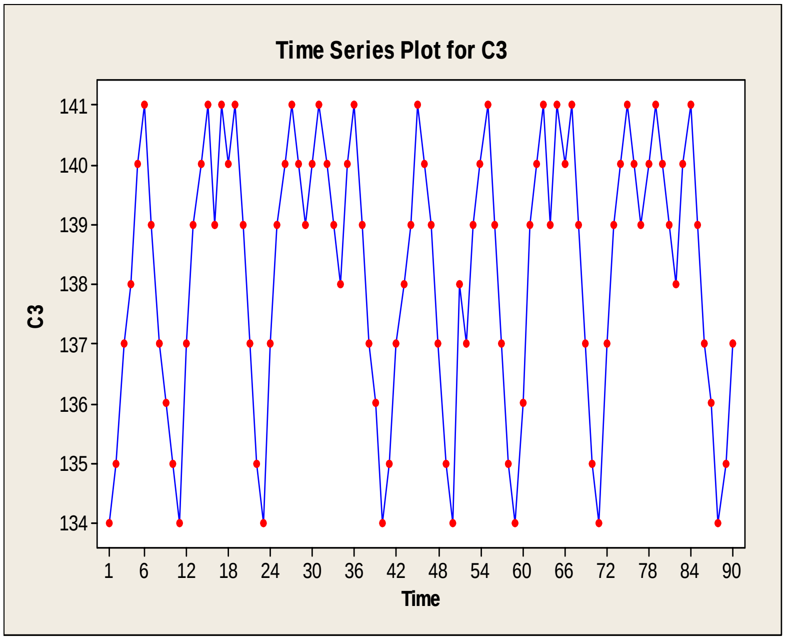
إن من أولى الخطوات التي تتبع في تحليل أية سلسلة زمنية هو رسمها بما يعرف بالرسم الزمني لمعرفة الاتجاه العام للسلسلة واستقراريتها وتبين الأشكال الآتية السلسلة الزمنية للمشاريع الثلاثة.



الشكل (1.3) يبين السلسلة الزمنية لمشروع الكرخ



الشكل (2.3) يبين السلسلة الزمنية لمشروع شرق دجلة



الشكل (3.3) يبين السلسلة الزمنية لمشروع الوثبة

ونلاحظ من رسم السلسلة الزمنية أنها غير ثابتة في التباين وهناك اختلاف فـي الوسـط الحسابي ولزيادة الدقة في معرفة استقرارية البيانات تم استخدام مربع كاي وكانت قيمتـه المحـسوبة (χ^2=1439.23), (χ^2=1122.34), (χ^2=1219.33) للمـشاريع الثلاثة على التوالي وعند مقارنتها بقيمة مربع كاي الجدولية نجد أنها معنوية مما يـشير إلى عدم استقرارية السلسلة الزمنية لذلك اضطررنا إلى أخذ الفرق المتتـالي الأول(d=1) لنحقق الاستقرارية في الوسط الحسابي ولغرض جعل السلسلة مستقرة في التباين تم اخـذ التحويل اللوغاريتمي.

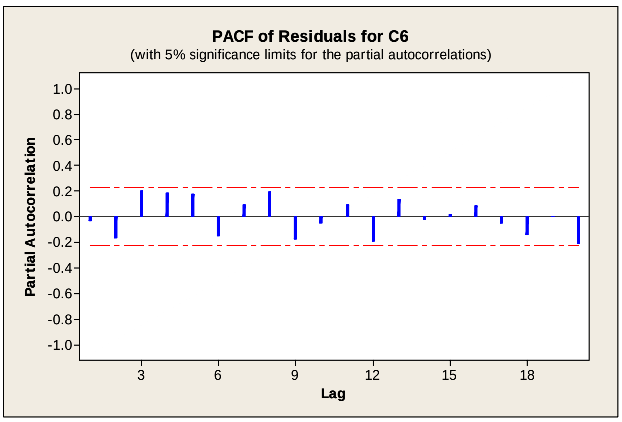
تمت معالجة عدم الإستقرارية باستخدام نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركـة التكاملية ARIMA(p,d,q) من خلال تثبيت الوسط الحسابي والتباين ثم إيجـاد النمـوذج الملائم للبيانات

