قياس كفاءة مرشحات التحليل المويجي في تحليل السلاسل الزمنية

Measuring the efficiency of wavelet analysis filters in the analysis of time series

إشراف

د.زهدي محمد نوفل
أستاذ الإحصاء المساعد
ورئيس قسم الاحصاء ،الرياضة والتأمين
كلية التجارة – جامعة بنها

د. فاطمة علي عبد العاطي
أستاذ الإحصاء التطبيقي
كلية التجارة – جامعة المنصورة

الباحث
سارة عبد الحسين بندر

المستخلص

اهتم البحث في ايجاد نموذج كفؤ وذلك عن طريق مقارنة نماذج (بوكس – جينكنز) الخطية ARIMA(p,d,q) المقدرة من بيانات السلاسل الزمنية قبل وبعد ترشيح التقليص المويجي (المستخدم لمعالجة مشكلة التلوث أو الضوضاء إن وجدت في تلك المشاهدات) ومن ثم تخفيض رتبة النموذج المقدر من المشاهدات المرشحة(مع الحفاظ على دقة وملائمة النماذج المقدرة) وإعادة مقارنته مع النماذج الخطية المقدرة للمشاهدات الأصلية ومن ثم قياس النماذج الأكفأ بالإعتماد على بعض المعايير الإحصائية وتشمل (الجذر التربيعي لمتوسط مربعات الخطأ RMSE ، متوسط الأخطاء المطلقة MAE ومعيار بيز للمعلومات BIC) وذلك من خلال تناول التطبيقات العملية لسلسلة زمنية تتفق مع النماذج المذكورة آنفاً وتشمل (واردات مياه نهر دجلة من سنة ١٩٣٣_٢٠١٧) باستخدام البرامج الإحصائيةSPSS , MATLAB .

توصل البحث إلى كفاءة مرشحات التقليص المويجي في معالجة مشكلة الضوضاء والحصول على نماذج مقدرة كفوءة وبالتحديد مرشح التقليص المويجي (sym) مع قطع العتبة الناعمة المقدر مستواها بطريقة الصيغة الثابتة وإمكانية الحصول على نماذج خطية ذات رتب أقل وكفاءة أعلى للمشاهدات المرشحة مقارنةً مع ما يقابلها من النماذج المقدرة من المشاهدات الأصلية اى ان النموذج الملائم للبيانات هو نموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الممهده بطريقه ساملت

Abstract

The research was interested in finding an efficient model by the estimated linear models of Box-Jenkins such as ARIMA(p,d,q) has been compared from time series observations ,before and after wavelet shrinkage filtering (used to solve the problem of contamination(or noise) if it found in the observations) and then reducing the order of the estimated model from filtered observations (with preserving the accuracy and suitability of the estimated models) and re-compared with the estimated linear models of original observations , depending on some statistical criteria , including the Root Mean Square Error (RMSE) , the Mean Absolute Error (MAE) ,

جدول(٤): نتائج توفيق نموذج النمو غير الخطي

Fixed Effects	*Estimate*	*Standard Error*	*T-ratio*	*P-value*
INTERCEPT, β_{00}	74.68	1.35	55.32	0.0001
TIME , $\boldsymbol{\beta}_{10}$	4.09	0.51	8.02	٠,٠012
TIME^2 , $\boldsymbol{\beta}_{12}$	−0.87	0.43	−2.02	0.5854
Random Effects	***Standard Deviation***	***Variance Component***	***Chi-square***	***P-value***
Intercept , u_0	4.25	18.06	327.44	0.001
TIME , $\boldsymbol{u}_1$	0.95	0.91	298.01	0.011
TIME^2 , $\boldsymbol{u}_2$	0.64	0.41	391.47	0.3221
Level-1 , *e*	6.05	36.57		

جدول(٥): نتائج مقارنة جودة توفيق نماذج النمو

BIC	AIC	Model deviance(D)	المقاييس / نماذج النمو
1259.33	*1255.96*	*1248.15*	المتوسطات غير الشرطي(I)
١٢٢٥,٠٨	١٢١٦,٤١	١٢٠٦,٧٤	النمو الخطى غير الشرطي(II)
1135.1	١١٥٨,٦٦	*1139.24*	النمو الخطى الشرطي(III)
1311.42	١٢٩٨,٤٧	١٤5٧,٠1	النمو غير الخطي (IV)

مُلخص البحث

استخدام نماذج النمو الفردية في دراسة الأداء التحصيلي للطلبة: دراسة تطبيقية

تعتبر نماذج النمو الفردية أحد الأساليب الإحصائية الحديثة نسبياً وواسعة الاستخدام في المجال التعليمي، حيث تستخدم لدراسة التغير / النمو التحصيلي للطلبة خلال سنوات الدراسة. وتهدف هذه الدراسة إلى عرض نماذج النمو الفردية بأشكالها المختلفة، ثم استخدامها في تحليل الأداء التحصيلي لطلبة المدارس خلال عدد من السنوات.

and the Bayesian Information Criterion (BIC) ,through taking several practical applications of time series consistent with the models mentioned above , including(Imports of water to the River Tigris from 1933_2017) by using statistical programs such as SPSS and MATLAB.

The results of the thesis showed the efficiency of wavelet shrinkage filters in solving the noise problem and obtaining the efficient estimated models, and specifically the wavelet shrinkage filter (sym) with Soft threshold which estimated its level using the Fixed Form method of filtered observations, and the possibility of obtaining linear models of the filtered observations with lower orders and higher efficiency compared with the corresponding estimated models of original observations. The appropriate data model is the ARIMA model (3,1,0) for the sampled data

اولا: المقدمة

Introduction

المويجة (Wavelet) أوالموجة الصغيرة (Small Wave) عبارة عن دوال رياضية تستخدم لتجزئة البيانات إلى مركبات تردد مختلفة ، ودراسة كل مركب مع تصميم جديد(Resolution) ملائم عند كل قياس . إلى جانب آخر فهي تمثل أداة مميزة وتقنية فعالة وقوية لتمثيل وتحليل الإشارات ، وقد تطورت في العقدين الماضيين بشكل كبير جداً نتيجة التطور الكبير الحاصل في الحاسبات الألكترونية، وتختلف هذه الأداة عن باقي التقنيات من خلال طريقة تركيز البيانات في مستوى (الزمن- التردد) متفوقاً على طريقة فوريير التي تحلل المعلومات في ظل التردد فقط . من جانب آخر يُعَدُّ موضوع تحليل السلاسل الزمنية من المواضيع الحيوية التي اتسعت تطبيقاتها بشكل كبير ، فلا نجد مجالاً علمياً أو تقنياً يخلو منها ، ويهتم عادةً بدراسة الظواهر أو المتغيرات التي تتغير بتغير الزمن ، و يُعَدُّ موضوع الترشيح (Filtering) أحد المحاور الهامة التي يهتم موضوع تحليل السلاسل الزمنية بدراستها وقد لاحظنا مؤخراً أستخدم التحويل المويجي بشكل فعّال في مجال تحليل السلاسل الزمنية. وبسبب تأثر مشاهدات السلسلة الزمنية للعديد من العوامل الطبيعية المجهولة إضافة إلى العوامل الشخصية ، فإن هذه المشاهدات تحتوي على نسبة معينة من التلوث أوالضوضاء (Noise)وهو عبارة عن بيانات غير مرغوب فيها تشوب الإشارة وغالباً ما يكون ذات قيمة صغيرة وترددات عالية وبالتالي تشوه المشاهدات الحقيقية وتسبب صعوبة في عملية تحليل مشاهدات السلسلة الزمنية كالتشخيص والتقدير والتنبؤ في ظل وجود الضوضاء وقد اعتمد الباحث في هذا البحث على بيانات واردات المياه لنهر دجلة ومحاولة قياس النموذج الاكثر كفاءة معتمدا على الاساليب الاحصائية المتمثلة بتحليل السلاسل الزمنية والتحليل المويجي لما لهذه المواضيع من اهمية علمية بالاضافة الى اهمية دراسة موضوع المياه الذي حظي بالفترة الاخيرة بأولوية خاصة لا سيما في البحوث والمجالات التطبيقية كونها تعاني من ضغوط واقعية تمثلت بضغط الطبيعة من جهة وضغوط سياسية من جهة اخرى وذلك جراء استغلال المياه المجحف من قبل دول المنبع بسبب ضعف الزامية القانون الدولي المنظم للحصص المائية بين الدول والتي يمكن ان تهدد المصادر المائية العراقية اذا ما استغلت هذه التوجهات لخلق صراع حول المياه في عموم الشرق الاوسط .

ثانيا: مشكلة البحث:

إن عملية تقليل الضوضاء أو إزالته قبل تحليل السلسلة الزمنية هو أمر مهم جداً وذلك من أجل الحصول على نتائج دقيقة وموثوقة عند بنـاء النماذج ، ويعـد التقليص المويجي (Wavelet

(Shrinkage) المكون من المويجات مع قطع العتبـة (Thresholding) أسلوباً رياضياً قوياً يستخدم لتقليل الضوضاء الذي يمكن أن تتعرض له مشاهدات السلسلة الزمنية ، وإختيار مستوى قطع العتبة بحيث يكون مناسب لإزالة معظم الضوضاء مع الإبقاء على أكبر قدر ممكن من طاقة البيانات التي تمثل الإشارة الحقيقية (Real Signal) .وبما اننا نعيش في بيئة دائمة التغير قد يحدث هذا التغير بشكل مفاجئ فيؤدي الى بيانات شاذة أو غير مستقرة تؤثر بشكل كبير على نتائج تحليل البيانات ومن ثم على دقة النتائج ولكون البيانات المدروسة المتمثلة بالواردات المائية السنوية لنهر دجلة للفترة من (١٩٣٣-٢٠١٧) م والتي تضمنت بيانات غير مستقرة او قيم شاذة لذلك توجب على الباحث ان يعالج هذه المشكلة قبل البدء بالتحليل لذلك أختار الباحث أسلوبي تحليل السلاسل الزمنية باستخدام نماذج بوكس وجنكنز واسلوب تقليص الموجة الصغيرة بطريقتي قطع العتبة قبل وبعد الترشيح لإختيار أفضل نموذج رياضي يصف بيانات الدراسة .

