

تقدير أنموذج AR(p) باستخدام تقليص الموجة  
Estimation AR(p) Model using wave shrink

أ.م.د. صفاء الصفاوي	د. طه حسين علي	محمد عبد المجيد بدل
رئيس قسم الإحصاء	مدرس في قسم الإحصاء	مدرس مساعد في قسم الإحصاء
كلية علوم الحاسبات والرياضيات	كلية الإدارة والاقتصاد	كلية الإدارة والاقتصاد
جامعة الموصل	جامعة صلاح الدين /اربيل	جامعة صلاح الدين /اربيل

### المستخلص

تم في هذا البحث استخدام طريقة مقترحة لتقليص الموجة وذلك لمعالجة مشكلة التلوث (أو التشويش أو الضوضاء) الذي يمكن أن تتعرض له مشاهدات السلسلة الزمنية ومحاولة إيجاد أفضل تقدير لمعلمت نموذج الانحدار الذاتي من الرتبة  $p$  وذلك من خلال الحصول على أقل قيمة ممكنة (أفضل قيمة) من قيم المعايير الإحصائية المقدر لتلك النماذج المقترحة (ذات تلوث أقل) مثل خطأ التنبؤ النهائي ، دالة الخسارة ومتوسط الأخطاء النسبية المطلقة ومقارنتها مع المعايير الإحصائية المقدر لأنموذج الانحدار الذاتي من الرتبة  $p$  المقدر بالطريقة الاعتيادية ، في حين تناول الجانب التطبيقي من البحث تحليل مشاهدات السلسلة الزمنية التي تمثل كميات تساقط الأمطار السنوية في محافظة اربيل للفترة الزمنية (1992-2007) بالاعتماد على الحاسبة الالكترونية وبالتحديد استخدام البرنامج الجاهز لماتلاب فضلاً عن تصميم برنامج بلغة ماتلاب .

### Abstract

In this research, A proposed method was used to shrink the wavelet, in order to deal with the problem of noise (or contamination) that may encounter the time series data, and trying to find the best estimation for the parameters of the autoregressive model of order  $(p)$  by getting the least possible value (best value) of the estimated statistical criteria's values for the proposed models (of less contamination) as the final prediction error, loss function and The Mean Absolute Prediction Error, and comparing them with the estimated statistical criteria's for the autoregressive model from order  $(p)$  that estimated by the classical method.

In the application side of the research, the analysis of the time series observations of the quantity of the annual rainfall in Erbil city for the period (1992-2007) was discussed depending on the use of MATLAB software, in addition to write code using MATLAB language.

## 1 : المقدمة :

يُعدّ موضوع تحليل السلاسل الزمنية (Time Series Analysis) من المواضيع الإحصائية المهمة التي تتناول سلوك الظواهر وتفسيرها عبر حقبة محددة ، ويمكن تحديد أهداف تحليل السلاسل الزمنية بالحصول على وصف دقيق للملامح الخاصة للعملية التي تتولد منها السلسلة الزمنية ، وبناء أنموذج لتفسير سلوكها واستخدام النتائج للتنبؤ بسلوكها في المستقبل ، فضلاً عن التحكم في العملية التي تتولد منها السلسلة الزمنية بفحص ما يمكن حدوثه عند تغير بعض معالم الأنموذج ، ولتحقيق ذلك يتطلب الأمر دراسة تحليلية وافية لنماذج السلاسل الزمنية بالاعتماد على الأساليب الإحصائية والرياضية .

من جانب آخر يمكن استخدام تقليص المويجة (Wavelet Shrinkage) في ترشيح (Filtering) مشاهدات السلسلة الزمنية ومعالجة مشكلة التلوث (أو التشويش أو الضوضاء) الذي يمكن أن تتعرض له السلسلة الزمنية (والذي يؤثر حتماً على تقدير معالم الأنموذج) وذلك من خلال الاعتماد على مستوى قطع العتبة الشاملة (Universal Threshold) في تقليص معاملات تحويل المويجة (Wavelet Transformation) والحصول على مشاهدات سلسلة زمنية ذات تلوث أقل من مشاهدات السلسلة الزمنية الأصلية ، ومن ثم استخدام هذه المشاهدات المرشحة للسلسلة الزمنية في تقدير معالم أنموذج الانحدار الذاتي (Autoregressive Model) من الرتبة  $p$  .

## 2 : تحليل السلسلة الزمنية :

يتكون تحليل السلسلة الزمنية من مراحل متسلسلة تبدأ بمرحلة التشخيص للأنموذج والتي تعد المرحلة الأهم التي يتم من خلالها تحديد نوع الأنموذج ورتبته وتليها مرحلة تقدير معالم الأنموذج ، ومن ثم مرحلة فحص مدى الملائمة للأنموذج فضلاً عن حساب بعض المعايير الإحصائية لمعرفة مدى كفاءة الأنموذج المقدر ، وأخيراً تأتي مرحلة التنبؤ للقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية .

إن إحدى طرائق تلليل السلاسل الزمنية تتم من خلال تمثيلها بأنموذج خطي عام هو أنموذج الانحدار الذاتي من الرتبة  $p$  والذي يكتب اختصاراً  $AR(p)$  ونحصل عليه من خلال الصيغة الآتية {3} :

$$y_t = \theta_0 + \sum_{k=1}^p \theta_k y_{t-k} + e_t \quad L (1)$$

حيث أن  $\theta_k$  تمثل معاملات الأنموذج و  $(p \neq 0)$  هو عدد صحيح موجب محدد يشير إلى رتبة أنموذج الانحدار الذاتي ،  $e_t$  هي متغيرات عشوائية غير مرتبطة (Uncorrelated random variables) لها معدل صفر وتباين  $S_e^2$  وتدعى بالضوضاء الأبيض (White Noise) ، وعلى فرض أن السلسلة الزمنية  $y_t$  مستقرة (Stationary) أي أن الخصائص الاحتمالية لا تتأثر بالزمن يمكن تقدير معاملات الأنموذج باستخدام طريقة المربعات الصغرى وتعظيم دالة الترجيح التقريبية أو التامة ، أو استخدام طريقة العزوم أو معادلات (Yule-Walker) أو ... الخ .

بعد الحصول على الأنموذج في الصيغة (1) يمكن اختبار مدى الملائمة (فحص الملائمة مثلاً باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المنقطع للبواقي) للتأكد من ملائمة الأنموذج لمشاهدات السلسلة الزمنية ، ومن ثم حساب بعض المعايير الإحصائية لمعرفة مدى كفاءة الأنموذج المقدر من خلال محاولة الحصول على أقل قيمة ممكنة لهذه المعايير مثل خطأ التنبؤ النهائي (Final Prediction Error) ويرمز له اختصاراً (FPE) للباحث (Akaike) الذي يقدم مقياس كفاءة نوعية الأنموذج بواسطة محاكاة الحالة من خلال أنموذج يختبر عند مجموعة بيانات مختلفة بعد حساب عدة نماذج مختلفة والمقارنة فيما بينها باستخدام هذا المعيار مع نظرية (Akaike) للحصول على أفضل أنموذج ملائم لتلك البيانات ويكون عادةً أصغر قيمة (FPE) ويمكن تقديره من خلال الصيغة الآتية {4} :

$$FPE = LF \cdot \left( \frac{1 + p/N}{1 - p/N} \right) \quad L (2)$$

حيث أن  $N$  تمثل مشاهدات السلسلة الزمنية ، في حين أن  $LF$  تمثل دالة الخسارة (Loss function) المعروفة إحصائياً والتي تمثل أيضاً معيار إحصائي يقيس كفاءة الأنموذج المقدر ، كما يمكن استخدام المعيار الإحصائي متوسط الأخطاء النسبية المطلقة (Mean Absolute Prediction Error) الذي يرمز له اختصاراً (MAPE) .