وكالاتي:

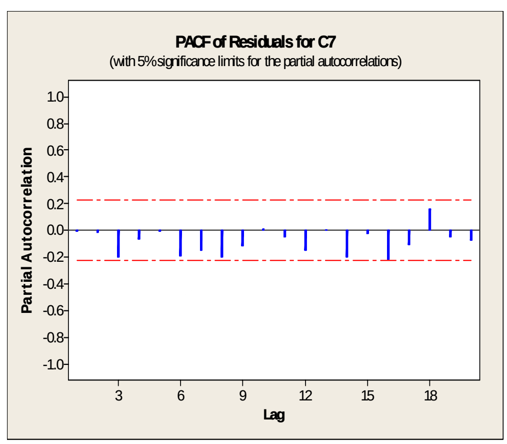
الجدول (2) يبين النماذج الملائمة للبيانات للمشاريع الثلاثة

المشروع	النموذج	MSE	AIC(k)
الكرخ	(3,1,3)	0.005387	-496.353
شرق دجلة	(3,1,2)	2.674	-495.964
الوثبة	(3,1,1)	1.741	-498.928

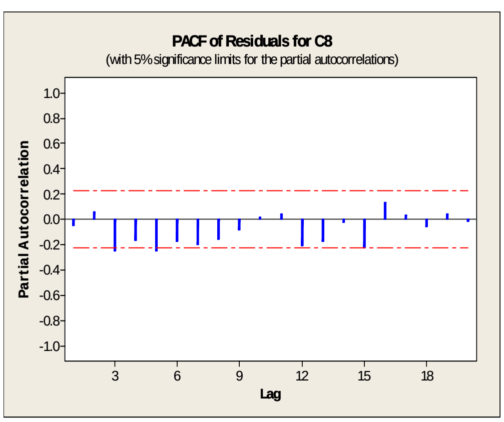
وكما هو واضح من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئي للبواقي .



الشكل (4.3) يبين دالة الارتباط الذاتي الجزئي للبواقي لمشروع



الشكل (5.3) يبين دالة الارتباط الذاتي الجزئي للبواقي لمشروع شرق دجلة



الشكل (6.3) يبين دالة الارتباط الذاتي الجزئي للبواقي لمشروع الوثبة

1-3 التنبؤ باستخدام المكونات المستقلة :

بما أن المتغيرات X لها نفس وحدة القياس ففي هذه الحالة تكون معاملات المكونات المستقلة a_{ij} قيم المتجهات المميزة لمصفوفة التباين والتباين المشترك V للمتغيرات X .

وإن مصفوفة التباين والتباين المشترك ل X هي

$$V=\begin{bmatrix} 1.34736 & 0.32679 & 0.10344 \\ 0.32679 & 5.81417 & 1.57854 \\ -0.10344 & -1.57854 & 4.91094 \end{bmatrix}$$

وان المعادلة المميزة للمصفوفة V هي

$$V=\begin{vmatrix} (1.34736-\lambda) & 0.32679 & -0.10344 \\ 0.32679 & (5.81417-\lambda) & 1.57854 \\ -0.10344 & -1.57854 & (4.91094-\lambda) \end{vmatrix}=0$$