ثالثا: هدف البحث:

يهدف االبحث إلى إجراء مقارنة نماذج السلاسل الزمنية الخطية المقدرة من مشاهدات السلاسل الزمنية قبل وبعد ترشيح التقليص المويجي (المستخدم لمعالجة مشكلة الضوضاء إن وجدت في تلك المشاهدات) وذلك بالإعتماد على بعض المعايير الإحصائية .

كذلك يهدف االبحث إلى إمكانية تخفيض رتبة الأنموذج الخطي المقدر للمشاهدات المرشحة باستخدام طرائق مختلفة للتقليص المويجي (مع الحفاظ على دقة وسلامة النماذج المقدرة) وإعادة مقارنته مع النماذج الخطية المقدرة للبيانات الأصلية بالإعتماد على بعض المعايير الإحصائية

رابعا: أهمية البحث:

١. التعامل مع مشكلة البيانات الشاذة في البيانات المستخدمة في تحليل السلسلة الزمنية من خلال ايجاد نموذج يلائم الدراسة واستخدام طريقة مقترحة تعتمد على التقليص المويجي (wave shrink).

٢. مقارنة بين أسلوب تقليص الموجة الصغيرة على أنواع من مرشحات الموجة الصغيرة مع تحليل نماذج السلسلة الزمنية لمشكلة واردات المياه لنهر دجلةومن ثم قياس كفاءة النموذج الأفضل ، بالإعتماد على بعض المعايير الاحصائية.

خامسا: تحليل السلاسل الزمنية :

نماذج السلاسل الزمنية هي نماذج احتمالية أو تصادفيه (Stochastic) ، حيث أن السلسلة الزمنية $[z_t]_{t=0}^{n}$ إلى n من المشاهدات المتعاقبة هي عينة من المجتمع اللانهائي لمثل هذه السلسلة ، وهنالك حالتين لهذه النماذج ، تمثل الحالة الأولى النماذج المستقرة (Stationary Models) والتي تفترض أن السلسلة الزمنية تبقى متوازنة حول متوسط ثابت وتباين ثابت مع مرور الزمن ، بينما تمثل الحالة الثانية النماذج غير المستقرة والتي لا تتضمن متوسط ثابت أو تباين ثابت مع مرور الزمن وتعتبر الحالة العامة لنماذج السلاسل الزمنية المستخدمة في شتى المجالات التطبيقية المختلفة .

هنالك اتجاهين في تحليل السلاسل الزمنية ، الأول يعتمد على الدالة المولدة للتغاير الذاتي (Auto covariance-Generation Function) والذي يدعى مجال الزمن (Time Domain)، والثاني يعتمد على دالة قدرة الطيف (Spectrum Function)والذي يدعى مجال

التردد (Frequency Domain) ومن أجل الحصول على مقدرات جيدة تحمل جميع الصفات المطلوب توفرها في التقدير الذي يمكن التعويل عليه في الحصول على نتائج أكثر دقة يجب اختيار أحد الطرائق المناسبة للتقدير ، ومن ثم استخدامها في التنبؤ المستقبلي .

إن عصر نماذج السلاسل الزمنية بدأ مع النماذج الخطية (Yule's Auto regressive)، أي الانحدار الذاتي من الرتبة الثانية في عام (1927)، ومن ثمَ الرتبة p، أو ما تسمى بالنماذج الطبيعية الخطية (Linear Gaussian Models)، الذي نحصل عليه من خلال الصيغة الآتية :

$$Z_t = \theta_0 + \sum_{k=1}^{p} \theta_k Z_{t-k} + \varepsilon_t \qquad \cdots (1)$$

حيث أن θ_k تمثل معلمات النموذج و $(p \neq 0)$ هو عدد صحيح موجب محدد يشير إلى رتبة نموذج الانحدار الذاتي ، ε_t هي متغيرات عشوائية غير مرتبطة (Uncorrelated random variable) لها معدل صفر وتباين σ_ε^2 وتدعى بالضوضاء الأبيض (White Noise)، ويمكن التعبير عنه اختصاراً كما يأتي : $Z_t \sim AR(p)$

التصنيف الأكثر عموماً للنماذج الخطية هو أن نحصل عليه من خلال التعويض عن ε_t في الصيغة رقم (١) بالمتوسط الموزون لقيم الضوضاء الأبيض $(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \ldots, \varepsilon_{t-q})$، أي أن :

$$Z_t = \theta_0 + \sum_{k=1}^{p} \theta_k Z_{t-k} + \sum_{k=0}^{q} \phi_k \varepsilon_{t-k} \qquad \cdots (2)$$

حيث أن ϕ_k معلمات أخرى للنموذج و $(\phi_q \neq 0)$ ، ϕ_0 ربما تكون مساوية للواحد بدون فقدان العمومية ، q هو عدد صحيح موجب محدد يشير إلى رتبة جزء المتوسطات المتحركة للنموذج أعلاه ، هذا النموذج ككل يدعى الانحدار الذاتي-المتوسطات المتحركة (النموذج المختلط) من الرتبة العامة وبالرموز يمكن التعبير عنه اختصاراً بما يأتي :

$$Z_t \sim ARMA(p,q)$$

عندما تكون قيمة p مساوية للصفر ، أي أن ARMA(0,q) نحصل على نموذج المتوسطات المتحركة الذي يرمز له اختصاراً MA(q) وكما يأتي :

$$Z_t = \sum_{k=0}^{q} \phi_k \varepsilon_{t-k} \qquad , \phi_0 = 1 \qquad \cdots (3)$$

نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية:

Autoregressive Integrated Moving Average Models

إن الكثير من السلاسل الزمنية التي نتعامل معها من الناحية التطبيقية تكون غير ساكنة، حيث تتغير خصائص العملية العشوائية لهذه السلاسل الزمنية خلال الزمن. في هذه الحالة يمكن تحويل السلاسل غيرالساكنة إلى سلاسل ساكنة بأخذ الفروق غير الموسمية اللازمة (d=1,2,...) (Mills,1992)، ويقال أن z_t تكون غير ساكنة ومتجانسة من الرتبة d إذا كان $w_t = \nabla^d z_t$ تكون سلسلة ساكنة ، حيث تشير ∇^d للفروق من الرتبة d بمعنى :

$$\nabla z_t = z_t - z_{t-1}, \nabla(z_t - z_{t-1}) = z_t - 2z_{t-1} + z_{t-2}$$

وإذا كانت w_t ساكنة وتتبع عملية الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة المختلطة، يقال أن z_t تكون عملية انحدار ذاتي ومتوسطات متحركة تكاملية من الرتبة (p, d, q) وتكتب ARIMA(P, d, q) ، ويعبر عن نموذج عملية ARIMA(P, d, q) باستخدام معامل الإزاحة للخلف كما يلي :

$$\phi_p(\mathrm{B})\nabla^d z_t = \delta + \theta_q(\mathrm{B})e_t \qquad (4)$$

حيث:

$$\left.\begin{aligned}\phi(\mathrm{B}) &= 1 - \phi_1\mathrm{B} - \phi_2\mathrm{B}^2 - \ldots\ldots - \phi_p\mathrm{B}^p \\ \theta(\mathrm{B}) &= 1 - \theta_1\mathrm{B} - \theta_2\mathrm{B}^2 - \ldots\ldots - \theta_q\mathrm{B}^q\end{aligned}\right\} \qquad (5)$$

سادسا: الموجة الصغيرة وقطع العتبة : Wavelet and Thresholding

الموجة الصغيرة(**Small Wave**)أو ما تسمى بالمويجة (Wavelet) هي أحد أنواع الدوال الرياضية المستخدمة لتجزئة الدالة المعطاة إلى مركّباتْ تردد مختلفة ودراسة كل مركّبْ مع إعادة الحل الملائم عند كل قياس ، وتعرف الموجة الصغيرة رياضياً بأنها دالة قيمة-حقيقية معرفة على محور حقيقي كامل وتتذبذب صعوداً ونزولاً بشكل منتظم حول الصفر وهنالك ثلاثة شروط يجب توفرها في هذه الدالة لكي يمكن أن نطلق عليها دالة الموجة الصغيرة$\psi(.)$ وهي:

١- تكامل الدالة $\psi(.)$ على الفترة (∞ , ∞-) يجب أن يساويالصفر ، أي أن :

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(u)\,du = 0 \qquad \ldots (6)$$

بديهياً هذا الشرط يضمن أن ذبذبات الموجة الصغيرة يجب أن تكون متوازنة أعلى وأدنى الصفر.

٢- تكامل مربع الدالة $\psi(.)$ على الفترة (∞ , ∞-) يجب أن يساوي الواحد ، أي أن :

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi^{2}(u)\,du = 1 \qquad \dots (7)$$

التي تدعى خاصية طاقة الوحدة (Unit Energy) ، و أن لكل قيمة صغيرة ولتكن $(o<\varepsilon<1)$ يجب أن تكون هنالك فترة محددة $(-T,T)$ لعرض محدد (Finite Width) وصغير مقارنةً بالفترة (∞ , ∞-)، بحيث أن :

$$\int_{-T}^{T} \psi^{2}(u)\,du > 1-\varepsilon \qquad \dots (8)$$

ويعني أيضاً :

$$\int_{-\infty}^{-T} \psi^{2}(u)\,du + \int_{T}^{\infty} \psi^{2}(u)\,du < \varepsilon$$

بديهياً هذا الشرط يضمن أن أغلب المتموجات في $\psi(.)$ هي محتواة في جزء من الفترة (Some Interval) ولعرض محدد .

٣- الدالة $\psi(.)$ يجب أن تكون قابلة للسماح (Admissible) وهو شرط تقني مطاط (قابل للتعديل) للصياغة الرياضية وليس له أهمية في التطبيقات العملية .

