

استخدام طرق التمهيد لاختيار أفضل نموذج لدالة التحويل مع التطبيق

Using Smoothing methods to choose the best model of transfer function with the application

م.م. إسراء عبد الجواد صالح

م.م. هبة سليمان داؤد

كلية علوم الحاسوب والرياضيات / قسم الإحصاء والمعلوماتية

المستخلص

يتضمن البحث دراسة طرق التمهيد الاسي على بيانات النفقات كسلسلة مدخلات X_t وأسعار الصرف للإعلانات كسلسلة مخرجات Y_t لغرض تحديد أفضل طريقة تنعيم للبيانات والتوصل لأفضل نموذج دالة تحويل من خلال دقة فحص النموذج بالاعتماد على رسم دالة الارتباط المتقاطع بين a_t و α_t بعد إيجاد نموذج دالة تحويل لكل طريقة للتمهيد (التنعيم) وكذلك باستخدام المعايير التنبؤية وهي معدل مربع الأخطاء MSE ومعدل القيمة المطلقة للأخطاء MAE، وعليه فإن نتيجة ما توصل إليه البحث أن أفضل طريقة لتحديد نموذج دالة التحويل هي طريقة التمهيد الاسي الثنائي وذلك لكون جميع قيم الارتباط المتقاطع غير معنوية أي لا يوجد ارتباط بين a_t و α_t وأيضا لامتلاكه اقل قيمة لكل من MSE و MAE .

Abstract:

This research includes the study of several ways of exponential smoothing for X_t as expenditure data of the input and Y_t as the exchange rates to find the best smoothing method and to determine the best model. Based of the MSE criterion, the double exponential smoothing is the best selected model since it has the lowest value .

المقدمة :

يعد موضوع التمهيد الاسي للتنبؤ بالسلاسل الزمنية من الإجراءات الإحصائية والاستدلالية المهمة والتي تعالج التشويش أو الأخطاء العشوائية. ويعرف التنعيم بأنه عملية صقل أو تنعيم البيانات (الطائي، 2004)، وهو عبارة عن تقنية إحصائية للكشف عن تقلبات معنوية لغرض جعل البيانات مستقرة ويمكن تحليلها. وأساس عمل هذه التقنية هو إعطاء البيانات الأقدم اقل الأوزان والبيانات الأحدث أعلى الأوزان وبشكل تدريجي وبعد المعالجة يمكن إجراء التنبؤ للبيانات الممهدة اسيا . ويعتبر العالم Holt C.C.(1958) أول من وضع هذه التقنية. وقد تطورت هذه الطرائق وتعددت وأصبحت بأشكال عدة لذا وجب اختيار الطريقة الأكثر ملائمة (محمود، 2010) و (الطائي، 2004)

طرائق التمهيد الاسي :

وهناك عدة أنواع للتمهيد الاسي منها:

1. التمهيد الاسي البسيط Simple Exponential Smoothing (Yaffee & McGee, 1999)

اقترحت هذه الطريقة من قبل الباحث Holt C.C.(1958) ، وكان في البداية يستخدم فقط للسلسلة الزمنية غير الموسمية ثم بعد ذلك أكد الباحث (Browns, 1963) على إمكانية استخدامه لأكثر أنواع السلاسل الزمنية، ثم أكمل طريقه الباحث (Harrison 1965) وان إجراءات هذه الطريقة

$$Y_t = \mu_t + \beta_t t + e_t \dots \dots \dots (1)$$

حيث أن β_t و μ_t هما معلمات النموذج.

2. التمهيد الاسي الثنائي Double Exponential Smoothing (حمودات، 2013)

في التمهيد الاسي البسيط نفترض ان السلسلة ثابتة في بعض الحالات ،وان بعض السلاسل الزمنية تمتلك اتجاه عام (overall trend) أو اتجاه محلي (local trend) وان طريقة التمهيد الاسي الثنائي تكون مفيدة في هذه الحالة حيث تعمل هذه الطريقة على تعميم بيانات السلسلة مرتين، ويستخدم التمهيد الإحصائي من الرتبة الأولى والثانية لحساب التنبؤ، ويستخدم الرمز (') للإشارة إلى سلسلة التمهيد من الرتبة الأولى كما في المعادلة الآتية:

$$S_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha) S'_{t-1} \dots \dots \dots (2)$$

وان S''_t تشير الى سلسلة التمهيد من الرتبة الثانية كما في المعادلة الآتية:

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1} \dots \dots \dots (3)$$

وفي المعادلتين (3) و(4) تمثل α ثابت التمهيد، وان التنبؤ الأولي لـ ℓ من الخطوات للسلسلة الزمنية t هي :

$$\hat{Y}_{t+\ell} = \hat{\mu} + \hat{b}_t \ell \quad \ell = 1, 2, \dots \dots \dots (4)$$

علما ان:

$$\hat{\mu}_t = 2S'_t - S''_t \ell \dots \dots \dots (5)$$

$$\hat{b}_t = \frac{\alpha}{1 - \alpha} (S'_t - S''_t) \dots \dots \dots (6)$$

في المعادلات (5) و (6) فان $\hat{\mu}_t$ تمثل مستوى التمهيد المحلي في الزمن t ، \hat{b}_t تمثل مستوى التمهيد للاتجاه العام للسلسلة الزمنية t ويكون التنبؤ أفقي لـ ℓ ، وباستبدال $\hat{\mu}_t$ و \hat{b}_t بـ S'_t و S''_t نحصل على الصيغة التالية:

$$\hat{Y}_{t+\ell} = \left(2 + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ell\right) S'_t - \left(1 + \frac{\alpha}{1-\alpha} \ell\right) S''_t \dots \dots \dots (7)$$

وعندما $\ell = 1$ للتنبؤ لمرحلة واحدة للسلسلة

$$\hat{Y}_{t+1} = \left(\frac{2 - \alpha}{1 - \alpha} \ell\right) S'_t - \left(\frac{1}{1 - \alpha} \ell\right) S''_t \dots \dots \dots (8)$$

3. التمهيد الاسي للأوساط المتحركة Exponential Smoothing Moving Averages

يستخدم المتوسط المتحرك لتمهيد المشاهدات وذلك بتقليل تباين الأخطاء فمثلا لو كان لدينا مشاهدات من متسلسلة زمنية $Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_{n-2}, Y_{n-1}, Y_n$ فالمتوسط المتحرك من الدرجة m للمشاهدات يعطى بالعلاقة الآتية:

$$\hat{Y}_t = \frac{1}{m} (Y_t + Y_{t-1} + Y_{t-2} + \dots + Y_{t-m+1}), t = m, m + 1, \dots, n \dots \dots \dots (9)$$

لاحظ أن عدد المشاهدات أصبح بعد التمهيد $n-m+1$.

فمثلا لو كانت $m=3$ فان المتوسط المتحرك من الدرجة الثالثة هو :

$$\hat{y}_3 = \frac{1}{3} (y_3 + y_2 + y_1), \hat{y}_4 = \frac{1}{3} (y_4 + y_3 + y_2), \dots, \hat{y}_n = \frac{1}{3} (y_n + y_{n-1} + y_{n-2})$$

ولكي نرى كيف يعمل التمهيد لتقليل تباين الأخطاء لنفترض أن المشاهدات تتبع النموذج

$$y_t = \mu + a_t, a_t \sim WN(0, \sigma^2), t = 1, 2, \dots, n \dots \dots \dots (10)$$

فيكون

$$V(y_t) = \sigma^2, \forall t$$

وبالتالي

$$V(\hat{y}_t) = \frac{\sigma^2}{m}, t = m, m + 1, \dots, n \dots \dots \dots (11)$$

أي أن المشاهدات الممهدة أصبح تباينها أصغر بـ (m) ضعف من المشاهدات الأصلية وهذا التمهيد للأخطاء يظهر أي نمط في المتسلسلة كان مدفوناً أو مغطى من تأثير الأخطاء.