3 : الموجة :

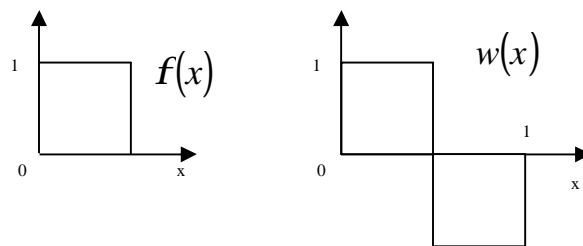
الموجة هي أحد أنواع الدوال الرياضية المستخدمة لتجزئة الدالة المعطاة إلى مركبات تردد مختلفة ودراسة كل مركب مع إعادة الحل الملائم عند كل قياس ، وتتكون الموجات الصغيرة عادة من جزئيين يمثل الأول دالة القياس (Scaling function) التي تعرف أيضاً بدالة الأب (Father function) والتي تمثل معادلة التفصيل (Dilation equation) والتي نحصل عليها من خلال الصيغة الآتية {6} :

$$f(x) = \sum_{k=0}^N c(k) f(2x - k) \quad L(3)$$

حيث أن  $C(k)$  تمثل معاملات مرشح العبور-الواطئ (Low-pass Filter) ، في حين يمثل الجزء الثاني دالة الموجة (Wavelet function) والتي تعرف أيضاً بدالة الأم (Mother function) والتي تمثل معادلة الموجة (Wavelet equation) والتي نحصل عليها من خلال الصيغة الآتية {7} :

$$w(x) = \sum_{k=0}^N d(k) f(2x - k) \quad L(4)$$

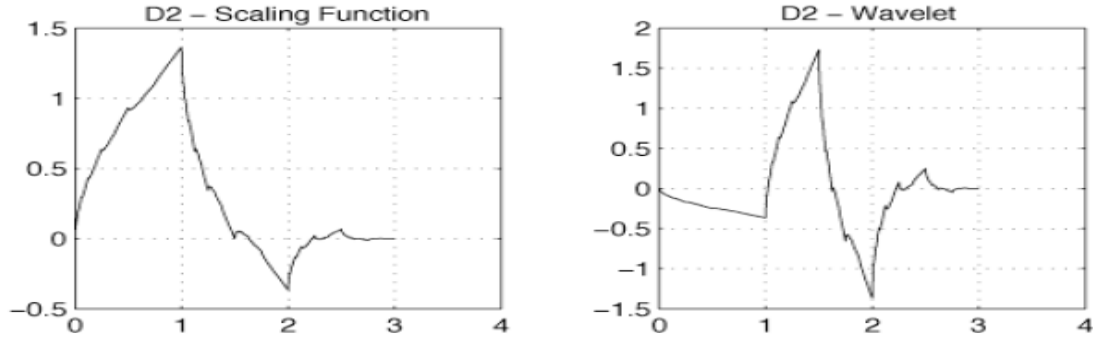
حيث أن  $d(k)$  تمثل معاملات مرشح العبور-العالي (High-pass Filter) فمثلاً عند استخدام الموجة هار (Haar Wavelet) فإن  $N=1$  ولدينا أيضاً  $C(0) = C(1) = 1$  وكذلك  $d(0) = -d(1) = 1/2$  (وذلك من خلال استخدام خواص الموجة المذكورة لاحقاً) كما يلاحظ من خلال الشكل الآتي :



الشكل (1)

دالة القياس و الموجة هار

وبنفس الطريقة يمكن إيجاد معاملات الموجة (Daubechies) من الرتبة الثانية (والتي يرمز لها عادةً (db2)) عندما  $N=3$  (والمستخدمة مع الموجة هار في هذا البحث) وكما هو موضح من خلال الشكل الآتي {1} :



الشكل (2)

دالة القياس و الموجة (db2)

خواص الموجة هي كما يلي {2} :

1- التعامدية (Orthogonality) :

$$\int_{-\infty}^{\infty} w_{jk}(x) w_{JK}(x) dx = 0 \quad \text{L (5)}$$

2- تمثيل القياس والزمن (Time and scale) حيث أن z تمثل مؤشر القياس

(Scale index) في حين أن k تمثل مؤشر الزمن (Time index) .

3-  $d(k)$  و  $c(k)$  تحددان كل معلومات  $f(x)$  و  $w(x)$  والتي تكون عادةً

فترة ارتكاز (Support interval) ومتعامدتان ولها خاصية التمهيد

(Smoothness) والطبيعية (Normalization) .

يمكن تحويل الموجة (Wavelet Transform) وذلك من خلال تحليل الدالة :

$$b_{JK} = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cdot w_{JK}(x) dx \quad \text{L (6)}$$

وتمثيل الدالة بالصيغة الآتية :

$$f(x) = \sum_{j=k} b_{jk} \cdot w_{jk}(x) dx \quad \text{L (7)}$$

الهدف هو الحصول على معاملات كفاءة (Efficiently) من  $b_{jk}$  وذلك من خلال

استخدام تحليل متعدد-إعادة الحل (Multi-resolution decomposition) وعلى هذا

الأساس يمكن إيجاد معاملات التحويل للموجة الصغيرة ولتكن الموجة هار مثلاً وكما يلي :

افرض لدينا الدوال الطبيعية الآتية :

$$w_{jk}(x) = 2^{j/2} w(2^j x - k) \quad \mathbf{L (8)}$$

وأن :

$$b_{jk} = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) 2^{j/2} w_{jk}(2^j x - k) dx \quad \mathbf{L (9)}$$

والتي يمكن من خلالها فضلاً عن خواص المويجة يمكن الحصول على معاملات التحويل للقياس و المويجة وكما يلي :

$$f(x) = f(2x) + f(2x - 1)$$

$$\Rightarrow f_{j-1,k}(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} [f_{j,2k}(x) + f_{j,2k+1}(2x - 1)]$$

كذلك لدينا :

$$w(x) = f(2x) - f(2x - 1)$$

$$\Rightarrow w_{j-1,k}(x) = \frac{1}{\sqrt{2}} [f_{j,2k}(x) - f_{j,2k+1}(2x - 1)]$$

وهذا يعني أن معاملات القياس هي :

$$a_{j-1,k} = \frac{1}{\sqrt{2}} (a_{j,2k} + a_{j,2k+1}) \quad \mathbf{L (10)}$$

ومعاملات المويجة هي :

$$b_{j-1,k} = \frac{1}{\sqrt{2}} (a_{j,2k} - a_{j,2k+1}) \quad \mathbf{L (11)}$$

وبنفس الطريقة يمكن إيجاد معاملات التحويل المنقطع للموجة الصغيرة (db2) المستخدمة في هذا البحث .

**4 : تقليص المويجة :**

التقليص (Shrinkage) هو عبارة عن قطع عتبة غير خطي (Non-linear thresholding) لمعاملات التحويل للموجة الصغيرة وذلك من خلال الخطوات الآتية {5} :

1- إيجاد التحويل المتقطع للموجة الصغيرة (ذات التعامد الطبيعي) والملائمة لمشاهدات السلسلة الزمنية ، أي أن :

$$y^* = W (y) \quad \mathbf{L (12)}$$

2 - تقدير قطع العتبة (Threshold Estimation) :

$$I = Est (y^*) \quad \mathbf{L (13)}$$

3 - قطع العتبة لمعاملات التحويل للموجة الصغيرة عند مستوى قطع عتبة  $I$  ، أي أن :

$$y^{*'} = D (y^*, I) \quad \mathbf{L (14)}$$

4- إعادة قيم المشاهدات من خلال إيجاد معكوس تحويل الموجة (Inversion Transformation) أو ما تسمى بإعادة تكوين المشاهدات (reconstruction) ، أي أن :

$$\hat{y} = W^{-1} (y^{*'}) \quad \mathbf{L (15)}$$

سيتم اختيار مستوى قطع العتبة الشاملة (Universal threshold) لأنه أكثر ملائمة في معالجة مشكلة التلوث لمشاهدات السلسلة الزمنية والتي يمكن تقديرها من خلال الصيغة الآتية :

$$I = s \sqrt{2 \log N} \quad \mathbf{L (16)}$$

والتي يمكن استخدامها مع أحد أنواع قطع العتبة مثل قطع العتبة الصلبة (Hard) ، الناعمة (Soft) أو الوسيطة (Mid) وكما يلي :

\* قطع العتبة الصلبة :