أنواع مرشحات الموجة الصغيرة

المويجة(هار) Haar Wavelet

المويجة هار تعتبر من أبسط أنواع المويجات المستخدمة لأغراض التحليل ، وقد ظهرت إلى الوجود من خلال الدراسة التي قدمها العالم (Alfred Haar) في الفترة (1909 - 1910)وبسبب بساطتها وسهولتها فهي تعتبر الخيار الأفضل لدى الراغبين في تعلم ودراسة المويجات (حمزة،٢٠١٥). ومن المعلوم أن هناك دالتان تلعبان دوراً أساسياً في تحليل المويجة ، دالة المويجة (Wavelet Function Ψ) أو ما تسمى بدالة المويجة الأم ودالة القياس (Scaling Function Φ) فبالنسبة لدالة المويجة يمكن التعبير عنها من خلال الصيغة:-

$$\Psi(u)=\begin{cases}1, & 0\le u<\frac{1}{2}\\ -1, & \frac{1}{2}\le u\le 1\\ 0 & \text{otherwise}\end{cases} \qquad \dots (9)$$

أما دالة القياس فيعبر عنها بالشكل الآتي :-

$$\phi(u)=\begin{cases}1, & 0\le u\le 1\\ 0, & \text{Otherwise}\end{cases} \qquad \dots (10)$$

إن المويجة (هار) لديها الخواص الآتية:-

1- الإرتكاز المرصوص (Compact Support)
2- متعامدة (Orthogonal)
3- ثنائية التعامد (Biorthogonal)
4- متماثلة (Symmetric)

وتم توضيح هذه الخواص في مرشح الموجة دوبجيز (Daubechies) لاحقاً .

١- المويجة المتقطعة (ماير) Wavelet Discrete Meyer

المويجة المتقطعة (ماير) أو ما يسمى (dmey) هو من نتاج العالم (Yves Meyer) الذي يعود له الفضل في تطوير طرائق تحليل المويجة.إن دالة المويجة الأم ودالة القياس معرفتان في مجال التردد ، ويمكن التعبير عن دالة المويجة الأم من خلال الصيغة التالية :

$$\Psi(u) = \begin{cases} (2\pi)^{-1/2}\, e^{-iu/2} \sin\left(\frac{\pi}{2} v\left(\frac{3}{2\pi}|u|-1\right)\right) & if\ \frac{2\pi}{3} \le |u| \le \frac{4\pi}{3} \\ (2\pi)^{-1/2}\, e^{iu/2} \cos\left(\frac{\pi}{2} v\left(\frac{3}{4\pi}|u|-1\right)\right) & if\ \frac{4\pi}{3} \le |u| \le \frac{8\pi}{3} \\ 0 & if\ |u| \notin \left[\frac{2\pi}{3}, \frac{8\pi}{3}\right] \end{cases} \quad ...(11)$$

حيث أن :

$$v(a) = a^4(35 - 84a + 70a^2 - 20a^2) \qquad a \in [0,1]$$

أما دالة القياس فتكون بالشكل التالي :

$$\phi(u) = \begin{cases} (2\pi)^{-1/2} & if\ |u| \le \frac{2\pi}{3} \\ (2\pi)^{-1/2} \cos\left(\frac{\pi}{2} v\left(\frac{3}{2\pi}|u|-1\right)\right) & if\ \frac{2\pi}{3} \le |u| \le \frac{4\pi}{3} \\ 0 & if\ |u| > \frac{4\pi}{3} \end{cases} \quad ...(12)$$

إن المويجة المتقطعة (ماير) لديها خاصية مهمة وهي خاصية الإرتكاز المرصوص (Compact Support) وهو يمثل تقريب جيد يقود إلى مرشحات إستجابة النبض المحدد (Finite Impulse Response) والذي من خلاله يمكن إستخدام تحويل المويجة المتقطع (DWT) ، إضافةً إلى إمتلاكها نفس خواص المويجة (هار) (الزبيدي،٢٠٠٩)

٢- المويجة (دوبجيز) Daubechies wavelet

سميت هذه المويجات نسبةً إلى الباحثة (Ingrid Daubechies) والتي تعتبر الباحثة الرائدة في موضوع المويجة ، وقد ابتكرت ما يسمى بمويجات التعامد الطبيعي(Orthonormal) ذات الإرتكاز المرصوص في عام (1988) مما جعل تحليل المويجة المتقطعة قابلة للتطبيق. وتكتب مرشحات هذه العائلة إختصاراً (DN) أو (dbL1) ، حيث أن (D) و (db) هو مختصر لإسم الباحثة (Daubechies) أما (N) فهو طول المرشح أو رتبته ، في حين أن (L1) هو عدد العزوم المتلاشية أو الزائلة لدالة المويجة ، فمثلاً (D4) و (db2) يدلان على نفس المرشح وهو المرشح من الرتبة الثانية من مرشحات هذه العائلة، ويرتبط (L1) مع (N) بالعلاقة الآتية :

$$L1 = N/2 \qquad ... (13)$$

بشكل عام فإن (dbN) تمثل عائلة المويجات ذات الرتبة (N) [علماً أن المويجة هار هي أحد أفراد هذه العائلة لأن db1 هي نفس المويجة هار] . ولهذه المويجات خصائص يمكن إدراجها بالشكل الآتي :

1- الإرتكاز للمويجة (dbN) هو على الفترة [0,2N-1] .
2- المويجة (dbN) لها (N) من العزوم المتلاشية أو الزائلة .
3- إن شكل الدوال للمويجة (dbN) بعيدة عن التناظر .
4- يزداد الإنتظام (Regularity or Smoothness) للمويجة (dbN) مع تزايد طول المرشح أو رتبته،أي (0.2075 N) والذي يمثل مؤشر الإنتظام (Regularity Index).

٣- المويجة (كويفليتز) **Coiflets Wavelet**

أوجدت الباحثة (Daubechies) هذه المويجات بناءاً على طلب قدمه الباحث (Coifman) في ربيع 1989 ونسبت إليه ، حيث قام هذا الباحث بطرح فكرة الحصول على العزوم المتلاشية أو الزائلة لمرشحات التمرير الواطئ ومرشحات التمرير العالِ معاً لكلتا الدالتين أي(Ψ و ϕ) بدلاً أن تكون العزوم المتلاشية مقتصرة على (Ψ) وحدها . وتسمى هذه المويجات إختصاراً (Coif N) حيث (Coif) هي إختصار (Coifman) في حين أن (N) تمثل رتبة المرشح ، وهناك علاقة بين رتبة المرشح مع طوله وهي (طول المرشح =6N) كما أن عدد العزوم المتلاشية لدالة المويجة (Ψ)هي ($L = 2N$)، في حين أن عدد العزوم المتلاشية لدالة القياس(ϕ) هي ($L_1 = 2N - 1$) .

٤- المويجة ساملت :- **Symlets Wavelet (sym)**

المويجات ساملت هي المويجات المتعامده التي أقترحتها الباحثة (Duabechies) والتي أجرت تعديلات على عائلة (db) بزيادة التماثل مع بقاء بساطة المويجة ، وهي متماثلة ولها نفس خصائص (دوبجيز) وان رتبة دوال المويجة تتكون من (2-8) رتبة .

قطع العتبة : Thersholding

هنالك أنواع عديدة من قطع العتبة المستخدمة مع معاملات تحويل المويجة منها على سبيل المثال لا الحصر قطع العتبة الناعمة (Soft Thresholding) ، قطع العتبة الصلبة (Hard Thresholding)قطع العتبة القوية أو المشتركة (Firm Thresholding) ، قطع العتبة الوسيطة (Mid Thresholding) وقطع العتبة (Garrote) غير السالبة **(الشاروط،٢٠٠٦)** وفي هذا البحث تم إختيار قطع العتبة الناعمة والتي سيتم الإعتماد عليها في الجانب التطبيقي

قطع العتبة الناعم : (Soft Thresholding)

هي التقنية القياسية لمعالجة القيم الشاذة لمعاملات المويجة W_n بواسطة :

$$W_n^{(st)} = sign\{W_n\}(|W_n| - \delta)_+ \qquad \ldots(14)$$

حيث أن :

كذلك لدينا :

$$sign\{W_n\} = \begin{cases} +1 & if \quad W_n > 0 \\ 0 & if \quad W_n = 0 \\ -1 & if \quad W_n < 0 \end{cases}$$

$$\left(|W_n|-\delta\right)_+ = \begin{bmatrix} 0 \quad if \quad \left(|W_n|-\delta\right)\le 0 \\ \left(W_n-\delta\right) \qquad otherwise \end{bmatrix}$$

إن قطع العتبة الناعمة تدفع كل المعاملات بإتجاه الصفر ، فإذا كانت معاملات المويجة أقل من مستوى قطع العتبة فهي تذهب إلى الصفر ، لذلك فإن قطع العتبة الناعمة هو خط مستمر (Continuous Mapping). إن التقديرات ناتجة من قاعدة قطع العتبة يعتمد على الخصائص المرغوبة في التقديرات من حيث للعتبة الناعمة تحيز أقل ومتوسط مربعات خطأ كلي أقل (البياع ٢٠٠٨)