ومنها نجد المعادلة المميزة والتي هي

$$\lambda^3-8.6694\lambda^2+127.1516\lambda-43.7528=0$$

لذا فان الجذور المميزة لهذه المعادلة هي

$$\lambda_1=7.0228$$
$$\lambda_2=3.7261$$
$$\lambda_3=1.3235$$

وان قيم المتجه الأول المقابل للجذر المميز الأول $\lambda_1=7.0228$ هي

$$\mathbf{a_1}=\begin{matrix}0.057\\0.798\\-0.600\end{matrix}$$

وان قيم المتجه الثاني المقابل للجذر المميز الثاني $\lambda_2=3.7261$ هي

$$a_2=\begin{matrix}0.047\\0.598\\0.800\end{matrix}$$

وان قيم المتجه الثالث المقابل للجذر المميز الثالث $\lambda_3 = 1.3235$ هي

$$a_3 = \begin{matrix} -0.997 \\ 0.74 \\ 0.004 \end{matrix}$$

لذلك فان المصفوفة A ستكون كالأتي

$$A = \begin{bmatrix} 0.057 & 0.047 & -0.997 \\ 0.798 & 0.598 & 0.094 \\ -0.600 & 0.800 & 0.004 \end{bmatrix}$$

وان المكونات الرئيسية هي

$$PC_1 = -0.057X_1 + 0.798X_2 - 0.600X_3$$

$$PC_2 = 0.074X_1 + 0.598X_2 + 0.800X_3$$

$$PC_3 = -0.997X_1 + 0.074X_2 + 0.004X_3$$

وان مقدار ما يفسره المكون الأول PC_1

$$\frac{\lambda_1}{\sum \lambda i} = \frac{7.0228}{12.0724} = 0.582$$

وان مقدار ما يفسره المكون الثاني

PC_2

$$\frac{\lambda_2}{\sum \lambda i} = \frac{3.7261}{12.0724} = 0.309$$

وان مقدار ما يفسره المكون الثالث PC_3

$$\frac{\lambda_3}{\sum \lambda i} = \frac{1.3235}{12.0724} = 0.109$$

من هنا نلاحظ أن PC_1 وPC_2 يفسران ما مقداره 89.1% من التباين الكلي لذا يمكن إحلال PC_1 وPC_2 محل X_1 وX_2 وX_3 في الدالة المقدرة.

الجدول(3) يبين قيم PC_1 وPC_2

ت	PC_1	PC_2	ت	PC_1	PC_2	ت	PC_1	PC_2	ت	PC_1	PC_2	ت	PC_1	PC_2
1	36.05	210.1	20	27.57	206.8	39	29.46	207.9	58	28.03	207.9	77	30.64	208.2
2	34.76	207.2	21	27.59	202.0	40	31.60	206.8	59	30.77	205.5	78	32.85	207.4
3	32.02	207.5	22	27.92	203.6	41	32.17	203.2	60	32.91	204.4	79	31.72	206.7
4	28.12	206.1	23	29.97	203.4	42	32.25	206.2	61	29.20	204.2	80	29.52	204.5
5	26.06	207.1	24	31.32	206.5	43	31.80	204.0	62	29.11	204.6	81	27.65	204.1
6	27.12	209.0	25	30.26	206.2	44	28.12	205.3	63	30.21	204.5	82	25.43	206.2
7	29.97	208.6	26	26.83	207.6	45	26.78	207.6	64	28.46	206.0	83	28.68	207.6
8	31.91	207.6	27	26.92	209.6	46	27.12	206.1	65	30.21	207.1	84	30.21	206.3
9	29.26	204.5	28	27.95	208.5	47	29.25	206.2	66	31.32	207.4	85	31.73	206.2
10	30.83	204.2	29	30.11	207.3	48	30.60	208.9	67	28.43	205.3	86	33.25	204.2
11	30.52	202.8	30	32.25	209.1	49	33.45	209.5	68	27.34	207.4	87	32.41	204.4
12	25.20	204.7	31	32.45	210.1	50	35.56	209.2	69	29.57	205.7	88	31.16	207.6
13	29.17	208.0	32	30.91	210.5	51	34.51	208.9	70	31.68	207.8	89	30.27	206.2
14	30.22	209.9	33	29.31	210.9	52	28.06	207.8	71	30.36	208.7	90	29.36	207.4
15	31.96	212.6	34	29.17	211.6	53	28.72	205.8	72	28.79	209.6			
16	28.65	209.8	35	28.86	209.4	54	26.61	206.1	73	27.37	207.4			
17	29.91	210.3	36	26.80	208.0	55	27.72	205.2	74	27.86	205.1			
18	28.51	208.8	37	25.46	206.7	56	25.41	206.3	75	28.42	204.3			
19	27.23	208.9	38	27.52	207.6	57	25.92	208.2	76	29.57	206.7			