المعاملات  $d_{j,k}$  المعرفة من خلال الصيغة (4) تحول إلى مجموعة صفرية فقط إذا كانت القيم المطلقة لها أصغر من مستوى قطع العتبة  $I$  ، أي أن :

$$h(d_{j,k}) = \begin{cases} 0 & \text{if } |d_{j,k}| \leq I \\ d_{j,k} & \text{if } |d_{j,k}| > I \end{cases} \quad \mathbf{L (17)}$$

\* قطع العتبة الناعمة :

المعاملات التي تكون قيمتها أقل أو تساوي مستوى قطع العتبة  $I$  تعتبر تلوث يجب إزالتها من خلال جعلها قيم صفرية ، أما باقي المعاملات فتحول إلى قيم أخرى كما يلاحظ ذلك من خلال الصيغة الآتية :

$$h(d_{j,k}) = \begin{cases} 0 & \text{if } |d_{j,k}| \leq I \\ \text{sign}(d_{j,k}) (|d_{j,k}| - I) & \text{if } |d_{j,k}| > I \end{cases} \quad \mathbf{L (18)}$$

حيث أن :

$$\text{sign}(d_{j,k}) = \begin{cases} +1 & \text{if } d_{j,k} > 0 \\ 0 & \text{if } d_{j,k} = 0 \\ -1 & \text{if } d_{j,k} < 0 \end{cases} \quad \mathbf{L (19)}$$

\* قطع العتبة الوسيطة :

وهو حل وسط بين قطع العتبة الصلبة والناعمة ونحصل عليه من خلال الصيغة الآتية:

$$h(d_{j,k}) = \text{sign}(d_{j,k}) (|d_{j,k}| - I)_{++} \quad \mathbf{L (20)}$$

حيث أن :

$$(|d_{j,k}| - I)_{++} = \begin{cases} 2(|d_{j,k}| - I)_{+} & \text{if } |d_{j,k}| < 2I \\ |d_{j,k}| & \text{otherwise} \end{cases} \quad \mathbf{L (21)}$$

$$(|d_{j,k}| - I)_{+} = \begin{cases} 0 & \text{if } (|d_{j,k}| - I) < 0 \\ (|d_{j,k}| - I) & \text{otherwise} \end{cases} \quad \mathbf{L (22)}$$



### 5 : الطريقة المقترحة في تقدير معاملات نموذج AR(p) :

تناول البحث استخدام طريقة مقترحة في تقدير معاملات نموذج AR(p) من خلال الاعتماد على تقليص الموجة وذلك من خلال إيجاد التحويل المنقطع للموجة الصغيرة (الموجة هار و db2) المذكورتان في الفقرة الثالثة) لمشاهدات السلسلة الزمنية واستخدامها مع أحد أنواع قطع العتبة (التي تم تقديمها في الفقرة الرابعة) كمرشح لمعالجة مشكلة التلوث (التشويش أو الضوضاء) الذي يمكن أن تتعرض له مشاهدات السلسلة الزمنية (استخدام الأربعة خطوات المذكورة آنفاً في تقليص الموجة مع الاعتماد على مستوى قطع العتبة الشاملة  $I$ ) والحصول على مشاهدات ذات تلوث أقل والتي سيتم من خلالها تقدير معاملات النموذج AR(p) ، ومن ثم حساب المعايير الإحصائية LF ، FPE و MAPE لتبيان مدى كفاءة هذا النموذج المقدر ومقارنته مع الطريقة الاعتيادية .

### 6 : الجانب التطبيقي :

تناول الجانب التطبيقي من البحث المقارنة بين الطريقة الاعتيادية والمقترحة في تقدير النموذج AR(p) الملائم لمشاهدات السلسلة الزمنية التي تمثل كميات تساقط الأمطار السنوية (ملم) في محافظة اربيل للفترة الزمنية (1992-2007) كما هو موضح من خلال الجدول الآتي :

#### الجدول (1)

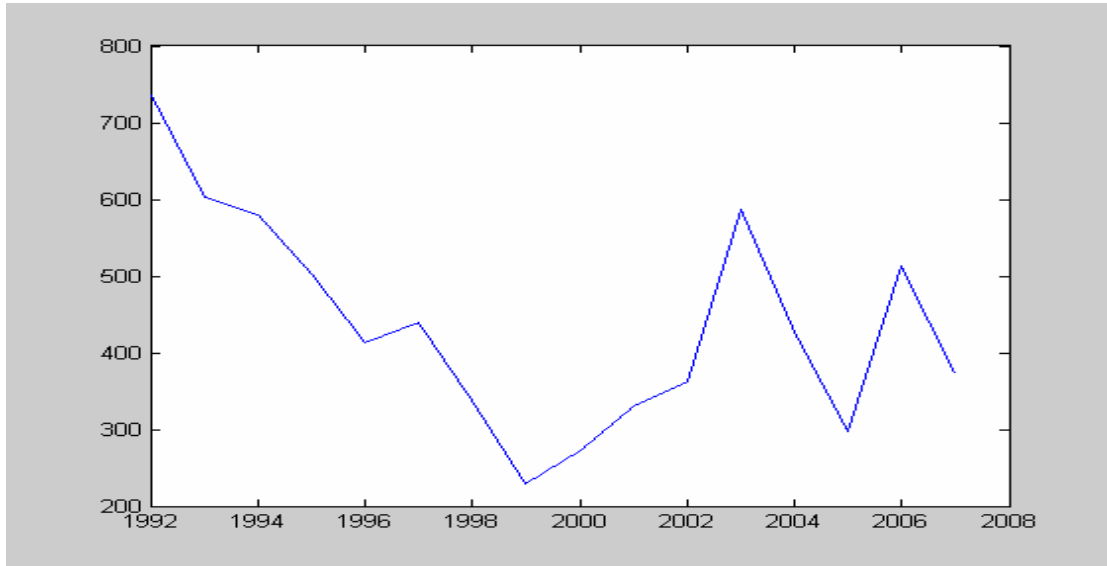
كميات تساقط الأمطار السنوية (ملم) في محافظة اربيل للفترة الزمنية (1992-2007)

السنة	كميات تساقط الأمطار السنوية (ملم)	السنة	كميات تساقط الأمطار السنوية (ملم)
1992	736.700	2000	272.300
1993	602.700	2001	330.900
1994	580.400	2002	361.500
1995	502.200	2003	587.654
1996	412.590	2004	427.000
1997	440.100	2005	297.500
1998	337.200	2006	514.000
1999	229.200	2007	273.400

المصدر : مديرية الأنواء الجوية في محافظة اربيل .

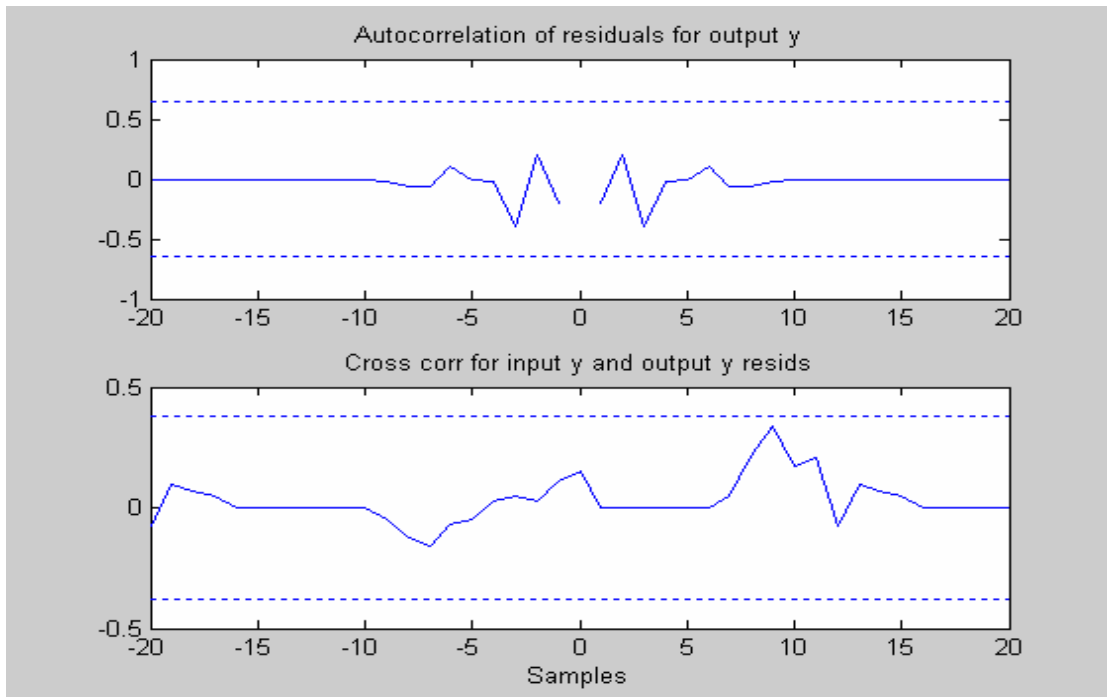
بالاعتماد على برنامج ماتلاب تم رسم مشاهدات السلسلة الزمنية وكانت كما في