ثامنا : الجانب التطبيقي

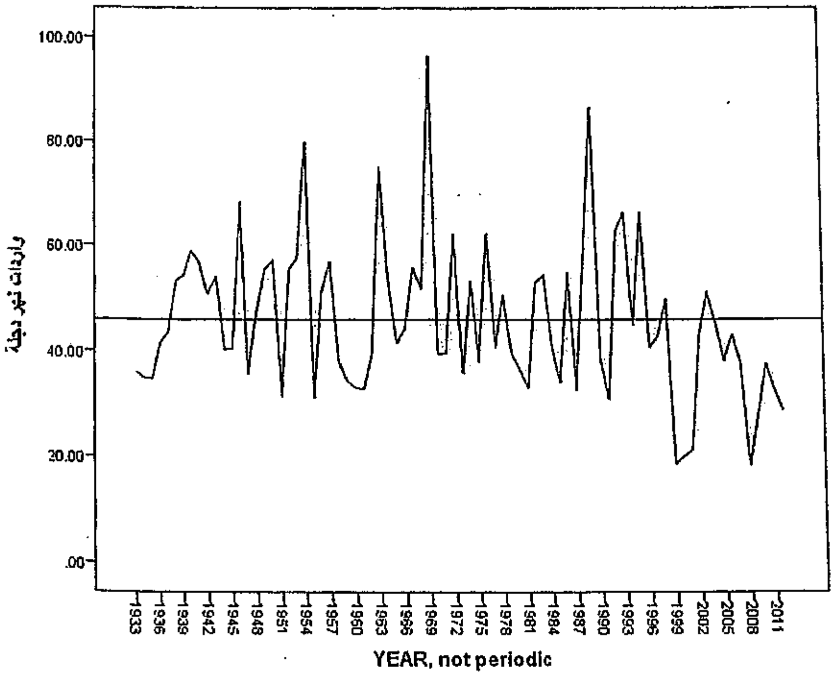
التطبيق على واردات نهر دجله المائية

التنبؤ باستخدام السلاسل الزمنية ذات المتغير الواحد

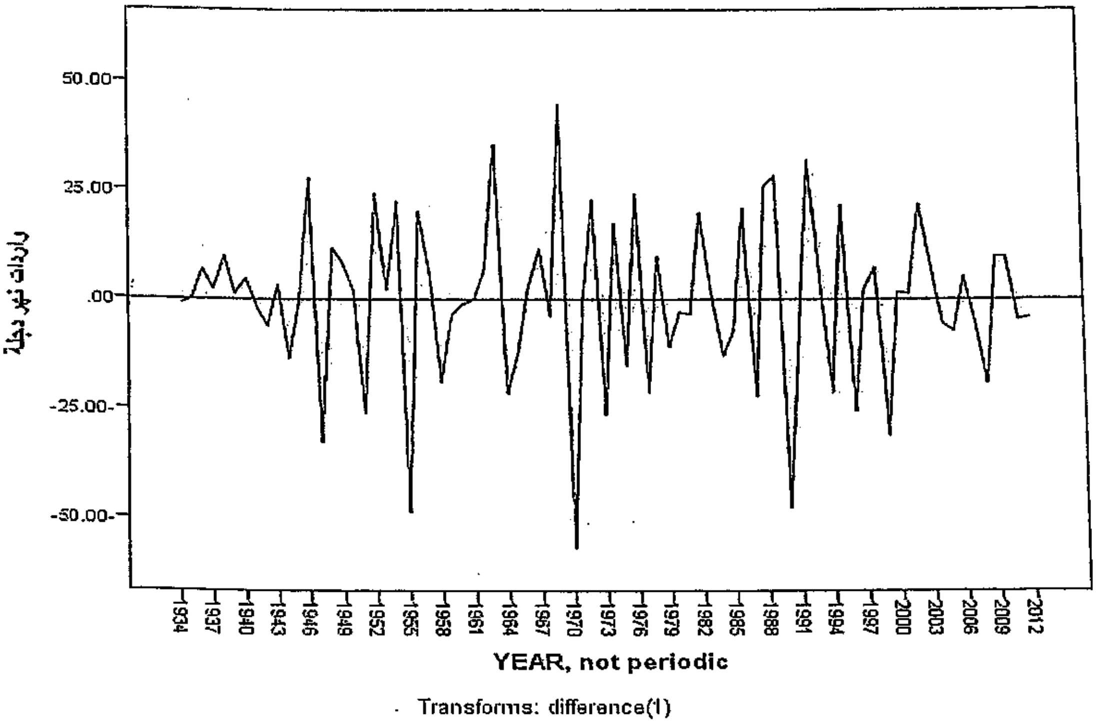
تم تطبيق مراحل بوكس ـ جنكنيز لبناء نموذج ARIMA(p,d,q) لواردات نهر دجله المائية، فى الفترة من 1933 إلى 2012، وبيانات الخمس سنوات التالية للحكم على جودة النموذج، وقد تم الاستعانة بالبرنامج الإحصائي (SPSS Ver.22)، فضلاً عن استخدام برنامج ولغة (MATLAB R2014a) في التحليل الأحصائي ومن ثم الحصول على النتائج المطلوبة.

المرحلة الأولى: التعرف على النموذج

الهدف من هذه المرحلة التعرف على نموذج أو أكثر من نماذج ARIMA ، حيث تم رسم بيانات نهر دجله المائية، ويتضح من الشكل رقم (1): ويتضح من الشكل وجود تذبذب فى قيم بيانات واردات نهر دجله حول الوسط الحسابى، وتغير اتجاه البيانات تصاعديا مرة وتنازليا مرة اخرى، مما قد يستوجب أخذ فروق غير موسمية للحد من الاتجاه العام فى اجزاء السلسله، كما يتضح سكون التباين مما لا يلزم أخذ تحويلة مناسبة (اللوغارتيمة ـ الجذر- ...)، شكل رقم (2) يعرض الفروق غير الموسمية لبيانات نهر دجله المائية، ويتضح من الشكل الحد من وجود اتجاه العام فى اجزاء السلسله.



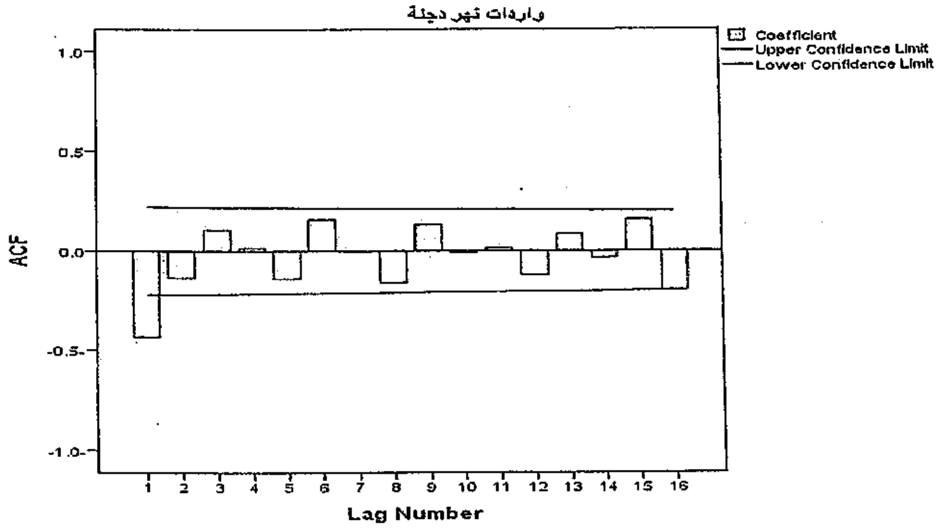
شكل رقم (1) السلسلة الزمنية لواردات نهر دجله المائية فى الفترة (1933 – 2012)

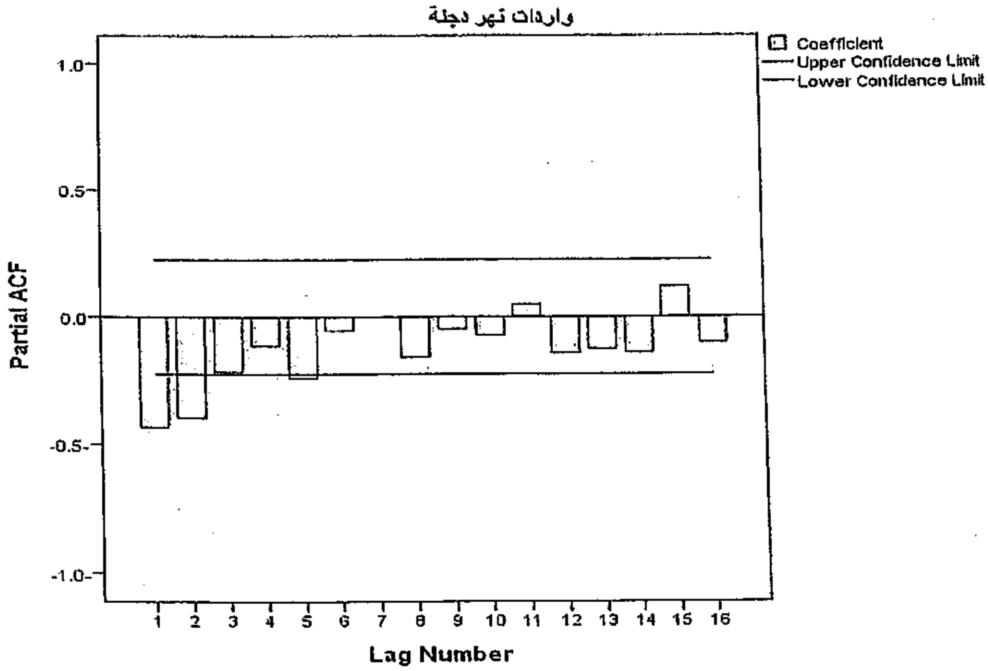


شكل رقم (2) السلسلة الزمنية للفروق الغير موسمية لواردات نهر دجله المائية فى الفترة (2012 – 1933)

يعرض شكل (3) دالتى الارتباط الذاتي ACF والارتباط الذاتي الجزئى PACF لبيانات واردات نهر دجله المائية، نلاحظ معنويه معامل الارتباط الذاتى عند (k = 1)، ومعنوية معاملات الارتباط الذاتى الجزئى عند (k = 1)، (k = 2) اى ان النموذج المقترح يحتوى على معلمتين انحدار ذاتى ومعلمة متوسطات متحركه الغير موسمية، اى يمكن اقتراح

النموذج ARIMA(2,1,1) لتمثيل البيانات، ويمكن ان يقترح مجموعة أخرى من النماذج مثل: ARIMA(2,2,0) ، ARIMA(3,1,0)





شكل (3) دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئى لبيانات واردات نهر دجله المائية

المرحلة الثانية: التقدير

فى هذه المرحلة يتم تقدير معالم النماذج المرشحة لملائمة البيانات السنوية لواردات نهر دجله المائية وهى:

1- ARIMA (2,1,1)
2- ARIMA (2,2,0)
3- ARIMA (3,1,0)

يعرض جدول (1) قيم مقدرات النقطة لمعالم النماذج والنسبة t (t- ratio) الخاصة باختبار معنوية كل معلمة عند مستوى معنوية 5% .