إن المكونات المستقلة للقيم الأصلية أعلاه تم استخدامها في معادلة الانحدار المتعدد الآتية:

$$Y = S_0 + S_1 PC_1 + S_2 PC_2$$

$$Y = 92.96 + 0.04\ PC1 + 0.22\ PC2$$

وبعد التعويض عن قيم PC_1 وPC_2 نحصل على معادلة الانحدار الآتية:

$$Y = 92.96 + 0.05\ X_1 + 0.31\ X_2$$

ومن خلال المعادلة أعلاه تم الحصول على قيم التنبؤ بعد التعويض عن قيم X_1و X_2 والتـي مثلت فحص كاربونات الكالسيوم Alkalinityas $CaCo_3$ مقاسـه بوحـدة (ملغـم/لتـر) لمشروع الكرخ وشرق دجلة والوثبة وللفترة من 2010/1/1 ولغاية 2010/3/31 وكمـا هو مبين في الجدول (4).

الجدول(4) يبين قيم X_1وX_2

ت	X_1	X_2	ت	X_1	X_2	ت	X_1	X_2	ت	X_1	X_2	ت	X_1	X_2
1	132	157	20	139	168	39	147	163	58	148	162	77	147	163
2	134	159	21	138	166	40	144	161	59	147	161	78	149	165
3	135	160	22	135	163	41	142	164	60	145	159	79	150	167
4	137	162	23	132	160	42	139	162	61	143	158	80	151	168
5	139	165	24	134	159	43	137	159	62	141	157	81	149	166
6	141	168	25	138	157	44	135	158	63	139	159	82	147	164
7	145	164	26	135	159	45	132	157	64	137	160	83	145	165
8	147	163	27	137	158	46	134	158	65	135	163	84	144	162
9	149	161	28	139	160	47	132	160	66	133	165	85	142	160
10	150	159	29	140	163	48	133	162	67	132	167	86	139	158
11	151	157	30	142	165	49	136	161	68	134	168	87	137	159
12	149	155	31	145	168	50	138	163	69	136	166	88	135	161
13	147	157	32	147	167	51	140	165	70	138	165	89	134	163
14	148	159	33	149	165	52	143	168	71	140	162	90	133	165
15	145	160	34	151	163	53	145	166	72	144	160			
16	142	162	35	150	165	54	147	163	73	142	159			
17	140	164	36	149	167	55	150	165	74	141	157			
18	138	166	37	147	168	56	151	168	75	143	159			
19	137	167	38	145	166	57	149	164	76	146	161			

الجدول(5) يبين قيم التنبؤ بطريقة المكونات المستقلة

ت	CI	ت	CI	ت	CI	ت	CI	ت	CI	ت	CI	ت	CI	ت	CI
1	140	12	137	23	142	34	144	45	148	56	138	67	139	88	141
2	141	13	140	24	144	35	141	46	146	57	141	68	140	89	139
3	140	14	139	25	146	36	139	47	145	58	143	69	141	90	138
4	143	15	140	26	147	37	136	48	147	59	145	80	141		
5	146	16	143	27	149	38	139	49	149	60	148	81	140		
6	143	17	147	28	151	39	138	50	148	61	149	82	140		
7	147	18	149	29	149	40	140	51	144	62	151	83	139		
8	144	19	150	30	147	41	143	52	142	63	149	84	140		
9	142	20	149	31	149	42	145	53	140	64	147	85	139		
10	140	21	138	32	148	43	148	54	139	65	145	86	140		
11	139	22	139	33	146	44	150	55	140	66	142	87	139		

3- التنبؤ باستخدام أسلوب المنطق المضبب :