الشكل الآتي :



الشكل (3)

مشاهدات السلسلة الزمنية التي تمثل كميات تساقط الأمطار السنوية (ملم) في محافظة اربيل باستخدام البرنامج الجاهز ماتلاب تم تشخيص الأنموذج  $AR(p)$  الملائم لمشاهدات السلسلة الزمنية باستخدام الارتباط الذاتي والجزئي للمشاهدات ( الملحق A ) وكان من الرتبة السادسة وتم تقديره بالاعتماد على طريقة (Yule-Walker) ، كما في الجدول (3) ، وتم اختبار هذا الأنموذج من خلال فحص الملائمة باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبقاقي تحت مستوى معنوية (0.05) كما في الشكل الآتي :



الشكل (4)

فحص الملائمة باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبقاقي (الطريقة الاعتيادية)

نلاحظ من خلال الشكل (4) أن جميع القيم كانت واقعة داخل حدود الثقة وهذا يعني ملائمة الأنموذج AR(6) المقدر لمشاهدات السلسلة الزمنية ، وعلى هذا الأساس تمّ اعتماد هذا الأنموذج للطريقة الاعتيادية وحساب المعايير الإحصائية LF ، FPE و MAPE له (المذكورة آنفاً) ، كما يلاحظ ذلك من خلال الجدول (4) .

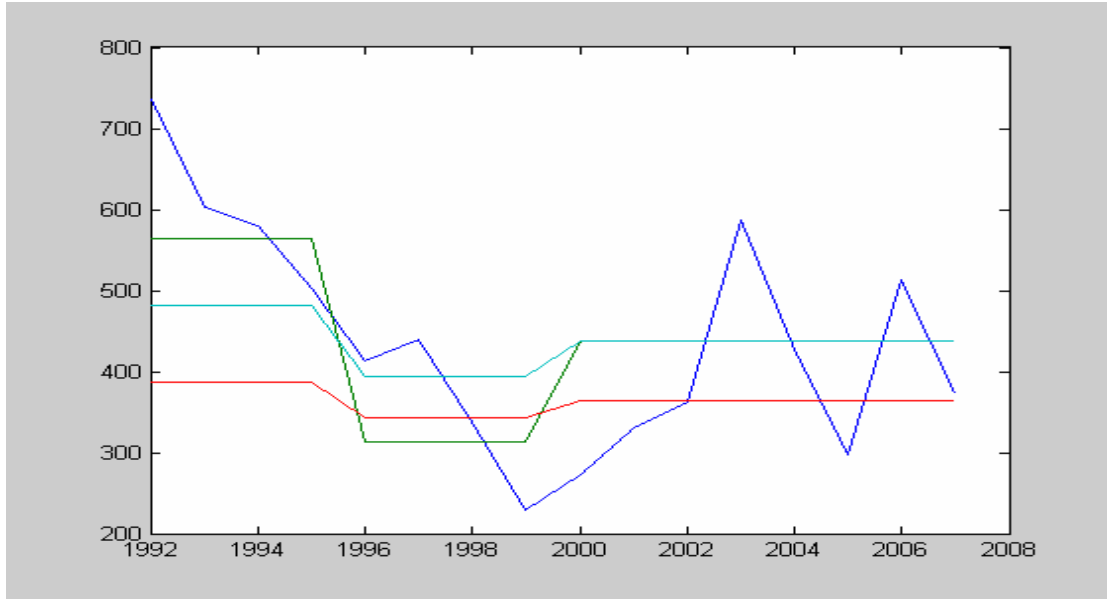
كما تمّ استخدام تقليص الموجة المذكورة آنفاً في ترشيح مشاهدات السلسلة الزمنية لكميات تساقط الأمطار السنوية (ملم) بالاعتماد على برنامج بلغة ماتلاب تمّ تصميمه لهذا الغرض (الملحق B) ، وعلى فرض أن hh تمثل ناتج تقليص الموجة هار مع قطع العتبة الصلبة ، hs تمثل ناتج تقليص الموجة هار مع قطع العتبة الناعمة ، hm تمثل ناتج تقليص الموجة هار مع قطع العتبة الوسيطة ، dh تمثل ناتج تقليص الموجة (db2) مع قطع العتبة الصلبة ، ds تمثل ناتج تقليص الموجة (db2) مع قطع العتبة الناعمة و dm تمثل ناتج تقليص الموجة (db2) مع قطع العتبة الوسيطة ، كما هو موضح من خلال الجدول الآتي :

#### الجدول (2)

#### ناتج تقليص الموجة هار و (db2) لمشاهدات السلسلة الزمنية

السنة	hh	hs	hm	dh	ds	dm
1992	563.1978	386.2642	481.2710	677.7594	612.7115	674.9990
1993	563.1978	386.2642	481.2710	677.5037	611.6447	674.6086
1994	563.1978	386.2642	481.2710	579.7541	538.2980	580.9124
1995	563.1978	386.2642	481.2710	508.1279	484.3187	512.2174
1996	312.4703	342.8272	394.3970	462.6251	449.7067	468.5236
1997	312.4703	342.8272	394.3970	410.1225	409.9052	418.1307
1998	312.4703	342.8272	394.3970	370.4843	388.3194	390.4356
1999	312.4703	342.8272	394.3970	327.3991	361.8527	356.6587
2000	437.8340	364.5457	437.8340	280.8669	330.5051	316.7999
2001	437.8340	364.5457	437.8340	235.2584	300.4654	278.5707
2002	437.8340	364.5457	437.8340	417.0182	337.7558	361.2683
2003	437.8340	364.5457	437.8340	537.8549	357.0051	411.5637
2004	437.8340	364.5457	437.8340	385.6229	339.7857	392.6014
2005	437.8340	364.5457	437.8340	306.5595	332.3381	392.1966
2006	437.8340	364.5457	437.8340	382.9680	325.6462	396.9834
2007	437.8340	364.5457	437.8340	417.7179	318.7518	400.3790

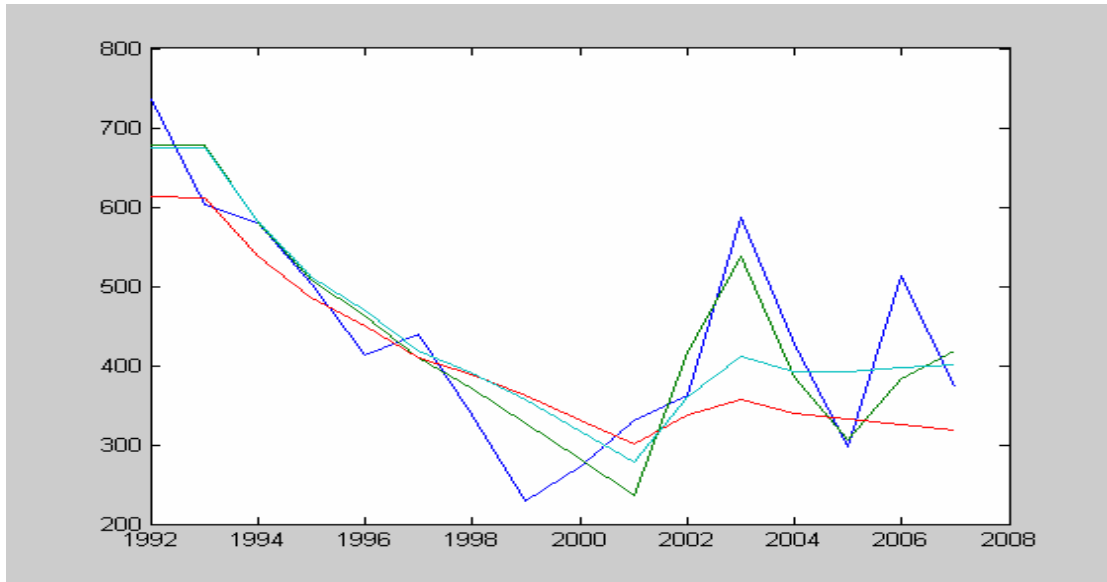
ومن ثم رسم ناتج تقليص الموجة هار مع قطع العتبة الصلبة ، الناعمة والوسيطه مقارنةً مع مشاهدات السلسلة الزمنية الأصلية ، كما في الشكل الآتي :