جدول رقم (1)
نتائج تقدير معلمات النماذج المقترحة لبيانات واردات نهر دجله المائية

Models		θ_1	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3
(1)	β	.904	.076	-.056	
	T-Ratio	11.027*	.563	-.431	
(2)	β		-.922	-.532	
	T-Ratio		-9.565*	-5.510*	
(3)	β		-.673	-.504	-.199
	T-Ratio		-6.185	-4.214	-1.830**

*** Significant statistic at level 5%**
**** Significant statistic at level 10%**

المرحلة الثالثة : الفحوص التشخيصية للنماذج المقدرة

١- بحث السكون والانعكاس:

وباستعراض الجدول (1) نلاحظ أن معلمات النموذج الثانى والثالث معنوية والقيمة المطلقة للمعاملات أقل من الواحد الصحيح فتحقق شرط السكون.

٢- معايير إحصائية:

يعرض الجدول (2) أهم المعايير الخاصة بالنماذج المقدرة ونهتم فى تلك المرحلة بالنموذجين الثانى والثالث، ويتضح ان المتوسط المطلق للخطأ (MAE) والجذر التربيعى للمتوسط النسبى للخطأ (RMSE) وهى قيم منخفضة للنموذج الثالث، وطبقاً لتلك المعايير يفضل النموذج الثالث لأن له أقل قيمة لكل المعايير.

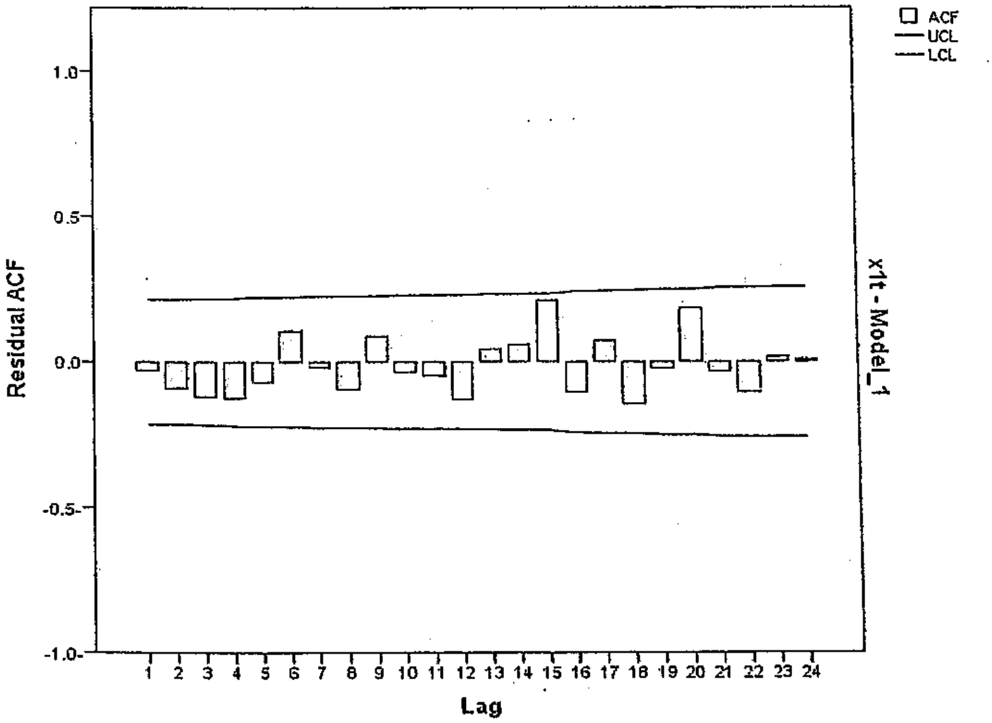
جدول (2)
المعايير الإحصائية للنماذج المقدرة

Models	RMSE	MAE	BIC
(2)	**21.815**	**16.491**	**6.277**
(3)	**15.178**	**11.506**	**5.598**

٣- تحليل البواقى:

مما سبق يمكننا إختيار النموذج الثالث ليلائم البيانات محل الدراسة، ونجرى الآن اختبار آخر برسم دالة الارتباط الذاتى لبواقى النموذج الثالث وبحث هل هى تغيرات عشوائية بحتة أم لا؟

شكل (4) يعرض دالة الارتباط الذاتي لبواقى النموذج الثالث، ونلاحظ عدم معنوية معاملات الارتباط الذاتى (تقع داخل حدود فترة الثقة)، اى ان البواقى تمثل تغيرات عشوائية بحته مما يؤكد على ملائمة النموذج للبيانات.



شكل (4) يعرض دالة الارتباط الذاتي لبواقى النموذج الثالث

المرحلة الرابعة : التنبؤ

بعد تقدير النموذج وإجراء الفحوص التشخيصية والتأكد من ملائمة النموذج ARIMA(3,1,0) لتمثيل البيانات السنوية لواردات نهر دجله المائية ، تم استخدام النموذج فى التنبؤ بالقيم المستقبلية لواردات نهر دجله المائية.

والنموذج تم تقدير معالمه كمايلى:

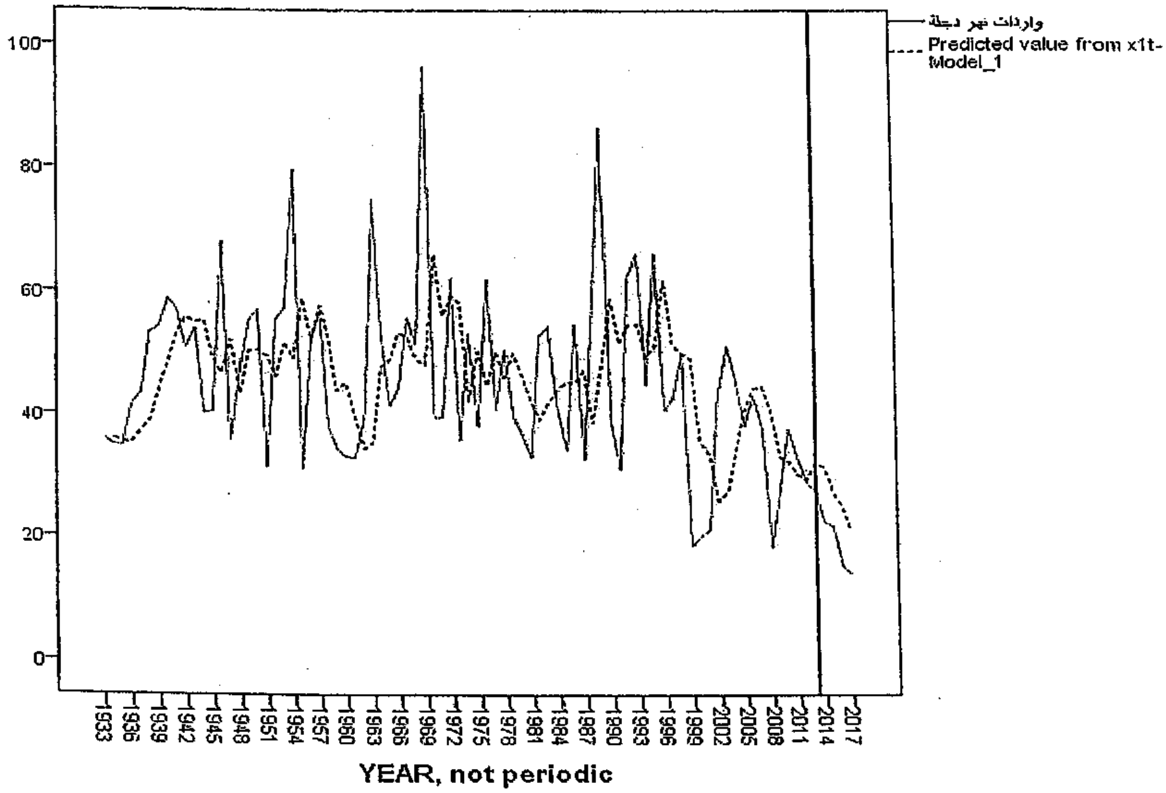
$$(1 -.673\ \beta -.504\ \beta^2 -.199\ \beta^3)\ (1- \beta)\ y_t = a_t$$

وبالتعويض عن البيانات الملعومة فى الفترات السابقة عن واردات نهر دجله المائية والقيمة المتوقعة للبواقى المعلومة يمكن التنبؤ بالقيم المستقبلية لواردات نهر دجله المائية ، ويعرض جدول (3) القيم التنبؤية والقيم المشاهدة(الفعلية) الناتج المحلى الاجمالى التى يتضح منه مدى التقارب بين القيمتين خلال فترة المقارنة، وهذا ما يوضحه الشكل رقم (5) حيث يعرض القيم الفعلية والقيم المقدرة باستخدام أسلوب السلاسل الزمنية ذات المتغير الواحد، ويتضح من الشكل اقتراب القيم الفعلية من القيم الموفقة باستخدام نموذج ARIMA(3,1,0). مما يؤكد ملائمة النموذج ARIMA(3,1,0) للتنبؤ بواردات نهر دجله المائية.

جدول (3)

القيم التنبؤية والقيم المشاهدة لواردات نهر دجله المائية

	Forecast values	Future observed values
2013	32.01	27.46
2014	31.38	22.45
2015	27.29	21.8
2016	25.01	15.27
2017	20.99	14.03



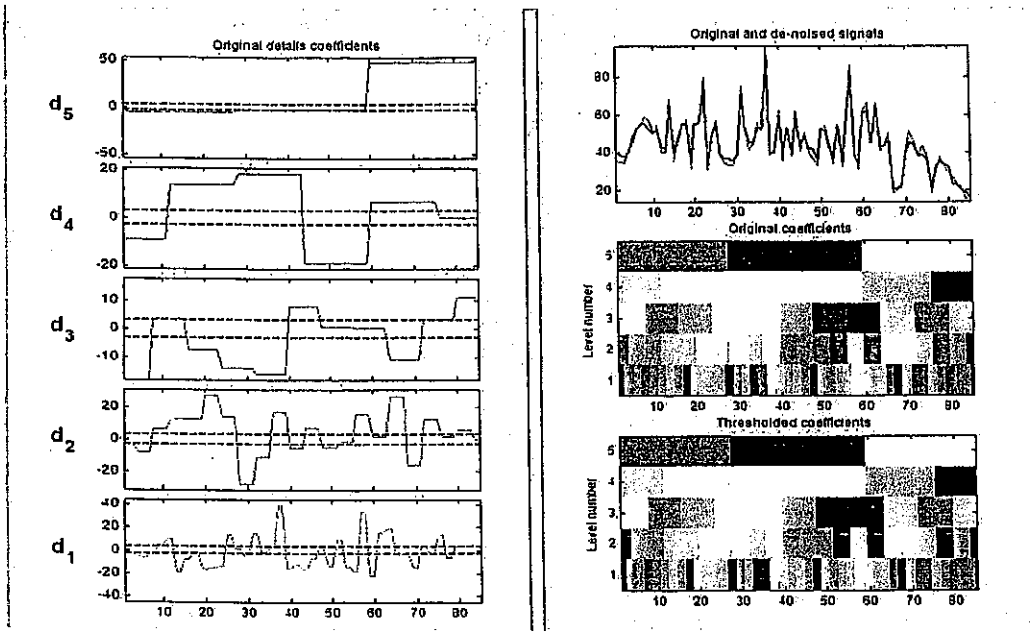
شكل (5) القيم التنبؤية والقيم الفعلية لواردات نهر دجله المائية

٣-١-٢ التنبؤ باستخدام التحليل المويجى.