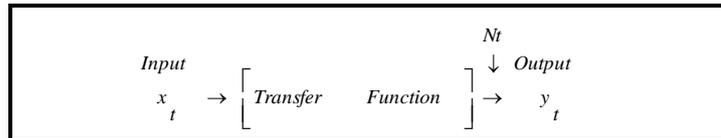
نماذج دالة التحويل : Transfer Function Models

ان نماذج دالة التحويل هي عبارة عن نماذج تصف العلاقة الديناميكية بين سلسلة المدخلات (x_t) وسلسلة المخرجات (y_t) وهذه العلاقة مهمة لكي تستخدم في التنبؤ بقيم y_t المستقبلية (Abraham & ledolter, 1983, 2005). وان الديناميكية يقصد بها أنها تأخذ متغير الزمن بنظر الاعتبار (المعماري، 2004). كما أن دالة التحويل تعرف على أنها دالة رياضية تعبر عن العلاقة بين المدخلات (x_t Input) والمخرجات (y_t output)، (العمرى، 1999).

وان الهدف من دالة التحويل هو نمذجة y كدالة لـ x فإذا كانت y_t تعتمد على x_t تكتب بالشكل التالي:

$$y_t = f(x_t) \dots \dots \dots (12)$$

إذ أن $f(\cdot)$ تسمى دالة التحويل أي أن تأثير التغير في x_t يتحول إلى y_t بطريقة ما محددة بواسطة الدالة $f(\cdot)$ التي يمكن التعبير عنها بأنها توصف العلاقة بين المدخلات والمخرجات (الحيايى، 2012) وان $f(x_t)$ دالة التحويل او مكون الانحدار التي توضح التغيرات التي تطرأ على المتغيرات التوضيحية لتصبح متغيرات تنبؤية، أو التنبؤ بالمتغيرات المعتمدة عند تشغيل النظام الحركي وهي جزء من النظام والمخطط الآتي الذي يوضح هيكل النظام الحركي (المعماري، 2004).



مخطط يوضح النظام الديناميكي الحركي

اما الصيغة الرياضية لنموذج دالة التحويل أحادي الإدخال الغير موسمي هي:

$$Y_t = v(B)X_t + N_t \dots \dots \dots (13)$$

$$\phi(B)N_t = \theta(B)a_t \Rightarrow N_t = \frac{\theta(B)}{\phi(B)}a_t$$

دالة الاستجابة النبضية (Impulse Response Function):

دالة التحويل هي من السلاسل الزمنية التي تربط فيما بينها علاقات حقيقية متبادلة، أي أن السلسلة لن تتأثر بقيمتها الماضية فحسب بل أنها تتأثر بقيم حاضرة وماضية لسلاسل زمنية أخرى. لذلك يمكن كتابة الصيغة العامة لدالة التحويل كما يأتي:

$$y_t = v_0x_t + v_1x_{t-1} + v_2x_{t-2} + \dots = v(B)x_t \dots \dots \dots (14)$$

إذ إن $v(B) = v_0 + v_1B + v_2B^2 + \dots$ يطلق عليه دالة التحويل، والمعاملات v_0, v_1, v_2, \dots يطلق عليها أوزان نبضات الاستجابة وتمثل هذه الأوزان الأثر الذي يحدث على y_t نتيجة لتغير x_t بوحد واحدة [فاندل، 1992]. يمكن تقريب دالة التحويل كنسبة بين متعددتي حدود (Polynomial) $\omega(B)$ و $\delta(B)$ والموضحة بالصيغة الآتية :

$$v(B) = \frac{\omega_s(B)B^b}{\delta_r(B)} \dots \dots \dots (15)$$

إذ أن :

$$\omega_s(B) = \omega_0 - \omega_1B - \omega_2 B^2 - \dots - \omega_s B^s$$

$$\delta_r(B) = 1 - \delta_1B - \delta_2 B^2 - \dots - \delta_r B^r$$

حيث أن: $\omega(B)$: تمثل التأثير الابتدائي (Initial Effect)، $\delta(B)$: تمثل عامل التضاؤل (Damping Factor) للتأثير الابتدائي، s : رتبة متعدد الحدود $\omega(B)$ ، r : رتبة متعدد الحدود $\delta(B)$ ، b : رتبة زمن التأخير (الزمن الميت) . (فاندل، 1992) (Box and Jenkins, 1976) .

زمن التأخير (Delay Time) :

يمثل التخلف الزمني العادي الذي ينقضي قبل أن يظهر تأثير المدخلات في متغير المخرجات، عادةً يشار إلى زمن التأخير بالرمز b ، إذ أن b عدد صحيح موجب، يظهر زمن التأخير بشكل واضح عند رسم الارتباط المتقاطع بين سلسلة المدخلات وسلسلة المخرجات، حيث أن أول قيمة معنوية تقع خارج فترة الثقة، تمثل زمن التأخير، ويعد تقدير زمن التأخير مطلباً أساسياً يجب تقديره قبل البدء بتحديد النموذج المناسب الذي يمثل النظام أو العملية، حيث يكون زمن التأخير ذا تأثير مباشر في عملية تحديد النموذج الذي يصف النظام بصورة دقيقة ويوضح آلية عمل النظام، (فاندل، 1992) (حياوي، 2006) (Yaffee and McGee, 1999)

أسلوب بوكس - جنكنز في تحليل نماذج دالة التحويل

(Box-Jenkins Methodology In Transfer Function Models Analysis)

لبناء نموذج بوكس - جنكنز يجب أولاً تحديد استقرارية السلسلة و هناك ثلاث مراحل لبناء نموذج دالة التحويل، من خلال المنهجية التي وضعها بوكس - جنكنز في بناء السلسلة الزمنية، بالاعتماد على معلومات سلسلة المدخلات والمخرجات، وهذه المراحل هي:

تشخيص نموذج دالة التحويل (Identification Transfer Function Model) : من أولى خطوات بناء

نموذج Box-Jenkins هي تحديد استقرارية السلسلة من عدمه، وفي حالة الاستقرارية فهل هناك تغيرات موسمية أم لا، بعد التأكد من استقرارية السلسلة تبدأ مرحلة تشخيص النموذج والمتمثلة بالخطوات الآتية :

1- تقدير أوزان دالة التحويل (Estimation of transfer function weights) :

يتم تقدير أوزان دالة التحويل بطريقتين :

أ- تقدير أوزان دالة التحويل اعتماداً على دالة الارتباط المتقاطع (Estimation of transfer function weights depending on the cross-correlation function)

قدم بوكس وجنكنز طريقة لتقدير أوزان دالة التحويل تعتمد على دالة الارتباطات المتقاطعة (Cross Correlations Function)، بين سلسلة المدخلات المبيضة (α_t) وسلسلة المخرجات المبيضة (β_t). ولإجراء التبييض لسلسلة المدخلات يمكن التعبير عنها كالتالي : (الطوي، 2011) (Wei, 1990) (Liu, 2006)

$$\phi(B) X_t = \theta(B) \alpha_t \Rightarrow \alpha_t = \frac{\phi(B)}{\theta(B)} X_t \dots \dots \dots (16)$$

وكذلك التبييض لسلسلة المخرجات كالتالي:

$$\phi(B)Y_t = \theta(B)\beta_t \Rightarrow \beta_t = \frac{\phi(B)}{\theta(B)}Y_t \quad \dots\dots\dots (17)$$

- إذ تم الحصول على سلسلتي التبييض α_t و β_t
- تم إيجاد قيم $\hat{\alpha}_t$ بالاعتماد على صيغة التشويش N_t
- كما يتم حساب الارتباط المتقاطع للسلسلتين وكما في الصيغة الرياضية :

$$\rho_{\alpha\beta}(k) = \frac{Cov(\alpha, \beta)}{\sigma_\alpha \sigma_\beta} \quad \dots\dots\dots (18)$$

إذ إن : $\sigma_\beta, \sigma_\alpha$: الانحراف المعياري لكل من α_t و β_t على التوالي .