تم استخدام البرنامج الجاهز MATLAB ومن خلال واجهة Fuzzy وباختيار طريقة الاستدلال المضبب Sugeno تم تصميم النموذج المعد للتنبؤ وتطبيق مراحله الثلاثة : مرحلة التضبيب ،مرحلة تقييم القواعد ،مرحلة إزالة الضبابية وكما في الخطوات الآتية:

1- تم تحديد المدخلات الهشة وهي كمية كاربونات الكالسيوم للمشاريع الثلاثة وتم اختيار دالتين عضويتين من نوع Gaussian 2 Member ship Function لكل

مشروع سميت الأولى (Low) وتأخذ اقل مدى لكل مشروع وسميت الثانية(high) وأخذت أعلى مدى لكل مشروع.

2- تم تكوين القواعد وذلك من خلال اختيار العملية and=min التي مثلت مرحلـة التضبيب

3-تم الحصول على عدد من القواعد وتم اختيار خمس منها منطقية من بـين خمـس وعشرين قاعدة غير منطقية حصلنا من خلالها على المخرجات وقيم التنبؤ المثلى.

5- للمخرجات تم تحديد (lower) وهو يقابـل أقـل معـدل لكاربونـات الكالـسيوم و(upper) ليقابل أعلى معدل لكاربونات الكالسيوم .

6- في مرحلة إزالة الضبابية تم اختيار (wtaver) ومعناه الوسط الحسابي المـوزون حتى نحصل على القيم الهشة لمعدلات كاربونات الكالسيوم.

بعد تصميم النموذج المضبب تم إدخال جميع القيم الفعلية لجميع المشاريع لحـساب نسبة الخطأ والتي كانت تساوي (0.386) ثم قمنا بإيجاد معادلة الانحدار التي أفادتنـا في صياغة ووضع القواعد التي من خلالها تم الحصول علـى نتـائج التنبـؤ بعـد التعويض عن قيم $X_1$$X_2$و X_3 وكما هو مبين في الجدول (6).

$$Alkalinity\,as = 14.5 + 1.473 x_1 - 0.535\ \mathrm{x}_2 + 0.009\ \mathrm{x}_3$$

الجدول(6) يبين قيم X_1 وX_2 وX_3

ت	X_1	X_2	X_3	ت	X_1	X_2	X_3	ت	X_1	X_2	X_3	ت	X_1	X_2	X_3
1	132	157	127	28	139	160	136	55	150	165	142	82	147	164	137
2	134	159	129	29	140	163	134	56	151	168	141	83	145	165	135
3	135	160	130	30	142	165	131	57	149	164	138	84	144	162	136
4	137	162	133	31	145	168	129	58	148	162	135	85	142	160	133
5	139	165	135	32	147	167	127	59	147	161	133	86	139	158	132
6	141	168	137	33	149	165	128	60	145	159	131	87	137	159	130
7	145	164	139	34	151	163	130	61	143	158	129	88	135	161	129
8	147	163	140	35	150	165	133	62	141	157	127	89	134	163	131
9	149	161	142	36	149	167	135	63	139	159	128	90	133	165	134
10	150	159	145	37	147	168	138	64	137	160	131				
11	151	157	147	38	145	166	135	65	135	163	133				
12	149	155	148	39	147	163	137	66	133	165	135				
13	147	157	150	40	144	161	138	67	132	167	137				
14	148	159	152	41	142	164	140	68	134	168	139				
15	145	160	150	42	139	162	142	69	136	166	142				
16	142	162	149	43	137	159	145	70	138	165	144				
17	140	164	147	44	135	158	144	71	140	162	146				
18	138	166	148	45	132	157	148	72	144	160	148				
19	137	167	145	46	134	158	149	73	142	159	149				
20	139	168	143	47	132	160	151	74	141	157	151				
21	138	166	141	48	133	162	152	75	143	159	152				
22	135	163	139	49	136	161	150	76	146	161	149				
23	132	160	137	50	138	163	148	77	147	163	147				
24	134	159	139	51	140	165	147	78	149	165	145				
25	138	157	135	52	143	168	145	79	150	167	143				