تم تطبيق خمسه اساليب للحد من التشويش فى بيانات سلسله واردات نهر دجله المائية كما يلى:

١- الموجه هار

يعرض شكل رقم(6) السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة هار لواردات المياه في نهر دجلة، الاحمر هو البيانات الاصلية والبنفسجي هو رسم للمويجة هار، ويتضح من الشكل أن الفرق قليل وهذا يدل على الحفاظ على شكل البيانات، كما يتضح من الشكل وجود سواد اكثر وتشويش أقل.



شكل رقم(6)

السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة هار لواردات المياه في نهر دجلة

وبتطبيق نموذج ARIMA(3,1,0) على البيانات الممهده بطريقه هار، يعرض جدول (4) نتائج تقدير معالمات نموذج ARIMA(3,1,0)

جدول رقم (4)

نتائج تقدير نموذج ARIMA(3,1,0)

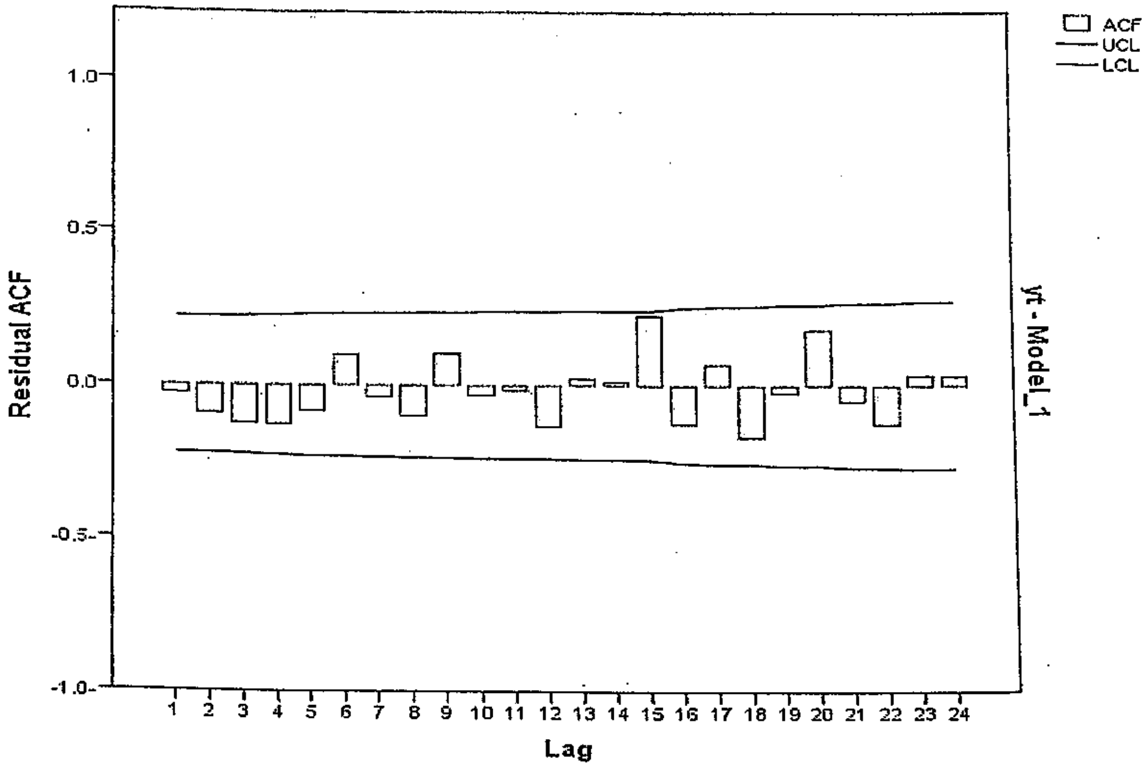
لبيانات واردات نهر دجله المائية الممهده بطريقه هار

	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	BIC
β	-.683	-.521	-.196	5.321
T-Ratio	-6.038*	-4.203*	-1.733**	

*** Significant statistic at level 5%**

**** Significant statistic at level 10%**

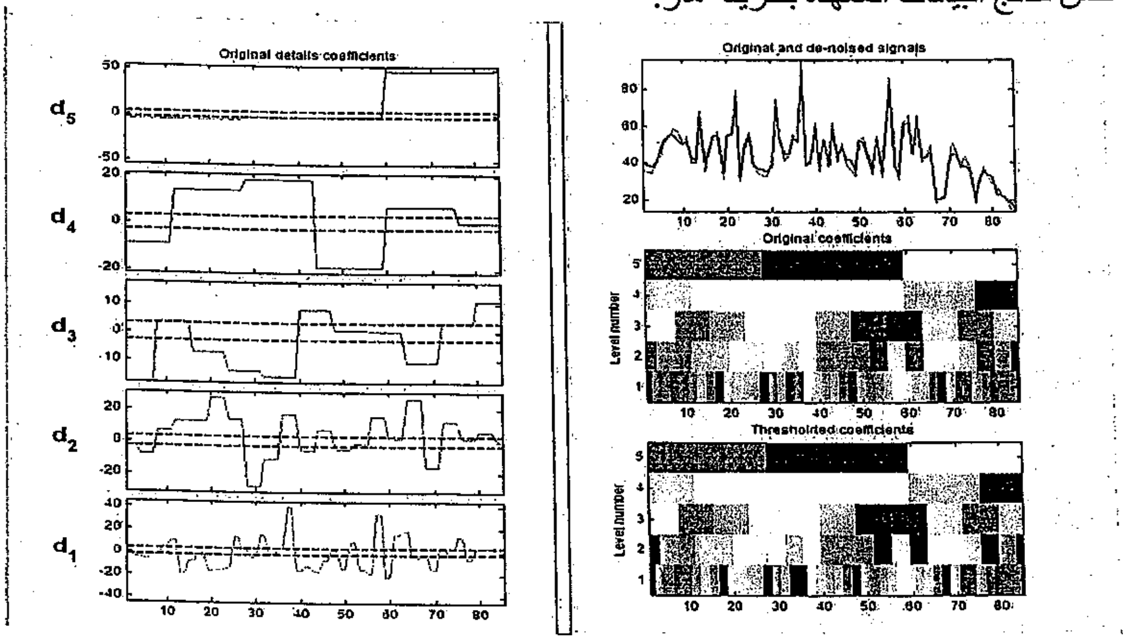
ويتضح من الجدول معنويه المعلمات المقدرة وتحقق شرط السكون حيث ان القيم المطلقه أقل من الواحد الصحيح، ويعرض شكل رقم (7) دالة الارتباط الذاتى لبواقى النموذج للبيانات الممهده بطريقة هار، ويتضح من الشكل عدم معنوية معاملات الارتباط الذاتى (تقع داخل حدود فترة الثقة)، أى أن البواقى تمثل تغيرات عشوائية بحته.



شكل رقم (7)
دالة الارتباط الذاتى لبواقى النموذج للبيانات الممهده بطريقة هار

٢- الموجه دوبشيز

يعرض شكل رقم(8) السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة دوبشيز للواردات المياه في نهر دجلة، واتضح من خلال البيانات الممهده بتلك الموجه ان نتائجها هى نفس نتائج البيانات الممهده بطريقه هار.



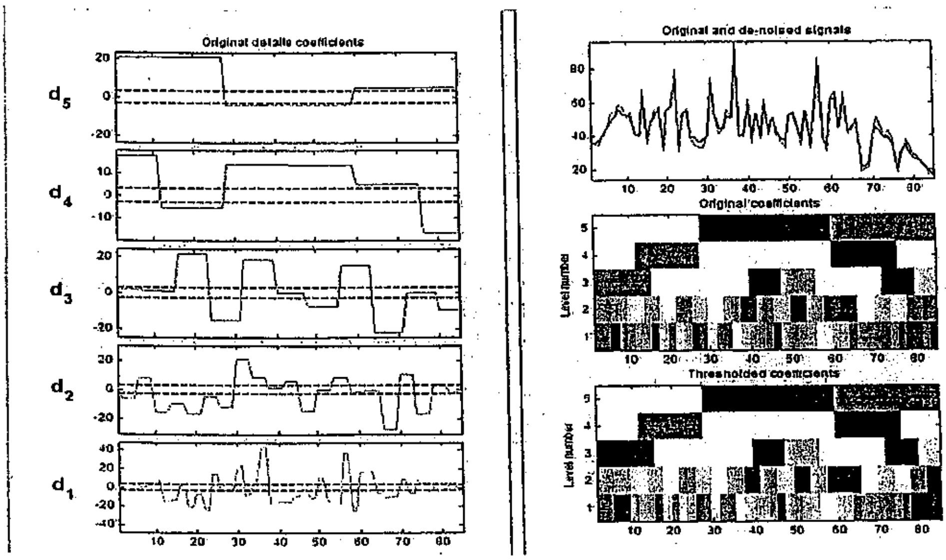
شكل رقم(8)

السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة دوبشيز للواردات المياه في نهر دجلة

٣- الموجه ساملت

يعرض شكل رقم(9) السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة ساملت لواردات المياه في نهر دجلة، ويتضح من الشكل أن الفرق قليل بين البيانات الاصليه والبيانات الممهده بطريقه ساملت وهذا يدل على الحفاظ على شكل البيانات، كما يتضح من الشكل وجود سواد اكثر وتشويش أقل.