ب-تقدير أوزان دالة التحويل اعتمادا على طريقة دالة التحويل الخطية (Linear Transfer Function Method)

اقترحت طريقة دالة التحويل الخطية LTF لتقدير أوزان دالة التحويل عام (1982) من قبل Liu و Hanssens ثم حظيت باهتمام خاص عام (1991) من Pankratz و عام (1992) من Liu و Hudak، ويتم تقدير أوزان دالة التحويل بالمعادلة الآتية:

$$Y_t = C + (v_0 + v_1B + v_2B^2 + \dots + v_kB^k)X_t + N_t \quad \dots\dots\dots (19)$$

إذ أن k يمثل حجم العينة الكافي، أي يمثل العدد الذي يحدد من أوزان دالة التحويل، N_t : هي الإزعاجات أو الاضطرابات. (الحنون، 2007)

2- تحديد نموذج ARMA لحد الإزعاج N_t (Determination Of the ARMA Model for the Disturbance Term)

إن الخطوة الأولى قبل التعرف على نموذج حد الإزعاج N_t هي حساب القيم التقديرية لسلسلة الإزعاج N_t ، وذلك من خلال المعادلة (1): (الحنون، 2007)

$$Y_t = V(B)X_t + N_t \Rightarrow N_t = Y_t - V(B)X_t$$

3- التحقق من دقة تشخيص النموذج (Diagnostic checking of the Model)

بعد تشخيص نموذج دالة التحويل بالصيغة النسبية وتقدير معالمته، وتحديد نموذج ARMA المناسب لسلسلة الإزعاج، يتم التحقق من دقة اختيار النموذج في تمثيله للبيانات قبل استخدامها في التنبؤ (Makridakis et al., 1998)، لذلك سوف يتم فحص نموذج دالة التحويل لكي نتأكد أولاً من صحة النموذج المختار ومدى ملائمته للبيانات وثانياً تحقيق فرضيات النموذج وأن هذه الفرضيات هي:

أ- سلسلة البواقي a_t تتبع عملية التشويش الأبيض (White Noise).

ب- سلسلة البواقي a_t مستقلة عن سلسلة المدخلات X_t .

يتم اختبار الفرضية (أ) عن طريق اختبار دالة الارتباط الذاتي (ACF) لسلسلة البواقي a_t فإذا ظهر أن a_t فعلاً هي عملية تشويش ابيض أي نقصد أن جميع الارتباطات الذاتية بالنسبة لسلسلة البواقي ظهرت غير معنوية إما الفرضية (ب) فيتم اختبارها عن طريق استخدام دالة الارتباط المتقاطع (CCF) بين سلسلة البواقي وسلسلة المدخلات التي اجري لها إعادة تبيض α_t فإذا ظهرت الارتباطات المتقاطعة غير معنوية فهذا يدل على أن السلسلتين a_t و X_t مستقلتين [Liu, 2006].

6-التنبؤ بنماذج دالة التحويل :

بعد ملائمة نموذج دالة التحويل للبيانات ، عندها يمكن استخدامه للتنبؤ بسلسلة المخرجات Y_t من خلال استخدام التاريخ السابق لكل من سلسلة المخرجات Y_t وسلسلة المدخلات المقترنة X_t ، وتمثل بالشكل الآتي

$$Y_{t+1} = \delta_1 Y_{t+1-1} + \dots + \delta_r Y_{t+1-r} + \omega_0 X_{t+1} + \omega_1 X_{t+1-1} + \dots + \omega_s X_{t+1-s} + a_{t+1} - \theta_1 a_{t+1-1} - \dots - \theta_q a_{t+1-q} \quad \dots\dots\dots (20)$$

المعايير المستخدمة لتفضيل النموذج:

1- معدل مربعات الأخطاء MSE: ويعرف بالصيغة التالية:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n - m} = \frac{\sum_{i=1}^n \hat{e}_i^2}{n - m} \quad \dots\dots\dots (21)$$

حيث أن:

m :تمثل عدد المعلمات ، n:تمثل عدد المشاهدات ، \hat{y}_i : تمثل القيم التنبؤية.

2- معدل القيم المطلقة للأخطاء MAE: يعرف بالصيغة الآتية

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n - m} = \frac{\sum_{i=1}^n |\hat{e}_i|}{n - m} \quad \dots\dots\dots (22)$$

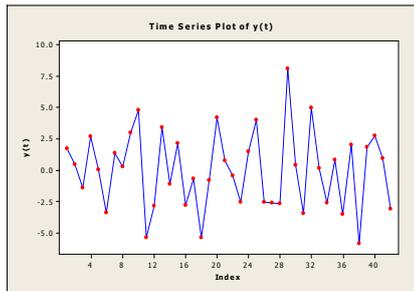
الجانب التطبيقي:

استخدمت في هذا البحث البيانات الخاصة بأسعار المبيعات التي تمثل المخرجات (y_t) والنفقات الإعلانية التي تمثل المدخلات (x_t) (Wei,1990) لإيجاد أفضل نموذج دالة تحويل بعدة طرائق:

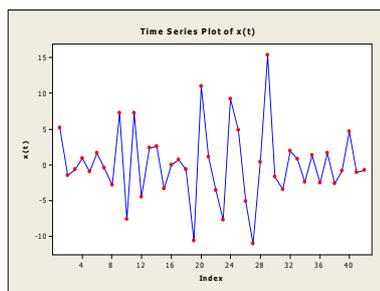
استخدام طريقة التمهيد الاسي البسيط :

تم إجراء التمهيد الاسي البسيط لبيانات المدخلات والمخرجات بالاعتماد على قيمة المعلمة α التي تقع بين ($0 < \alpha < 1$) فكان أفضل تعميم للبيانات عندما $\alpha = 0.99$ ، تم استخدام هذه البيانات لتحديد نموذج دالة التحويل وكالتالي:

1- الرسم الزمني لسلسلتي المدخلات والمخرجات :



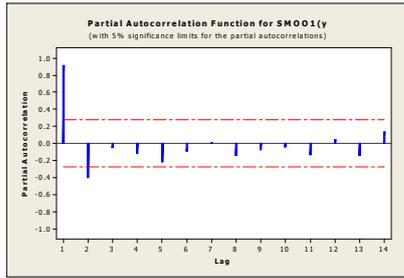
الشكل (2) الرسم الزمني لسلسلة المخرجات



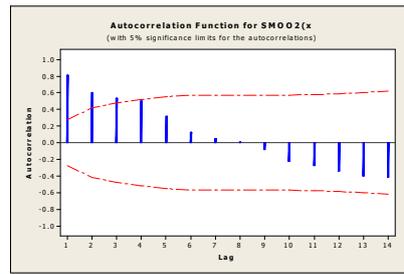
الشكل (1) الرسم الزمني لسلسلة المدخلات

2 -تتقية سلسلة المدخلات:-

بعد استقرار كل من سلسلة المدخلات (X_t) والمخرجات (Y_t) في الوسط وثبوت في التباين يتم تتقية سلسلة المدخلات (X_t) والمخرجات (Y_t) ، من خلال تحديد النموذج الملائم للحصول على سلسلة البواقي وذلك من خلال متابعة سلوك كل من دالتي الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي حيث لوحظ ان النموذج الملائم بعد الاستقرارية يتبع النموذج $ARMA(1,1)$ بقيمة $mse=49463$ والشكلين يوضحان سلوك الدالتين:



شكل (4) دالة الارتباط الذاتي الجزئي للمدخلات



شكل (3) دالة الارتباط الذاتي للمدخلات

ويمكن إيجاد قيم السلسلة المبيضة للمدخلات $\hat{\alpha}_t$ من خلال :

$$\hat{\alpha}_t = x_t - 0.7163x_{t-1} - 0.3638\alpha_{t-1}$$

حيث أن $x_0=0$ وباستخدام المعادلة أعلاه تم الحصول على قيم $\hat{\alpha}_t$ كما مبين في الجدول رقم (1)

الجدول (1) يوضح قيم $\hat{\alpha}_t$ للمدخلات

t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$	T	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$
1	607.260	10	177.433	19	952.950	28	770.788	37	599.412
2	238.379	11	452.278	20	998.105	29	17.297	38	487.571
3	290.746	12	241.930	21	209.707	30	-233.000	39	532.061
4	270.187	13	507.412	22	562.454	31	228.873	40	386.925
5	234.577	14	434.761	23	830.620	32	425.369	41	252.608
6	257.866	15	552.306	24	718.176	33	371.286	42	431.723
7	225.923	16	830.672	25	126.527	34	459.404	43	464.264
8	283.386	17	811.093	26	383.122	35	582.668	44	440.480
9	298.077	18	840.982	27	839.382	36	526.223		

وللحفاظ على العلاقة الدالية بين المدخلات والمخرجات تجرى تنقية سلسلة المدخلات على سلسلة المخرجات وبالطريقة التي اتبعها (Makridakis, 1983) كالتالي:

$$\hat{\beta}_t = y_t - 0.7163y_{t-1} + 0.3636\hat{\beta}_{t-1}$$

والجدول رقم (2) يوضح قيم $\hat{\beta}_t$ لمتغير الإخراج وكما يلي:

جدول رقم (2) يوضح قيم $\hat{\beta}_t$ للمخرجات

t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$	T	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$
1	1015.56	10	498.63	19	1657.63	28	778.09	37	1379.50
2	563.76	11	718.37	20	1062.91	29	535.28	38	1158.50
3	478.47	12	1283.62	21	657.93	30	212.66	39	1252.83
4	480.61	13	1273.62	22	786.69	31	548.66	40	749.08
5	406.40	14	1075.72	23	877.08	32	764.71	41	632.31
6	532.06	15	1323.89	24	857.44	33	647.91	42	762.87
7	623.45	16	1406.66	25	608.11	34	979.50	43	892.41
8	469.48	17	1740.76	26	570.93	35	1249.94	44	692.83
9	477.01	18	1704.12	27	841.13	36	1243.61		

3- حساب الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t :-

وبعد ذلك تم حساب دالة الارتباط المتقاطع (المستعرض) بين α_t و β_t كما في الجدول رقم (3) الآتي:

الجدول (3) يوضح قيم الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t

t	$r_{\alpha\beta}$	t	$r_{\alpha\beta}$	T	$r_{\alpha\beta}$
1	0.726	7	-0.372	13	-0.212
2	0.489	8	-0.403	14	-0.275
3	0.187	9	-0.322	15	-0.196
4	0.057	10	-0.339	16	-0.015
5	-0.007	11	-0.359	17	0.078
6	-0.210	12	-0.227		

4 - تقدير أوزان الاستجابة النبضية: كما ذكر سابقا يتم تقدير أوزان الاستجابة النبضية وفق المعادلة الآتية:

$$V_k = \frac{\sigma_\beta}{\sigma_\alpha} \rho_{\alpha\beta}(k)$$

والجدول (4) يبين قيم أوزان الاستجابة النبضية لسلسلتي المدخلات والمخرجات:

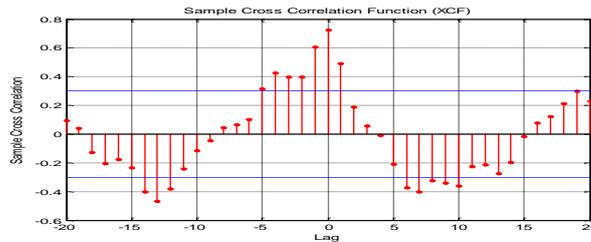
جدول (4) قيم الاستجابة النبضية

t	v	T	V	T	v	t	v
0	1.05549	5	-0.30531	10	-0.040071	15	0.050412
1	0.71093	6	-0.54083	11	0.089837	16	0.025852
2	0.27187	7	-0.58590	12	-0.007109		
3	0.08287	8	-0.46814	13	-0.084666		
4	-0.01018	9	-0.49285	14	-0.083374		

❖ تشخيص (r,s,b) لنموذج دالة التحويل:

لتشخيص رتبة دالة التحويل لنموذج الاستقرارية تبين أن (r=2,s=3,b=0) من رسم دالة الارتباط المتقاطع بين α_t و

β_t لغرض تحديد الزمن الميت لمتغير الإدخال كما في الشكل الآتي:



شكل (5) دالة الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t

وعليه فان نموذج دالة التحويل يكون بالصيغة التالية:

$$Y_t = \frac{(w_0 - w_1 B - w_2 B^2 - w_3 B^3)}{(1 - \delta_1(B) - \delta_2(B^2))} X_{t-nk} + N_t$$

بعد ذلك تم إيجاد قيم سلسلة التشويش (الاضطراب) وحسب المعادلة:

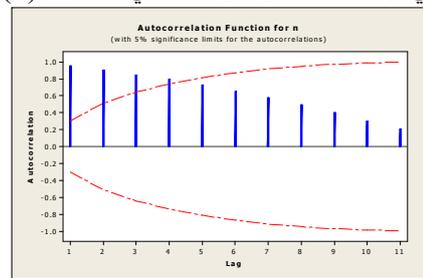
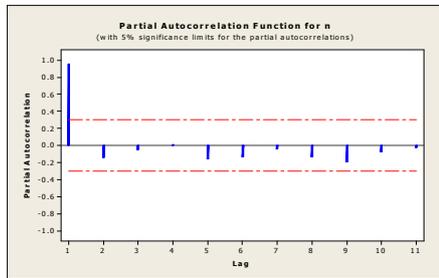
$$N_t = Y_t - v_0 X_t - v_1 X_{t-1} - \dots - v_{16} X_{t-16}$$

وبالاعتماد على الصيغة السابقة تم إيجاد قيم سلسلة التشويش كما في الجدول (5)

جدول (5) قيم سلسلة التشويش

t	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t	T	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t
1	0.00000	10	0.00000	19	2572.46	28	4901.42	37	4512.66
2	0.00000	11	0.00000	20	1948.37	29	5487.09	38	3992.56
3	0.00000	12	0.00000	21	2327.91	30	5994.91	39	3704.77
4	0.00000	13	0.00000	22	2944.71	31	6118.30	40	3388.57
5	0.00000	14	0.00000	23	3243.62	32	6033.92	41	3609.64
6	0.00000	15	0.00000	24	3594.10	33	5851.49	42	3610.63
7	0.00000	16	0.00000	25	4461.05	34	5640.98	43	3516.96
8	0.00000	17	2698.32	26	5042.78	35	5084.07	44	3472.80
9	0.00000	18	2695.63	27	5067.40	36	4647.58		