الشكل (5)

مشاهدات السلسلة الزمنية الأصلية (الأزرق) وناتج تقليص الموجة هار مع قطع العتبة الصلبة (الأخضر غامق) ، الناعمة (الأحمر) والوسيطه (أخضر فاتح)

ورسم ناتج تقليص الموجة (db2) مع قطع العتبة الصلبة ، الناعمة والوسيطه مقارنةً مع مشاهدات السلسلة الزمنية الأصلية ، كما في الشكل الآتي :



الشكل (6)

مشاهدات السلسلة الزمنية الأصلية (الأزرق) وناتج تقليص الموجة (db2) مع قطع العتبة الصلبة (الأخضر غامق) ، الناعمة (الأحمر) والوسيطه (أخضر فاتح)

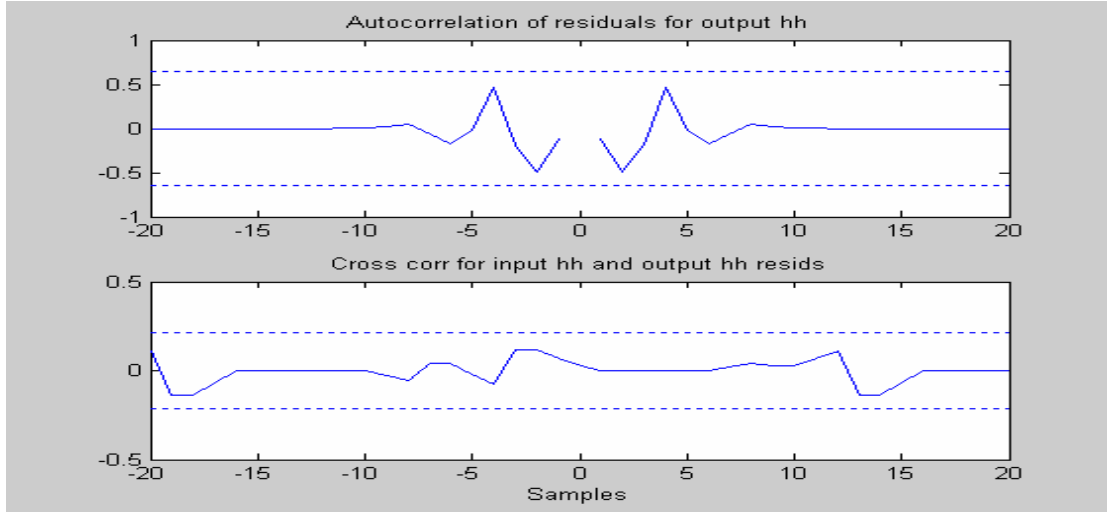
بالاعتماد على البرنامج المصمم بلغة ماتلاب تم تقدير الأنموذج AR(6) باستخدام طريقة Yule-Walker أيضاً) لنتائج تقليص الموجة هار و (db2) مع قطع العتبة الصلبة ، الناعمة والوسيطه لمشاهدات السلسلة الزمنية ، ومقارنةً مع الأنموذج AR(6) المقدر بالطريقة الاعتيادية تم عرضها من خلال الجدول الآتي :

### الجدول (3)

#### نماذج AR(6) للطريقة الاعتيادية والمقترحة

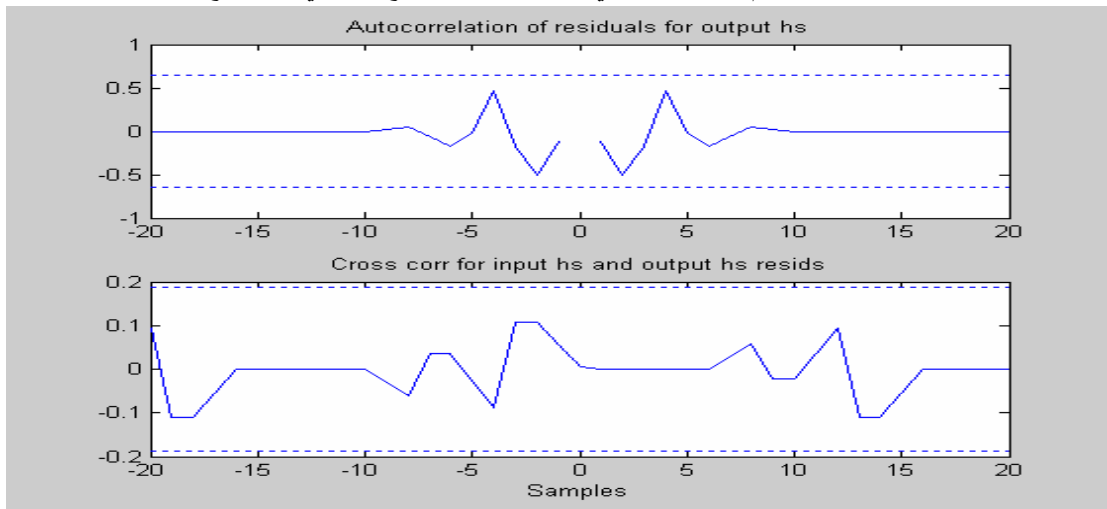
الطريقة	الأنموذج AR(6) المقدر
الاعتيادية	$A(q) = 1 - 1.109 q^{-1} + 0.633 q^{-2} - 1.069 q^{-3} + 1.395 q^{-4} - 1.32 q^{-5} + 0.4734 q^{-6}$
هار مع الصلبة	$A(q) = 1 - 0.7705 q^{-1} - 0.2609 q^{-2} - 2.644 e^{(-16)} q^{-3} + 0.4 q^{-4} - 0.3082 q^{-5} - 0.08456 q^{-6}$
هار مع الناعمة	$A(q) = 1 - 0.7594 q^{-1} - 0.2599 q^{-2} - 2.54 e^{(-15)} q^{-3} + 0.4 q^{-4} - 0.3038 q^{-5} - 0.08182 q^{-6}$
هار مع الوسيطة	$A(q) = 1 - 0.7612 q^{-1} - 0.2601 q^{-2} - 1.421 e^{(-16)} q^{-3} + 0.4 q^{-4} - 0.3045 q^{-5} - 0.08231 q^{-6}$
(db2) مع الصلبة	$A(q) = 1 - 0.442 q^{-1} + 1.388 q^{-2} - 1.395 q^{-3} + 0.7541 q^{-4} - 0.453 q^{-5} + 0.1744 q^{-6}$
(db2) مع الناعمة	$A(q) = 1 - 0.359 q^{-1} + 0.7421 q^{-2} - 0.5492 q^{-3} + 0.1312 q^{-4} - 0.03078 q^{-5} + 0.07766 q^{-6}$
(db2) مع الوسيطة	$A(q) = 1 - 1.429 q^{-1} + 0.819 q^{-2} - 0.6135 q^{-3} + 0.1983 q^{-4} - 0.03118 q^{-5} + 0.05383 q^{-6}$