وبتطبيق نموذج ARIMA(3,1,0) على البيانات الممهده بطريقه ساملت ، يعرض جدول (5) نتائج تقدير معالمات نموذج ARIMA(3,1,0)



شكل رقم(9)

السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة ساملت لواردات المياه في نهر دجلة

جدول رقم (5)

نتائج تقدير نموذج ARIMA(3,1,0)

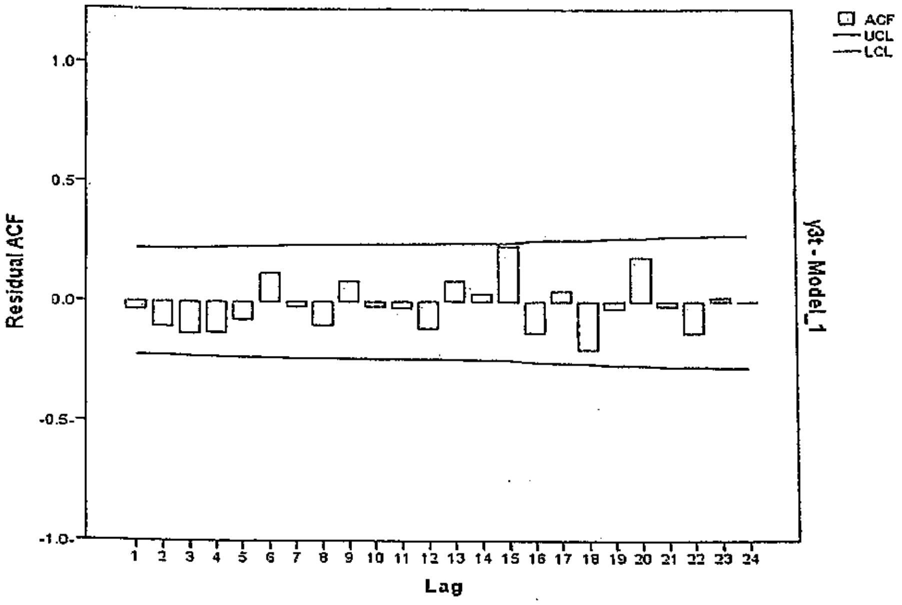
لبيانات واردات نهر دجله المائية الممهده بطريقه ساملت

	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	BIC
β	-.704	-.540	-.224	5.314
T-Ratio	-6.261*	-4.354*	-1.993**	

*** Significant statistic at level 5%**

**** Significant statistic at level 10%**

ويتضح من الجدول معنويه المعلمات المقدرة وتحقق شرط السكون حيث ان القيم المطلقه أقل من الواحد الصحيح، ويعرض شكل رقم (10) دالة الارتباط الذاتى لبواقى النموذج للبيانات الممهده بطريقة ساملت، ويتضح من الشكل عدم معنوية معاملات الارتباط الذاتى (تقع داخل حدود فترة الثقة)، أى أن البواقى تمثل تغيرات عشوائية بحته.

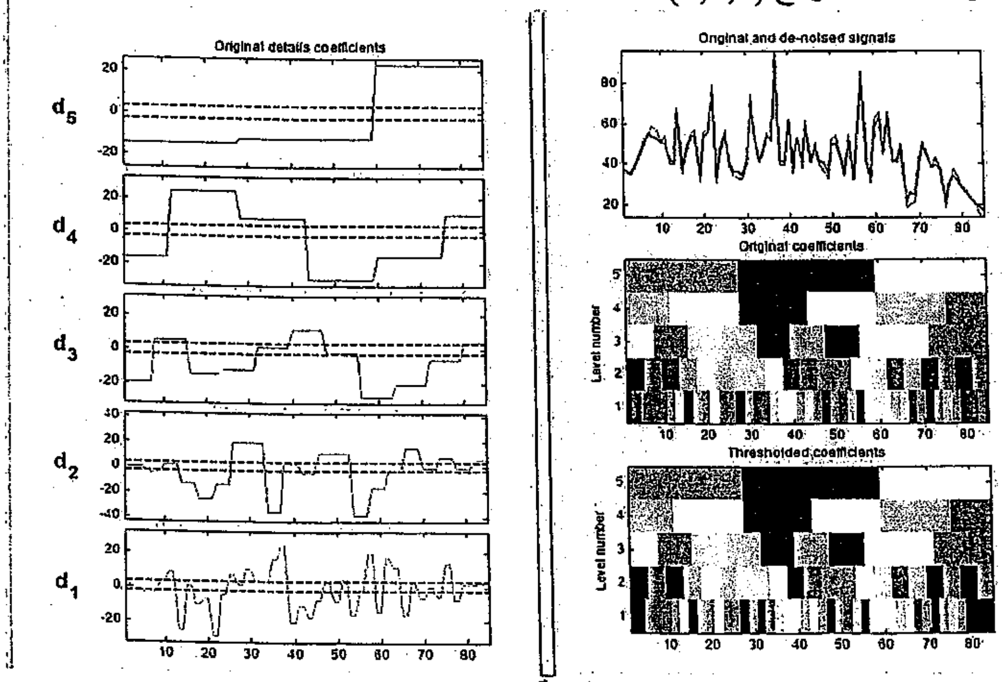


شكل رقم (10)
دالة الارتباط الذاتى لبواقى النموذج للبيانات الممهده بطريقة ساملت

٤- الموجه كويفليتز

يعرض شكل رقم(11) السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة كويفليتز لواردات المياه في نهر دجلة، ويتضح من الشكل أن الفرق قليل بين البيانات الاصليه والبيانات الممهده بطريقه كويفليتز وهذا يدل على الحفاظ على شكل البيانات، كما يتضح من الشكل وجود سواد اكثر وتشويش أقل.

وبتطبيق نموذج ARIMA(3,1,0) على البيانات الممهده بطريقه كويفليتز ، يعرض جدول (6) نتائج تقدير معالمات نموذج ARIMA(3,1,0)



شكل رقم(11)

السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة كويفليتز لواردات المياه في نهر دجلة

جدول رقم (6)

نتائج تقدير نموذج ARIMA(3,1,0)

لبيانات واردات نهر دجله المائية الممهده بطريقه كويفليتز

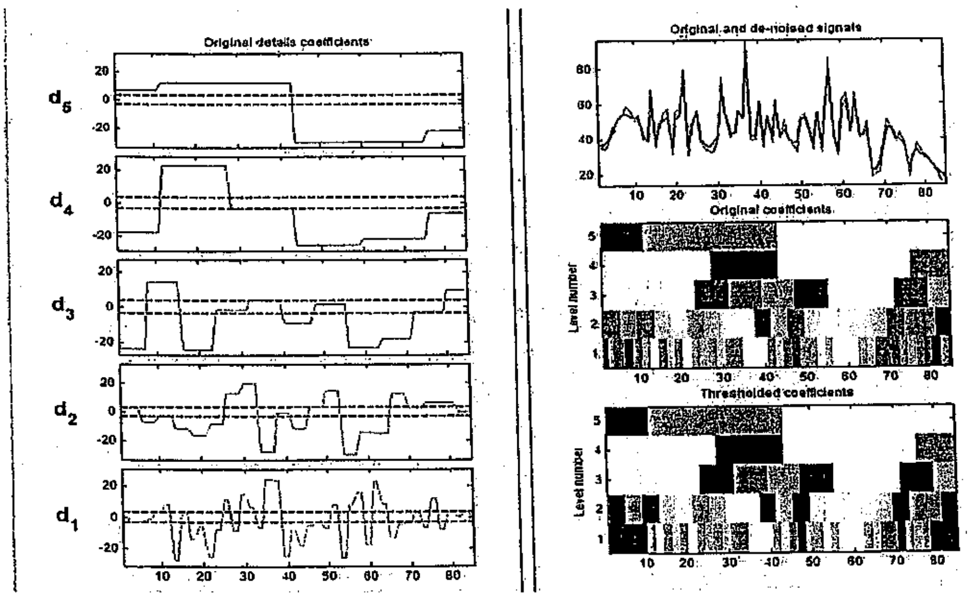
	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	BIC
β	-.670	-.523	-.187	5.318
T-Ratio	-5.910*	-4.244*	-1. 653	

*** Significant statistic at level 5%**

ويتضح من الجدول عدم معنويه معلمه الانحدار الذاتى (ϕ_3) ، فليس هناك داعى لرسم دالة الارتباط الذاتى لبواقى النموذج للبيانات الممهده بطريقة كويفليتز لان المعلمات المقدرة ليست معنوية.

٥- الموجه دى ماير

يعرض شكل رقم(12) السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة دى ماير لواردات المياه في نهر دجلة، وبتطبيق نموذج ARIMA(3,1,0) على البيانات الممهده بطريقه دى ماير ، يعرض جدول (7) نتائج تقدير معالمات نموذج ARIMA(3,1,0)



شكل رقم(12)

السلسله الزمنية للبيانات الاصليه والعتبة الناعمة للموجة دى ماير لواردات المياه في نهر دجلة

جدول رقم (7)
نتائج تقدير نموذج ARIMA(3,1,0)
لبيانات واردات نهر دجله المائية الممهده بطريقه دى ماير

	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	BIC
β	-.219	.050	.102	3.736
T-Ratio	-1.904**	.421	.888	

**** Significant statistic at level 10%**

ويتضح من الجدول عدم معنويه معلمتى الانحدار الذاتى (ϕ_2 , ϕ_3) ، فليس هناك داعى لرسم دالة الارتباط الذاتى لبواقى النموذج للبيانات الممهده بطريقة دى ماير لان المعلمات المقدرة ليست معنوية.

يتضح مما سبق معنويه المعلمات المقدرة للبيانات الممهدة بطريقتى هار وساملت والبواقى تغيرات عشوائيه بحته وبالرجوع جدول التقديرات نجد ان قيمه معيار بيز المعلوماتى BIC يساوى (5.321) لنموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الممهده بطريقه هار وبلغ (5.314) لنموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الممهده بطريقه ساملت، اى ان طريقه ساملت افضل من طريقه هار فى التمهيد والحد من التشويش فى البيانات.