26	135	159	133	53	145	166	147	80	151	168	141				
27	137	158	137	54	147	163	146	81	149	166	138				

الجدول(7) يبين قيم التنبؤ بأسلوب المنطق المضبب

ت	FL	ت	FL	ت	FL	ت	FL	ت	FL	ت	FL	ت	FL	ت	FL
1	139	12	143	23	145	34	149	45	139	56	139	67	144	88	147
2	140	13	139	24	142	35	148	46	140	57	141	68	146	89	149
3	141	14	137	25	139	36	146	47	142	58	143	69	147	90	150
4	143	15	135	26	141	37	149	48	145	59	145	80	145		
5	145	16	138	27	138	38	150	49	147	60	144	81	143		
6	142	17	139	28	140	39	148	50	144	61	142	82	141		
7	144	18	140	29	141	40	146	51	142	62	140	83	141		
8	147	19	141	30	143	41	144	52	139	63	143	84	140		
9	149	20	143	31	147	42	142	53	140	64	141	85	138		
10	146	21	140	32	149	43	146	54	139	65	144	86	140		
11	147	22	143	33	150	44	143	55	138	66	147	87	143		

اعتمدت المعايير الإحصائية الآتية لغرض المقارنة بين طريقة المكونات المستقلة وأسلوب المنطق المضبب :-

متوسط مربعات الخطأ MSE

متوسط القيم المطلقة للأخطاء MAE

متوسط القيم المطلقة لنسب الأخطاء MAPE

يبين الجدول (8) قيم المقارنة بين الطريقتين .

الطريقة لمستخدمة	MAPE	MSE	MAE
المكونات المستقلة	12.334	8.457	5.374
المنطق المضبب	2.532	0.452	0.621

وكما هو واضح فان أسلوب المنطق المضبب قد تفوق على طريقة المكونـات المـستقلة وفق المعايير الإحصائية الثلاثة.وبذلك يكون أسلوب المنطق المضبب هو الطريقة الفضلى والأكثر دقة ومتانة للتنبؤ بقيم السلاسل الزمنية .

4- الاستنتاجات :

1- تفوق أسلوب المنطق المضبب على طريقة المكونات المستقلة فـي التنبـؤ إذ تـم الحصول على نتائج ذوات اقل قيم للمعايير الإحصائية المستخدمة مما يدل على دقـة هذا الأسلوب وكفاءته .

2- يمكن استخدام أسلوب المنطق المضبب في التنبؤ لمـشاريع أخـرى مثـل الكرامـة والقادسية والرشيد...الخ والتنبؤ بالمعدلات العامة لأنواع أخرى من فحوصات المـاء بحيث يتم الحصول من خلالها على دقة اكبر لأنها بتماس مباشر بحياة الناس.

المصادر

1- Kandel,(1986)"Fuzzy Mathematical Techniques With Applications" Addison-Wesley Pub.Co.Reading.

2- Klir,G.J.(1988)."Fuzzy Sets ,Uncertainty and Information". Prentice-Hall, New York.

3- Klir,G.J., Clair, U.st.and Yuan, Bo.(1997),"Fuzzy set Theory" Prentice-Hall,PTR.

4- Razaz,M.and King,J.(1999),"Application of Fuzzy Logic to Multimedia Technology" .http:www.dekker.com .

5- Ngugen,H.T.and Walker.E.A.(2000)."A First Course in Fuzzy logic" Chapman and Hall,CRC.

6- Hyvarinen, .A.and Oja.E.(2000) "Independent Component Analysis Algorithms and Aplications" ,Hesink, University of Technology

7- Vinterbo ,S.A.(2002),"Fuzzy and rough Sets" Decision System Group Brougham and Women's Hospital ,Harvard Medical School

8- Celia F.,Balajiv.Les S.Asish G.,Amar R.(2004)"A Fuzzy Forecasting model for Women's Casual Sales", International Journal of Clothing Science and Technology vol.15,No.2,PP.107-125.

9- Independent Component Analysis / ht t//ar. Wikipedia.org