ولتحديد نموذج ARIMA لسلسلة التشويش (N_t)، يتم ذلك بدراسة سلوك دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لهذه السلسلة والموضحة في الشكلين (6) و(7) الآتيين:



شكل (7) دالة الارتباط الذاتي الجزئي لـ (N_t)

شكل (6) دالة الارتباط الذاتي لـ (N_t)

وتبين ان سلسلة التشويش تتبع نموذج ARMA(0,1)، لذلك فان نموذج دالة التحويل يكون بالصيغة الآتية:

$$N_t = a_t + 0.8558a_{t-1}$$

ويمكن الاعتماد على صيغة سلسلة التشويش لإيجاد قيم \hat{a}_t كالآتي:

$$\hat{a}_t = N_t - 0.8558a_{t-1}$$

والجدول الآتي يوضح قيم \hat{a}_t التي تم الحصول عليها

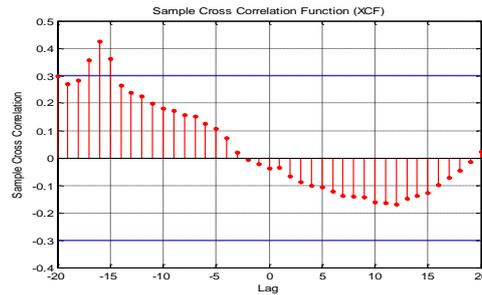
جدول (6) قيم \hat{a}_t

t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t
1	0.00000	10	0.00000	19	2241.78	28	2283.60	37	2496.55
2	0.00000	11	0.00000	20	29.86	29	3532.78	38	1856.01
3	0.00000	12	0.00000	21	2302.35	30	2971.56	39	2116.39
4	0.00000	13	0.00000	22	974.35	31	3575.24	40	1577.37
5	0.00000	14	0.00000	23	2409.77	32	2974.23	41	2259.73
6	0.00000	15	0.00000	24	1531.82	33	3306.15	42	1676.75
7	0.00000	16	0.00000	25	3150.12	34	2811.58	43	2082.00
8	0.00000	17	2698.32	26	2346.91	35	2677.92	44	1691.02
9	0.00000	18	386.40	27	3058.91	36	2355.81		

والمعادلة المقدره لدالة التحويل:

$$y_t = 1.285y_{t-1} - 0.2862y_{t-2} + 0.5117x_t - 0.4651x_{t-1} - 0.06722x_{t-2} + 0.006401x_{t-3} - 0.4292a_{t-1} - 0.8135a_{t-2} + 0.7377a_{t-3} + a_t$$

ولفحص دقة نموذج دالة التحويل تم رسم دالة الارتباط المتقاطع بين a_t و α_t كما في الشكل (8) الآتي:



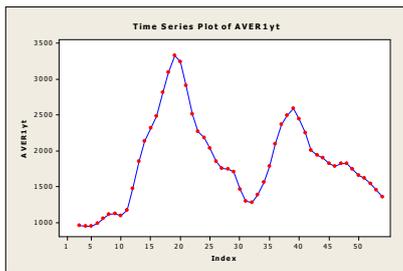
شكل (8) دالة الارتباط المتقاطع بين a_t و α_t

يتضح من الشكل أعلاه بان استخدام هذه الطريقة يعطي نموذج غير ملائم للبيانات وبالتالي تم استخدام طريقة التمهيد الاسي للأوساط المتحركة .

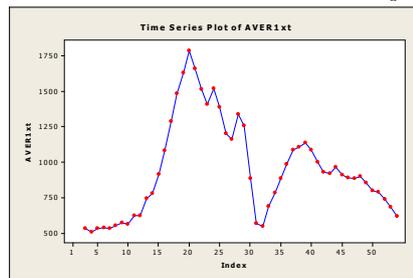
استخدام طريقة التمهيد الاسي للأوساط المتحركة :

تم إجراء التمهيد الاسي للأوساط المتحركة لبيانات المدخلات والمخرجات بالاعتماد على أفضل مدى لتنعيم البيانات عند $m=3$ (أي ثلاث سنوات) وطبقت هذه البيانات لتحديد نموذج دالة التحويل وكالتالي:

1-الرسم الزمني لسلسلتي المدخلات والمخرجات :



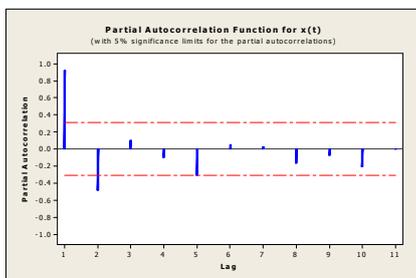
الشكل (10)الرسم الزمني لسلسلة المخرجات



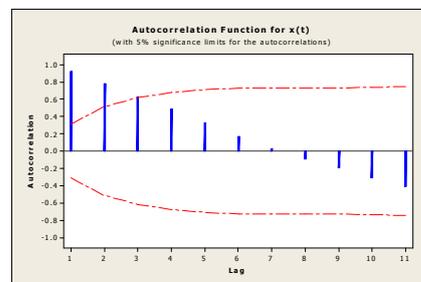
الشكل (9)الرسم الزمني لسلسلة المدخلات

2 -تتقية سلسلة المدخلات:-

بعد استقرار كل من سلسلة المدخلات (x_t) والمخرجات (y_t) في الوسط وثبوت في التباين يتم تنقية سلسلة المدخلات (x_t) والمخرجات (y_t) ، من خلال تحديد النموذج الملائم للحصول على سلسلة البواقي وذلك من خلال متابعة سلوك كل من دالتي الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي حيث لوحظ ان النموذج الملائم بعد الاستقرارية يتبع النموذج $ARMA(1,1)$ بقيمة $mse=10756$ والشكلين يوضحان سلوك الدالتين:



شكل (12) دالة الارتباط الذاتي الجزئي للمدخلات



شكل (11) دالة الارتباط الذاتي للمدخلات

ويمكن إيجاد قيم السلسلة المبيضة للمدخلات وبالطريقة التي اتبعها (Makridakis, 1983) كالتالي

$$\hat{\alpha}_t = x_t - 0.9204x_{t-1} - 0.5665\alpha_{t-1}$$

حيث ان $x_0=0$ وباستخدام المعادلة أعلاه تم الحصول على قيم $\hat{\alpha}_t$ كما مبين في الجدول رقم (7)

الجدول (7) يوضح قيم $\hat{\alpha}_t$ للمدخلات

t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$
1	529.330	10	147.606	19	370.150	28	-159.483	37	297.069
2	320.340	11	252.540	20	199.221	29	-334.034	38	208.125
3	246.543	12	240.153	21	123.399	30	-164.572	39	115.715
4	188.710	13	332.501	22	294.690	31	87.104	40	76.967
5	143.809	14	427.170	23	157.722	32	203.897	41	107.263
6	141.564	15	533.343	24	11.451	33	274.360	42	179.943
7	144.030	16	601.834	25	63.597	34	327.266		
8	120.018	17	605.682	26	302.077	35	364.339		
9	170.858	18	625.867	27	197.679	36	315.355		

وللحفاظ على العلاقة الدالية بين المدخلات والمخرجات تجري تنقية سلسلة المدخلات على سلسلة المخرجات

وبالطريقة التي اتبعها (Makridakis, 1983) كالآتي

$$\hat{\beta}_t = y_t - 0.9204y_{t-1} + 0.5665\hat{\beta}_{t-1}$$

والجدول رقم (8) يوضح قيم السلسلة النقية للمخرجات $\hat{\beta}_t$:

جدول رقم (8) يوضح قيم $\hat{\beta}_t$

t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$
1	957.00	10	559.55	19	378.27	28	6.99	37	758.74
2	605.37	11	807.69	20	47.32	29	-46.94	38	495.01
3	421.44	12	896.10	21	-13.09	30	62.06	39	276.61
4	353.81	13	856.47	22	91.11	31	244.27	40	93.93
5	348.64	14	837.93	23	81.54	32	416.37	41	149.07
6	334.93	15	1000.50	24	25.21	33	589.56	42	195.16
7	290.08	16	1070.45	25	63.57	34	781.01		
8	227.26	17	1090.73	26	164.39	35	887.81		
9	296.55	18	794.53	27	190.54	36	811.25		

3- حساب الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t :-

ويعد ذلك تم حساب دالة الارتباط المتقاطع (المستعرض) بين α_t و β_t كما في الجدول رقم (9) الآتي:

الجدول (9) يوضح قيم الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t

t	$r_{\alpha\beta}$	t	$r_{\alpha\beta}$	t	$r_{\alpha\beta}$
1	0.802	7	-0.546	13	-0.108
2	0.587	8	-0.557	14	-0.086
3	0.280	9	-0.457	15	-0.019
4	0.008	10	-0.317	16	0.088
	-				
5	0.237	11	-0.201	17	0.194

	-				
6	0.428	12	-0.132		
	-				

4 - تقدير أوزان الاستجابة النبضية: كما ذكر سابقا يتم تقدير أوزان الاستجابة النبضية وفق المعادلة الآتية:

$$V_k = \frac{\sigma_\beta}{\sigma_\alpha} \rho_{\alpha\beta}(k)$$

والجدول (10) يبين قيم أوزان الاستجابة النبضية لسلسلتي المدخلات والمخرجات:

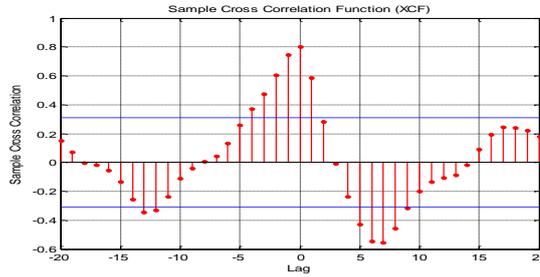
جدول (10) قيم الاستجابة النبضية

t	v	T	v	t	V	t	v
0	1.41033	5	-0.75264	10	-0.35346	15	0.15475
1	1.03225	6	-0.96015	11	-0.23212	16	0.34115
2	0.49238	7	-0.97949	12	-0.18992		
3	-0.01407	8	-0.80364	13	-0.15123		
4	-0.41677	9	-0.55745	14	-0.03341		

❖ تشخيص (r,s,b) لنموذج دالة التحويل:

لتشخيص رتبة دالة التحويل لنموذج الاستقرارية تبين ان (r=11,s=2,b=0) من رسم دالة الارتباط المتقاطع بين α_t و

β_t لغرض تحديد الزمن الميت لمتغير الإدخال كما في الشكل الآتي:



شكل (13) دالة الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t

وعليه فان نموذج دالة التحويل يكون بالصيغة التالية:

$$Y_t = \frac{(w_0 - w_1 B - w_2 B^2)}{(1 - \delta_1(B) - \delta_2(B^2) - \delta_3(B^2) - \delta_4(B^2) - \delta_5(B^2) - \delta_6(B^2) - \delta_7(B^2) - \delta_8(B^2) - \delta_9(B^2) - \delta_{10}(B^2) - \delta_{11}(B^2))} X_{t-nk} + N_t$$

بعد ذلك تم إيجاد قيم سلسلة التشويش (الاضطراب) وحسب المعادلة:

$$N_t = Y_t - v_0 X_t - v_1 X_{t-1} - \dots - v_{16} X_{t-16}$$

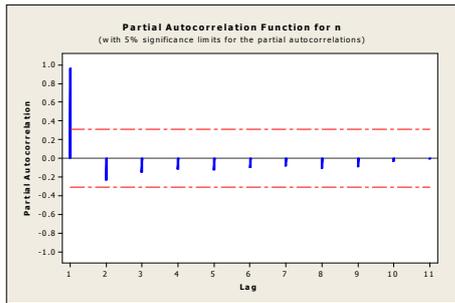
وبالاعتماد على الصيغة السابقة تم إيجاد قيم سلسلة التشويش كما في الجدول (11)

جدول (11) قيم سلسلة التشويش

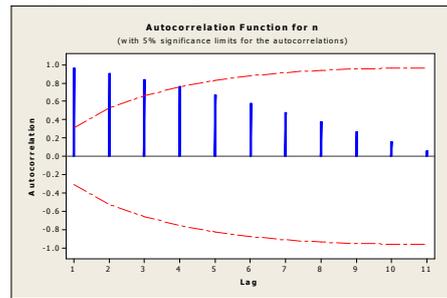
t	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t	T	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t
1	0.00000	10	0.00000	19	2176.76	28	5911.97	37	2911.20
2	0.00000	11	0.00000	20	2674.98	29	6256.09	38	2805.76
3	0.00000	12	0.00000	21	3552.04	30	6430.72	39	3062.55
4	0.00000	13	0.00000	22	4305.69	31	6181.65	40	3379.96

5	0.00000	14	0.00000	23	5009.41	32	5646.33	41	3713.71
6	0.00000	15	0.00000	24	5685.81	33	4976.40	42	3861.23
7	0.00000	16	0.00000	25	6130.70	34	4299.95		
8	0.00000	17	2252.89	26	6064.46	35	3690.90		
9	0.00000	18	2067.57	27	5861.02	36	3166.03		

ولتحديد نموذج ARIMA لسلسلة التشويش (N_t)، يتم ذلك بدراسة سلوك دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي لتبين لهذه السلسلة والموضحة في الشكلين (14) و(15) الآتيين:



شكل (15) دالة الارتباط الذاتي الجزئي لـ (N_t)



شكل (14) دالة الارتباط الذاتي لـ (N_t)

وتبين ان سلسلة التشويش تتبع نموذج ARMA(0,1) ،لذلك فان نموذج دالة التحويل يكون بالصيغة الاتية:

$$N_t = a_t + 0.9066a_{t-1}$$

ويمكن الاعتماد على صيغة سلسلة التشويش N_t لاجاد قيم \hat{a}_t كالآتي:

$$a_t = N_t - 0.9066a_{t-1}$$

والجدول الآتي يوضح قيم \hat{a}_t التي تم الحصول عليها

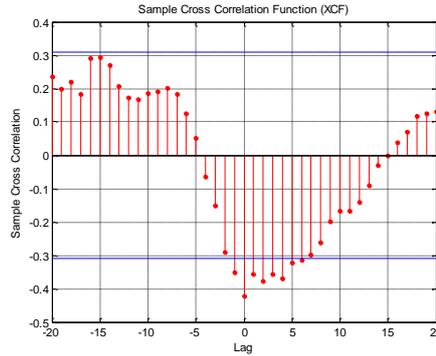
جدول (12) قيم \hat{a}_t

t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t
1	0.00000	10	0.00000	19	2154.01	28	2719.86	37	1699.07
2	0.00000	11	0.00000	20	722.16	29	3790.27	38	1265.38
3	0.00000	12	0.00000	21	2897.32	30	2994.47	39	1915.35
4	0.00000	13	0.00000	22	1678.97	31	3466.87	40	1643.50
5	0.00000	14	0.00000	23	3487.26	32	2503.27	41	2223.71
6	0.00000	15	0.00000	24	2524.26	33	2706.93	42	1845.22
7	0.00000	16	0.00000	25	3842.20	34	1845.85		
8	0.00000	17	2252.89	26	2581.13	35	2017.46		
9	0.00000	18	25.10	27	3520.97	36	1337.01		