المفاضلة بين النماذج المقدرة.

فى هذا الجزء تتم المفاضله بين نموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الاصليه لواردات نهر دجله المائية ونموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الممهده بطريقه ساملت،

جدول رقم (8)
المفاضلة بين النموذجين

	RMSE	MAE
نموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الاصليه	15.187	11.506
نموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الممهده بطريقه ساملت	13.108	9.717

ويتضح من الجدول انخفاض قيم معيارى المفاضله بين النموذجين لنموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الممهده بطريقه ساملت، اى ان النموذج الملائم للبيانات هو نموذج ARIMA(3,1,0) للبيانات الممهده بطريقه ساملت اى يفضل عمل التحليل المويجى للبيانات قبل تحليل السلاسل الزمنيه.

اهم الاستنتاجات

١- امكانية استخدام طريقة التقليص المويجي في معالجة مشكلة التلوث في مشاهدات السلسلة الزمنية.
٢- طريقة التقليص المويجي مع نموذج البواقي والقيم المقدرة اثبتت افضليتها لبيانات نهر دجلة بعد عملية التقليص المويجي وكان نموذج ARIMA(3,1,0)، للبيانات الممهدة بطريقة الموجة ساملت مع قطع العتبة الناعم هو النموذج الافضل باستخدام المعايير الاحصائية مقارنة مع البيانات الاصلية لنهر دجلة.

٣- ان مرشح الموجة الصغيرةساملت هو الافضل في تقدير نموذج السلاسل الزمنية باستخدام البواقي والقيم المقدرة ARIMA بالاعتماد على المعايير الاحصائية .
٤- تمّ الحصول على MSE باستخدام المرشحات المقترحة أفضل (أقل بكثير) من الطريقة المستخدمة مع البيانات الأصلية مع الحفاظ على معنوية الفروق بين المعاملات.
٥- إمكانية إستخدام مرشحات التقليص المويجي للحصول على نماذج خطية مقدرة من البيانات يمكن الإستفادة منها في عملية التنبؤ المستقبلي .

اهم التوصيات:

١- يوصي الباحث باستخدام النموذج ARIMA (3,1,0) المقدر بالطريقة المقترحة الناتجة من تقليص المويجة ساملت مع قطع العتبة الوسط والخشن في تمثيل مشاهدات السلسلة الزمنية لبيانات واردات المياه لنهر دجلة.
٢- يوصي الباحث باستخدام النموذج ARMA(p,q) المقدر بالطريقة المقترحة الناتجة من تقليص المويجة في تمثيل مشاهدات السلسلة الزمنية لبيانات واردات المياه لنهر الفرات .
٣- يوصي البحث باجراء دراسة مماثلة حول التقليص المويجي في تقدير الانموذج الامثل MA(q)، ARMA(p,q)
٤- إجراء دراسات حول إستخدام المرشحات المويجية في تحليل السلاسل الزمنية غير المستقرة ومقارنة النتائج فيما بينها .

أ.المصادر العربية:

[1]- أحمد ، كامران حسن (2004)،"**إستخدام نماذج السلاسل الزمنية للتنبؤ ببعض محاصيل الإنتاج النباتي والثروة الحيوانية في محافظة أربيل**"، رسالة ماجستير في علومالإحصاء، كلية الإدارة والإقتصاد ، جامعة صلاح الدين ، العراق، ص22-12.

[2]- البقال ، إسراء عوني حيدر(2011)،"**إستخدام الموجة الصغيرة في تكوين بعض لوحات المعدل للسيطرة النوعية مع التطبيق على المكعب الكونكريتي في أربيل**"، رسالة ماجستير في علوم الإحصاء ، كلية الإدارة والإقتصاد ، جامعة صلاح الدين ، العراق ، ص٢-١ .

[3]-البياع ، مهدي محمد (2008) ،"**إستخدام أساليب التمهيد المويجية في تشخيص بعض من نماذج السلاسل الزمنية اللاخطية باستخدام المحاكاة**" ، أطروحة دكتوراه في الإحصاء، كلية الإدارة والإقتصاد، جامعة بغداد ، العراق ، ص1، ص 62 -61 ، ص 88-90.

[4]- الزبيدي ، طه حسين علي (2009) ،"**إستخدام الموجة الصغيرة المتقطعة في تحليل السلسلة الزمنية AR(1) ومقارنته مع مرشحات أخرى**" ، أطروحة دكتوراه في الإحصاء، كلية الإدارة والإقتصاد جامعة بغداد ، العراق ، ص34-23 .

[5]- الزوبعي ، عبيد محمود محسن (2005) ،"**التشخيص وفحص مدى الملائمة لنماذج السلاسل الزمنية المختلطة ذات الرتب الدنيا**" ، أطروحة دكتوراه في الإحصاء ، كلية الإدارة والإقتصاد ، جامعة بغداد ، العراق ، ص15، ص42-41 .

[6]-العمري ،هيلاء أنس عبد المجيد(2006)،"**بعض طرائق الكشف عن التغذية العكسية في النماذج الحركية مع التطبيق على بيانات الأنواء الجوية في محافظة نينوى**"، رسالة ماجستير في الإحصاء ، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ، جامعة الموصل ، العراق ، ص10 .

[7]- مصطفى ، فراس محمود (1999)،"**مرشحات المويجة وتطبيقاتها في إزالة الضوضاء من الصور**"، رسالة ماجستير في علوم هندسة الحاسبات ، كلية الهندسة ، جامعة الموصل ، العراق ، ص24، ص68 ..

[8]- عبد القادر، قيس مصطفى عبد القادر(٢٠١١)"**مقارنة نموذج بوكس-جنكيز قبل وبعد الترشيح المويجي من حيث تخفيض الرتب مع التطبيقات**" رسالة ماجستير في الاحصاء، كلية الادارة والاقتصاد،جامعة صلاح الدين، العراق.

[9]- حمزة، سعد كاظم ، (2015) " **التحليل المويجي لانموذج الانحدار في ظل بيانات مفقودة** " اطروحة دكتوراه ، كلية الإدارة والإقتصاد ، جامعة بغداد، العراق .

[10]- الشاروط ، محمد حبيب كاظم (٢٠٠٦) ، "تحليل الموجة الصغيرة Wavelet لتقدير منحنى الانحدار اللامعلمي" ، اطروحة دكتوراه ، كلية الادارة والاقتصاد ، جامعة بغداد .

[11]-الشريف ، نبيلة عبد الهادي فائز (٢٠١٠) ، "مقارنة طرائق المويجة المتقلصة لتقدير انموذج الانحدار اللامعلمي في حالة عدم تجانس التباين" ، اطروحة دكتوراه ، كلية الادارة والاقتصاد ، جامعة بغداد .

ب.المصادر الأنجليزية

12. Abdulkarim S.A. , Abdulkarim B. ,Ismail M.T. ,Hasan M.K. , &Sulaiman J. (2010) "**Compression of temperature data by using Daubechies wavelets**", 2nd International Conference on Mathematical Sciences , P.726 .

13. Antoniadis A. , Bigot J. &Sapatinas T. (2001) " **Wavelet estimators in nonparametric regression :A comparative simulation study**" , Journal of Statistical Software , Vol.6, P.12 .

14. Behnia N. ,Rezaeian F.(2015) "**Coupling Wavelet transform with time series models to estimate groundwater level** ",Saudi Society for Geosciences , Arab J. Geosciences .

15. Bloomfield P. (2000) "**Fourier analysis of time series:Anintroduction**" , 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc , USA ,P.2.

16. Box G.E. & Jenkins G.M.T. (1994) "**Time series analysis:Forecasting and control**" , 3rd ed. ,Printice-Hall,Inc,Upper Saddle River , N.J. , USA , P.7 , P.17 , PP.224-260 .

17. Brockwell P.J. & David R. A.(2002)"**Introduction to time series and forecasting**" , 2^{nd} ed. , Springer ,USA , P.96 .

18. Brooks C.&Tsolacos S.(2010)"**Real state modeling and fore-casting**" , Cambridge University Press , U. K. , PP.228 - 229 .

19. Burrus C. S. , Gopinath , R. A. &Guo H. (1998) "**Introduction to wavelets and wavelet transforms**", Printice - Hall , Inc, Upper Saddle River , N.J. , USA ,P.1, PP.76-97 , PP.196-213.

20. Cascio L.L.(2007)"**Wavelet analysis and denoising: New tools for economists** " , Queen Marry Press , university of London , paper work , No.600 ,P.6, PP.22-26 .

21. Cryer J.D. & Chou K.S.(2008)"**Time series analysis with examples in R**" , 2^{nd} ed. , Springer , LLC, P.107 .

22. Daubechies I. (1992)"**Ten lectures on wavelets**",SIAM ,Pans-ylvania ,USA ,PP.10-16,PP.194.202 , PP.258-262 .

23. Enders W. (2004) "**Applied econometric time series analysis**", John Wiley &Sons , Inc, Iowa state university , USA,PP.82-97.

24. ErgenB.,Tatar Y.&Gulcur H.O.(2011)"**Time frequency analysis of phonocardiogram signals using wavelet transform :a comparative study**", Taylor and Francis Group,Turkey, PP.1-11.

25. Fugal D. L. (2009) "**Conceptual wavelets in digital signal processing**", Space and Signal technical publishing , San Diego , USA , PP.203 -214 .

26. Gao H. Y. & Bruce A. G. (1997) "**Waveshrink with firm shrink-age**" , StatisticaSinica ,Vol.7 , PP.855-874

27. Gencay R. ,Selcuk F. &Whitcher B.(2001) "**An introduction to wavelets and other filtering methods in finance and economics**" , Academic Press , USA , PP.97-103 , PP.233-234 .

28. Hamad A. S. (2010) "**Using some thresholding rules in waveletshrinkage to denoise signals for simple regression withapplic ation in Rezgary hospital – Erbil**" , PhD. dissertation in statis - tics , college of Administration and Economic, university of Sula mania , Iraq , PP.14-21 .