للتأكد من ملائمة النماذج المقدره بالطريقة المقترحة (ولكل من تقليص الموجة هار و (db2) مع قطع العتبة الصلبة ، الناعمة والوسيطه ) تم استخدام فحص الملائمة بالاعتماد على الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبقاقي تحت مستوى معنوية (0.05) ، وكما يلاحظ ذلك من خلال الأشكال الآتية :



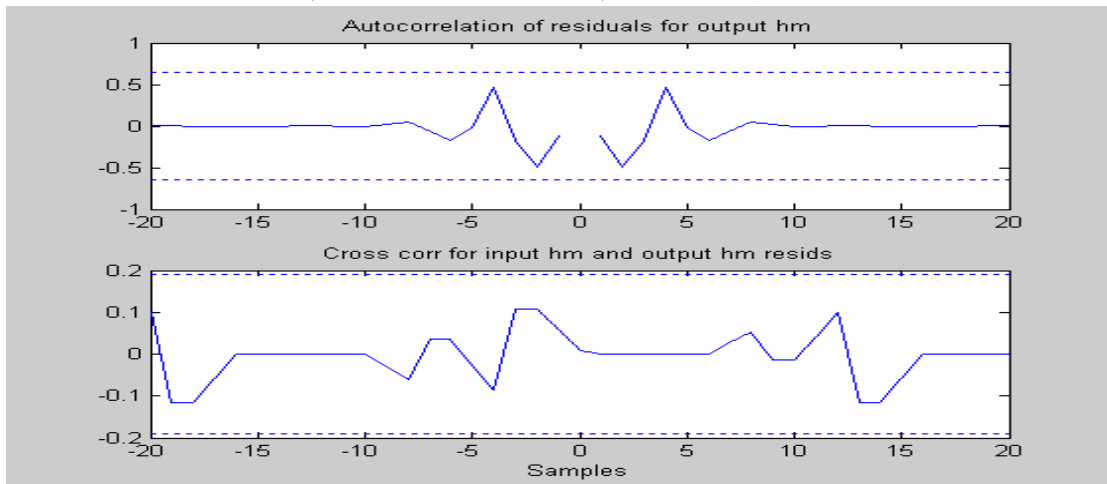
الشكل (5)

فحص الملائمة باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبواقي (هار مع الصلبة)



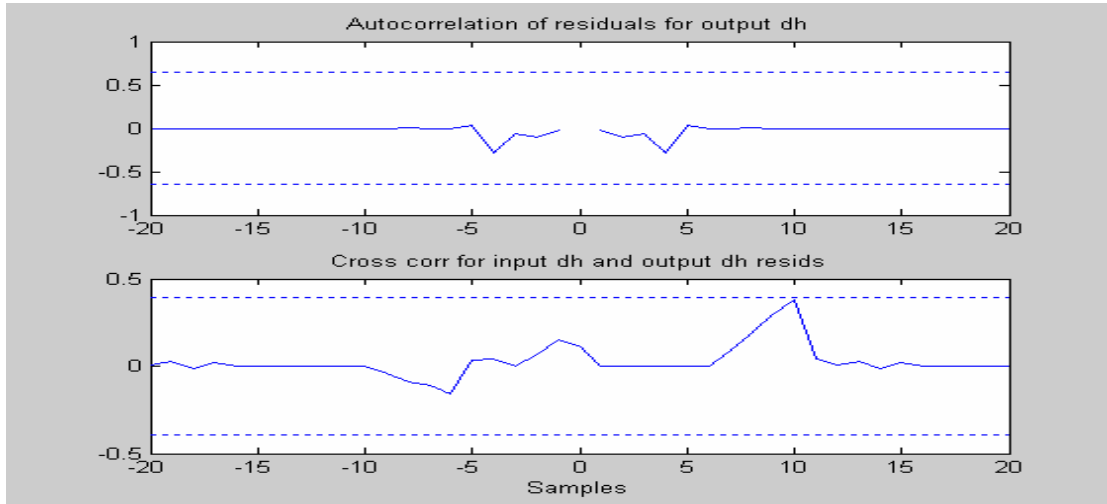
الشكل (6)

فحص الملائمة باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبواقي (هار مع الناعمة)



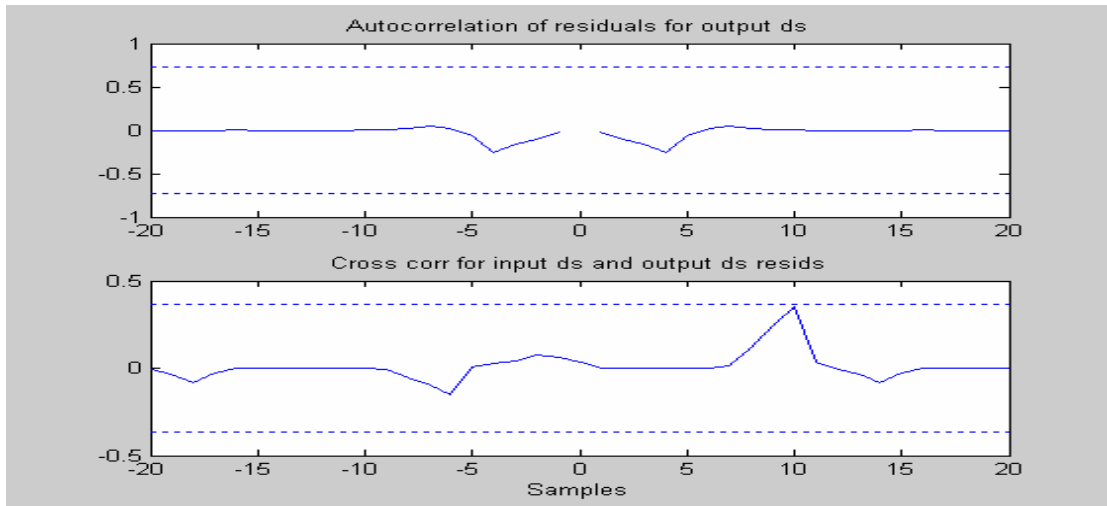
الشكل (7)

فحص الملائمة باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبواقي (هار مع الوسيطة)



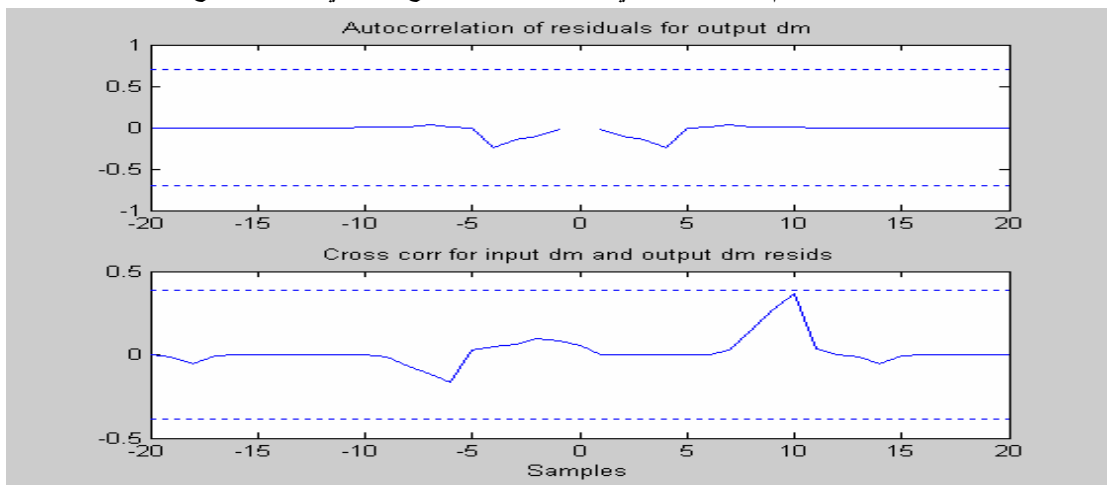
الشكل (8)

فحص الملائمة باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبواقي ((db2 مع الصلبة)



الشكل (9)

فحص الملائمة باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبواقي ((db2 مع الناعمة)



الشكل (10)

فحص الملائمة باستخدام الارتباط الذاتي والارتباط-المتقاطع للبواقي ((db2 مع الوسيطة)

من خلال الأشكال السابقة نلاحظ أن جميع النماذج  $AR(6)$  المقدره كانت ملائمة لمشاهدات السلسلة الزمنية وعلى هذا الأساس يمكن اختيار أي منها لتمثيل هذه السلسلة الزمنية ، ولكن يمكن اختيار الأفضل منها أو من الطريقة الاعتيادية من خلال حساب المعايير الإحصائية وتحديد أقل قيمة من قيمها لاختيار النموذج الأفضل من  $AR(6)$  الأكثر ملائمة لمشاهدات السلسلة الزمنية ، لذلك تم حساب LF ، FPE و MAPE للنماذج المقدره في الجدول (3) ولخصت من خلال الجدول الآتي :

#### الجدول (4)

المعايير الإحصائية للنماذج المقدره  $AR(6)$  للطريقة الاعتيادية والمقترحة

MAPE	FPE	LF	الطريقة
40.5701	10879.8	4945.38	الاعتيادية
16.0703	333.0190	151.372	هار مع الصلبة
15.5401	9.85084	4.47766	هار مع الناعمة
15.6250	39.4982	17.9537	هار مع الوسيطة
36.8473	5786.95	2630.43	(db2) مع الصلبة
19.9922	445.126	202.33	(db2) مع الناعمة
21.8436	1518.62	690.281	(db2) مع الوسيطة

من خلال الجدول (4) نلاحظ أن الطريقة المقترحة حصلت على نتائج أفضل من الطريقة الاعتيادية وبشكل واضح جداً (وبالاعتماد على كل المعايير الإحصائية المستخدمة في هذا البحث) ، في حين كانت الطريقة المقترحة الناتجة من تقليص الموجة هار مع قطع العتبة الناعمة هي الأفضل مقارنةً مع البقية (ولكل المعايير الإحصائية المستخدمة في هذا البحث) في تقدير أفضل أنموذج  $AR(6)$  ملائم لمشاهدات السلسلة الزمنية التي تمثل كميات تساقط الأمطار السنوية (ملم) في محافظة اربيل .



## الاستنتاجات والتوصيات

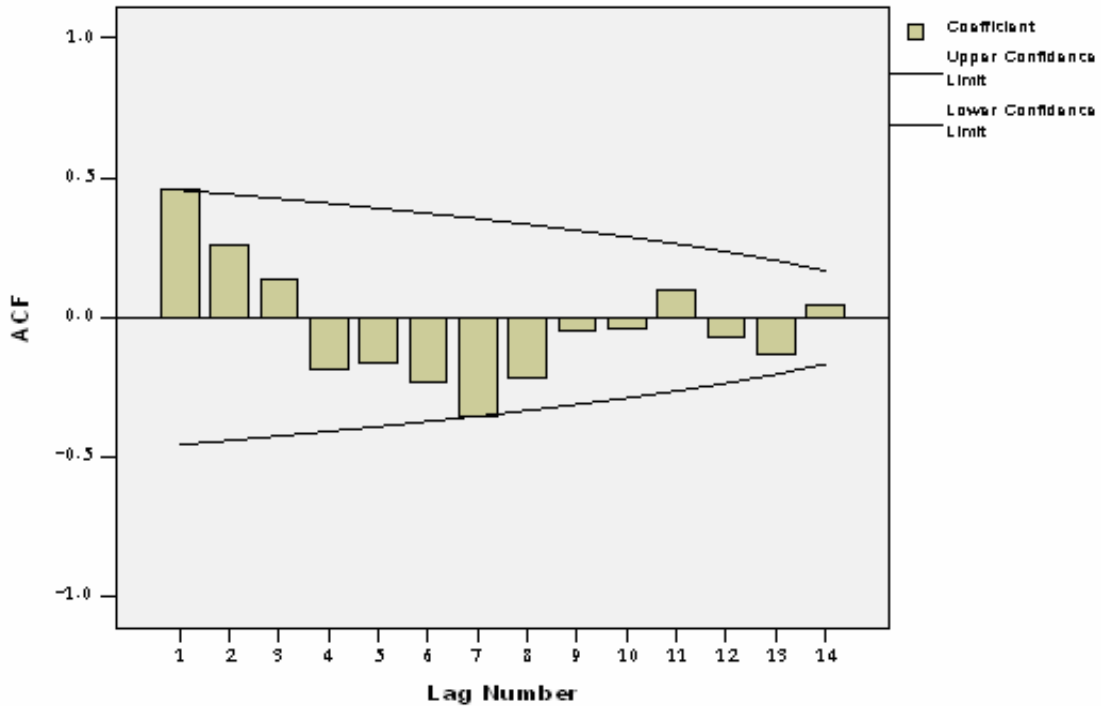
- 1- إمكانية استخدام الطريقة المقترحة التي تمثل تقليص الموجة في معالجة مشكلة التلوث في مشاهدات السلسلة الزمنية .
- 2- الأنموذج الملائم لمشاهدات السلسلة الزمنية لكميات تساقط الأمطار السنوية (ملم) في محافظة اربيل باستخدام الطريقة الاعتيادية والمقترحة كان  $AR(6)$  .
- 3- الطريقة المقترحة كانت الأفضل مقارنة مع الطريقة الاعتيادية ولكل المعايير الإحصائية المستخدمة في هذا البحث في تقدير الأنموذج  $AR(6)$  .
- 4- الطريقة المقترحة الناتجة من تقليص الموجة هار مع قطع العتبة الناعمة هي الأفضل مقارنةً مع باقي تقليص الموجة المستخدمة في هذا البحث ولكل المعايير الإحصائية المقدره .
- 5- يوصي الباحثون باستخدام الأنموذج  $AR(6)$  المقدر بالطريقة المقترحة الناتجة من تقليص الموجة هار مع قطع العتبة الناعمة في تمثيل مشاهدات السلسلة الزمنية لكميات تساقط الأمطار السنوية (ملم) في محافظة اربيل .
- 6- يوصي الباحثون بإجراء دراسات مماثلة حول استخدام أنواع أخرى من الموجات الصغيرة فضلاً عن أنواع أخرى من قطع العتبة .
- 7- يوصي الباحثون بإجراء دراسات مماثلة حول تقليص الموجة في تقدير الأنموذج  $MA(q)$  و  $ARMA(p, q)$  .

### المصادر

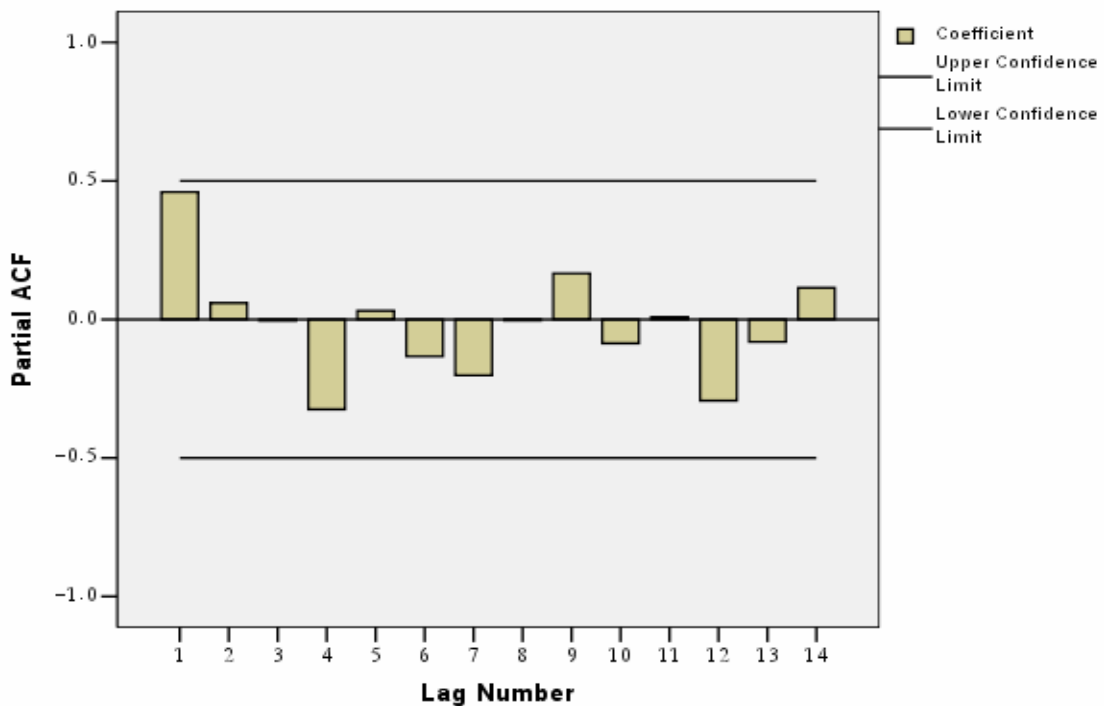
- 1- Chamberlain N. F. , (2002) , Introduction to Wavelet V1.7. , Professor of Electrical Engineering South Dakota School of Mines and Technology , P.22 .
- 2- Donald B. Percival , Muyin Wang and James E. Overland , (2004) , An Introduction to Wavelet Analysis with Application to Vegetation Time Series , University of Washington .
- 3- Howell Tong , (1996) , Non-Linear Time Series , A Dynamical System Approach , University of Kent at Canterbury , p.4
- 4- Ljung , (1999) , Time series , Sections 7.4 and 16.4 , [http://1984-2008- The MathWorks , Ins.- Site Help – Patents – Trademarks – Privacy .](http://1984-2008-The MathWorks , Ins.- Site Help – Patents – Trademarks – Privacy .)
- 5- Ramazan Gengay , Faruk Selguk and Brandon Whitcher , (2002) , An Introduction to Wavelet and other Filtering Methods in Finance and Economics , pp.207-234.
- 6- Ulrich Gunther , (2001) , Advanced NMR Processing , Eurolab Course " Advance Computing in NMR Spectroscopy" , Florence , pp.6-9 .
- 7- Yinian Mao , (2004) , Wavelet Smoothing , EcE , University of Maryland .

الملحق A

المتشاهدات



المتشاهدات



B الملحق

```

% كميات تساقط المطار في أربيل
n=16;
year=1992:2007;
y=[736.7;602.7;580.4;502.2;412.59;440.1;337.2;229.2;272.3;330.9;361.5
;587.654;427;297.5;514;373.4]
m1=arx(y,6,6,1(
%Prediction Errors for y
for q=1:6
e1(q)=0;
end
E1= pe(m1,y,e1;('
for t=1:n
EE1(t)=abs(E1(t)/y(t;((
end
MAPE=mse(EE1)*100
%haar filter with Thresholding
J=log(n)/log(2;('
[c,l]=wavedec(y,J,'db1;('
c(t;('
i=n/2+1:n;
W1=c(i;('
%Estimate of Delta (level of Threshold) for haar wavelet filter
MAD=median(abs(W1;((
sigmaMAD=MAD/0.6745;
Delta=sigmaMAD*((2*log(n))^0.5;('
%Hard Thresholding for haar wavelet filter
i=1:n;
W(i)=c;
for i=1:n
if abs(W(i))<=Delta

```

```

Wh(i)=0;
else
    Wh(i)=W(i);
end
Wh(i);
end
Wh=Wh';
Dhadhh=waverec(Wh',1,'db1');
hh=Dhadhh';
mhht=arx(hh,6,6,1);
%Prediction Errors for hh
for q=1:6
    eht(q)=0;
end
Eht=pe(mhht,y,eht);
for t=1:n
    EEht(t)=abs(Eht(t)/y(t));
end
MAPEhaarfilterhard=mse(EEht)*100
%Soft Thresholding for haar wavelet filter
for i=1:n
    if W(i)>0
        signW(i)=1;
    else if W(i)==0
        signW(i)=0;
    else
        signW(i)=-1;
    end
end
end
signW';
for i=1:n
    plus(i)=abs(W(i))-Delta;
    if plus(i)<0

```

```

plus(i)=0;
else
    plus(i)=plus(i);
end
end
plus;
for i=1:n
    WST(i)=signW(i)*plus(i);
end
WST;
Dhadhs=waverec(WST,1,'db1;('
hs=Dhadhs;
mhst=arx(hs,6,6,1(
%Prediction Errors for hs
for q=1:6
    ehst(q)=0;
end
Ehst=pe(mhst,y,ehst;('
for t=1:n
    EEhst(t)=abs(Ehst(t)/y(t;((
end
MAPEhaarfiltersoft=mse(EEhst)*100
%Mid Thresholing for haar wavelet filter
for i=1:n
    if abs(W(i))<2*Delta
        plusplus(i)=2*plus(i);
    else
        plusplus(i)=abs(W(i;((
    end
end
plusplus;
for i=1:n
    WMT(i)=signW(i)*plusplus(i);
end

```

```

WMT;'
Dhadhm=waverec(WMT,1,'db1;'(
hm=Dhadhm;'
mhm=arx(hm,6,6,1(
%Prediction Errors for hm
for q=1:6
ehm(q)=0;
end
Ehm=pe(mhm,y,ehm;'(
for t=1:n
    EEhm(t)=abs(Ehm(t)/y(t;'((
end
MAPEhaarfiltermid=mse(EEhm)*100
%Daubechies filter with Thresholding
]d,l]=wavedec(y,J,'db2;'(
d;
i=n/2+1:n+2;
w11=d(i;'(
%Estimate of Delta (level of Threshold) for Daubechies Wavelet filter
MAD1=median(abs(w11;'((
sigmaMAD1=MAD1/0.6745;
Delta1=sigmaMAD1*((2*log(n))^0.5;'(
%Hard Thresholding for Daubecheies wavelet filter
i=1:n+9;
w(i)=d;
for i=1:n+9
    if abs(w(i))<=Delta1
        wh(i)=0;
    else
        wh(i)=w(i;'(
    end
wh(i;'(

```

```

end
wh;'
Dhaddh=waverec(wh,1,'db2;'
dh=Dhaddh;'
mdht=arx(dh,6,6,1(
%Prediction Errors for dh
for q=1:6
edh(q)=0;
end
Edh=pe(mdht,y,edh;'
for t=1:n
    EEdh(t)=abs(Edh(t)/y(t;'
end
MAPEdaubecheiesfilterhard=mse(EEdh)*100
%Soft Thresholding for Daubechies wavelet filter
for i=1:n+9
    if w(i)>0
        signw(i)=1;
    else if w(i)==0
        signw(i)=0;
    else
        signw(i)=-1;
    end
end
end
signw;'
for i=1:n+9
    plus1(i)=abs(w(i))-Delta1;
    if plus1(i)<0
        plus1(i)=0;
    else
        plus1(i)=plus1(i;'
end
end
plus1;'

```



```

for i=1:n+9
    wst(i)=signw(i)*plus1(i);
end
wst;'
Dhadds=waverec(wst,1,'db2;('
ds=Dhadds;'
mdst=arx(ds,6,6,1(
%Prediction Errors for ds
for q=1:6
    edst(q)=0;
end
Edst=pe(mdst,y,edst;('
for t=1:n
    EEdst(t)=abs(Edst(t)/y(t;((
end
MAPEDaubechiesfiltersoft=mse(EEdst)*100
%Mid Thresholing for Daubechies wavelet filter
for i=1:n+9
    if abs(w(i))<2*Delta1
        plusplus1(i)=2*plus1(i);
    else
        plusplus1(i)=abs(w(i;((
    end
end
plusplus1;'
for i=1:n+9
    wmt(i)=signw(i)*plusplus1(i);
end
wmt;'
Dhaddm=waverec(wmt,1,'db2;('
dm=Dhaddm;'
mdm=arx(dm,6,6,1(
%Prediction Errors for dm
for q=1:6

```

```
edm(q)=0;  
end  
Edm=pe(mdm,y,edm;'  
for t=1:n  
    EEdm(t)=abs(Edm(t)/y(t;((  
end  
MAPEDaubechiesfiltermid=mse(EEdm)*100  
end
```