والمعادلة المقدره لدالة التحويل :

$$\begin{aligned}
 Y_t &= 1.797y_{t-1} - 0.4275y_{t-2} - 0.964y_{t-3} \\
 &+ 1.212y_{t-4} - 0.6305y_{t-5} - 0.325y_{t-6} + 0.1832y_{t-7} + 0.1941y_{t-8} - 0.7097y_{t-9} \\
 &+ 0.942y_{t-10} - 0.4163y_{t-11} + 0.4993x_t - 1.027x_{t-1} + 0.2477x_{t-2} - 0.8904a_{t-1} \\
 &- 1.20166a_{t-2} + 1.35157a_{t-3} - 0.33804a_{t-4} \\
 &- 0.4683a_{t-5} + 0.60414a_{t-6} - 0.15371a_{t-7} - 0.36019a_{t-8} + 0.53373a_{t-9} \\
 &- 0.2985a_{t-10} - 0.43772a_{t-11} + 0.37742a_{t-12} + a_t
 \end{aligned}$$

ولفحص دقة نموذج دالة التحويل تم رسم دالة الارتباط المتقاطع بين a_t و α_t كما في الشكل (16) الاتي:



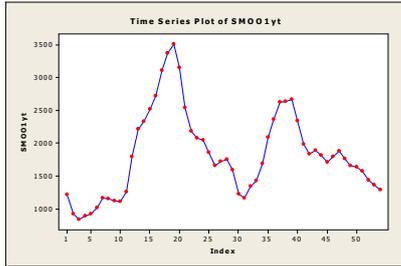
شكل (16) دالة الارتباط المتقاطع بين a_t و α_t

يتضح من الشكل اعلاه بان استخدام هذه الطريقة يعطي نموذج غير ملائم أيضا للبيانات وبالتالي تم استخدام طريقة التمهيد الاسي الثنائي.

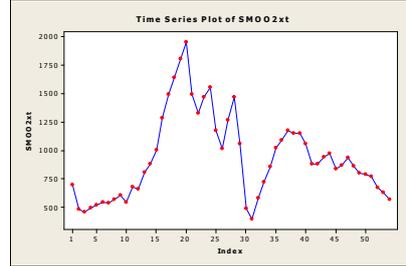
استخدام طريقة التمهيد الاسي الثنائي:

تم إجراء التمهيد الاسي الثنائي لبيانات المدخلات والمخرجات بالاعتماد على قيمة المعلمتين α و B التي تقع كل منهما بين $(0 < \alpha, B < 1)$ فكان أفضل تنعيم للبيانات عندما $\alpha = 0.7$ و $B = 0.7$ وطبقت هذه البيانات لتحديد نموذج دالة التحويل وكالتالي:

1 - الرسم الزمني لسلسلتي المدخلات والمخرجات :



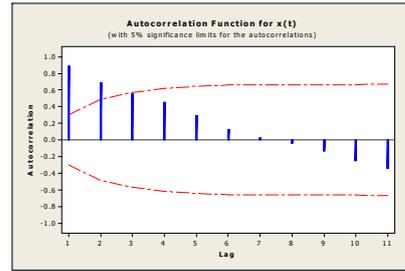
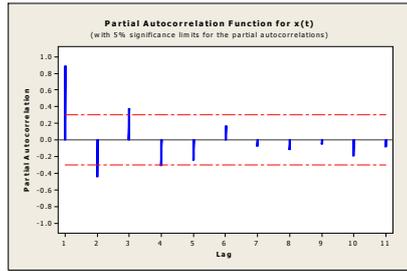
الشكل (18) الرسم الزمني لسلسلة المخرجات



الشكل (17) الرسم الزمني لسلسلة المدخلات

2 -تتقية سلسلة المدخلات:-

بعد استقرار كل من سلسلة المدخلات (X_t) والمخرجات (Y_t) في الوسط وثبوت في التباين يتم تتقية سلسلة المدخلات (X_t) والمخرجات (Y_t) ، من خلال تحديد النموذج الملائم للحصول على سلسلة البواقي وذلك من خلال متابعة سلوك كل من دالتي الارتباط الذاتي والجزئي حيث لوحظ أن النموذج الملائم بعد الاستقرارية يتبع النموذج $ARMA(1,1)$ بقيمة $mse = 49463$ والشكلين يوضحان سلوك الدالتين:



شكل (20) دالة الارتباط الذاتي الجزئي للمدخلات

شكل (19) دالة الارتباط الذاتي للمدخلات

والمعادلة الآتية توضح القيم التقديرية للمعلمتين $\hat{\theta}_1$ و $\hat{\phi}_1$

$$\hat{\alpha}_t = x_t - 0.8587x_{t-1} + 0.6559x_{t-2} - 0.5957x_{t-3} - 0.6460\alpha_{t-1} - 0.6246\alpha_{t-2}$$

حيث أن $x_0=0$ وباستخدام المعادلة أعلاه تم الحصول على قيم $\hat{\alpha}_t$ كما مبين في الجدول رقم (13)

الجدول (13) يوضح قيم $\hat{\alpha}_t$ للمدخلات

t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$	t	$\hat{\alpha}_t$
1	695.070	10	32.601	19	336.163	28	126.621	37	243.991
2	-563.902	11	172.795	20	213.236	29	-151.683	38	36.431
3	429.629	12	-59.655	21	-324.549	30	-195.629	39	105.599
4	78.883	13	291.606	22	327.312	31	21.792	40	32.357
5	-214.238	14	64.499	23	135.913	32	33.939	41	-40.568
6	241.636	15	156.589	24	-20.373	33	156.499	42	136.950
7	92.618	16	382.194	25	-56.336	34	258.433	43	68.953
8	-56.909	17	176.772	26	195.694	35	146.720	44	88.311
9	123.401	18	250.348	27	151.869	36	90.876		

وللحفاظ على العلاقة الدالية بين المدخلات والمخرجات تجرى تنقية سلسلة المدخلات على سلسلة المخرجات وبالطريقة التي اتبعها

(Makridakis,1983) كالاتي :

$$\hat{\beta}_t = \hat{B}_t = y_t - 0.8587y_{t-1} + 0.6559y_{t-2} - 0.5957y_{t-3} - 0.6460B_{t-1} - 0.6246B_{t-2}$$

والجدول رقم (14) يوضح قيم $\hat{\beta}_t$ التقديرية وما يلي:

جدول رقم (14) يوضح قيم $\hat{\beta}_t$

t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$	t	$\hat{\beta}_t$
1	1216.11	10	191.37	19	392.61	28	95.91	37	531.28
2	-916.75	11	94.68	20	-45.70	29	29.91	38	170.79
3	681.37	12	594.07	21	-93.64	30	-101.91	39	272.23
4	179.37	13	401.03	22	69.77	31	168.04	40	-66.39
5	-385.46	14	226.53	23	1.96	32	148.75	41	26.82
6	452.55	15	506.38	24	136.90	33	108.48	42	107.99
7	302.87	16	298.37	25	69.72	34	489.98	43	124.81
8	-205.00	17	523.35	26	41.94	35	382.46	44	68.28
9	225.80	18	468.22	27	216.16	36	279.31		

3 - حساب الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t :-

وبعد ذلك تم حساب دالة الارتباط المتقاطع (المستعرض) بين α_t و β_t كما في الجدول رقم (15) الآتي:

الجدول (15) يوضح قيم الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t

t	$r_{\alpha\beta}$	t	$r_{\alpha\beta}$	t	$r_{\alpha\beta}$
1	0.79 9	7	0.066	13	0.064
2	0.28 -1	8	-0.268	14	-0.124
3	0.06 4	9	-0.072	15	0.014
4	0.19 2	10	0.069	16	0.038
5	0.24 -1	11	-0.186	17	0.052
6	0.11 -4	12	0.047		

4 - تقدير أوزان الاستجابة النبضية: كما ذكر سابقا يتم تقدير أوزان الاستجابة النبضية وفق المعادلة الآتية:

$$V_k = \frac{\sigma_\beta}{\sigma_\alpha} \rho_{\alpha\beta}(k)$$

والجدول (16) يبين قيم أوزان الاستجابة النبضية لسلسلتي المدخلات والمخرجات:

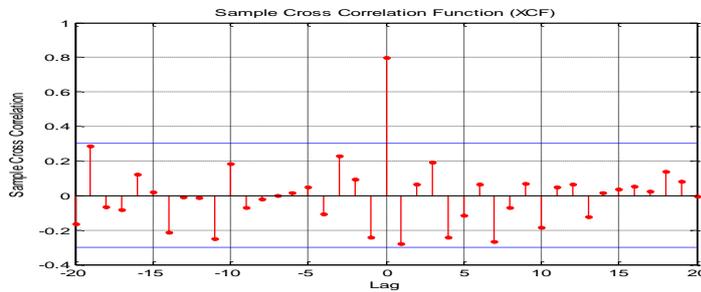
جدول (16) قيم الاستجابة النبضية

t	v	t	v	t	v	t	v
0	1.23587	5	-0.17633	10	-0.28770	15	0.05878
1	-0.43464	6	0.10209	11	0.07270	16	0.08043
2	0.09899	7	-0.41454	12	0.09899		
3	0.29698	8	-0.11137	13	-0.19180		
4	-0.37277	9	0.10673	14	0.02165		

❖ تشخيص (r,s,b) لنموذج دالة التحويل:

لتشخيص رتبة دالة التحويل لنموذج الاستقرارية تبين أن (r=1,s=0,b=0) من رسم دالة الارتباط المتقاطع بين α_t و

β_t لغرض تحديد الزمن الميت لمتغير الإدخال كما في الشكل الآتي:



شكل (21) دالة الارتباط المتقاطع بين α_t و β_t

وعليه فان نموذج دالة التحويل يكون بالصيغة التالية:

$$Y_t = \frac{w_o}{(1 - \delta_1(B))} X_{t-nk} + N_t$$

بعد ذلك تم إيجاد قيم سلسلة التشويش (الاضطراب) وحسب المعادلة:

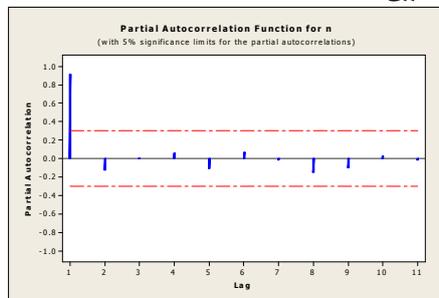
$$N_t = Y_t - v_0 X_t - v_1 X_{t-1} - \dots - v_{16} X_{t-16}$$

وبالاعتماد على الصيغة السابقة تم إيجاد قيم سلسلة التشويش كما في الجدول (17)

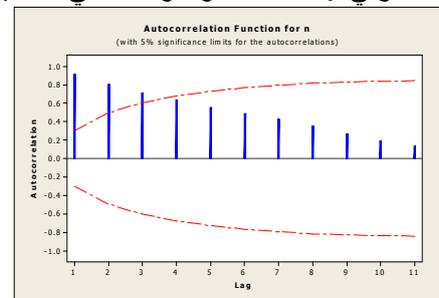
جدول (17) قيم سلسلة التشويش

t	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t	t	\hat{N}_t
1	0.00	10	0.00	19	2304.78	28	1684.95	37	2024.91
2	0.00	11	0.00	20	1893.62	29	1924.76	38	2029.04
3	0.00	12	0.00	21	2060.35	30	1977.51	39	2022.92
4	0.00	13	0.00	22	1747.63	31	1771.61	40	1835.10
5	0.00	14	0.00	23	1601.01	32	1805.01	41	1866.21
6	0.00	15	0.00	24	1889.13	33	1811.56	42	1755.87
7	0.00	16	0.00	25	2135.04	34	1714.26	43	1697.40
8	0.00	17	2103.05	26	1924.76	35	1760.98	44	1662.91
9	0.00	18	2349.31	27	1769.76	36	1924.54		

ولتحديد نموذج ARIMA لسلسلة التشويش (N_t)، يتم ذلك بدراسة سلوك دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لهذه السلسلة والموضحة في الشكلين (22) و(23) الآتيين:



شكل (23) دالة الارتباط الذاتي الجزئي لـ (N_t)



شكل (22) دالة الارتباط الذاتي لـ (N_t)

وتبين أن سلسلة التشويش تتبع نموذج ARMA(0,1)، لذلك فإن نموذج دالة التحويل يكون بالصيغة الآتية:

$$N_t = a_t + 0.7614a_{t-1}$$

ويمكن الاعتماد على صيغة سلسلة التشويش N_t لإيجاد قيم \hat{a}_t كالآتي:

$$\hat{a}_t = N_t - 0.7614\hat{a}_{t-1}$$

والجدول الآتي يوضح قيم \hat{a}_t التي تم الحصول عليها

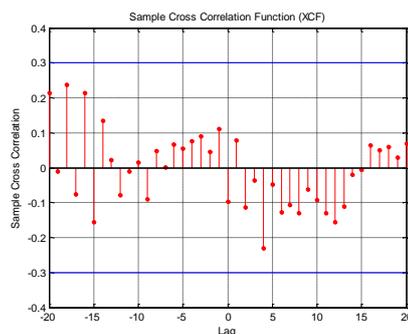
جدول (18) قيم \hat{a}_t

t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t	t	\hat{a}_t
1	0	10	0	19	1735.21	28	835.61	37	1168.08
2	0	11	0	20	572.44	29	1288.53	38	1139.67
3	0	12	0	21	1624.50	30	996.43	39	1155.18
4	0	13	0	22	510.74	31	1012.92	40	955.55
5	0	14	0	23	1212.13	32	1033.77	41	1138.65
6	0	15	0	24	966.22	33	1024.45	42	888.90
7	0	16	0	25	1399.36	34	934.25	43	1020.59
8	0	17	2103.05	26	859.28	35	1049.65	44	885.83
9	0	18	748.05	27	1115.50	36	1125.34		

والمعادلة التقديرية لدالة التحويل :

$$y_t = 0.8677y_{t-1} + 0.2525x_t - 0.1063a_{t-1} + 0.66067a_{t-2} + a_t$$

ولفحص دقة نموذج دالة التحويل تم رسم دالة الارتباط المتقاطع بين α_t و a_t كما في الشكل (24) الآتي:



الشكل (24) الارتباط المتقاطع بين α_t و a_t

يتضح من الشكل أعلاه ان طريقة التمهيد الاسي الثنائي ملائمة لتحديد نموذج دالة التحويل بعد اجتيازه مرحلة الفحص التشخيصي لدالة الارتباط المتقاطع بين سلسلة البواقي وسلسلة التقيية للمدخلات. ولتأكيد نتائج دقة فحص النموذج من خلال رسم دالة الارتباط المتقاطع وسلسلة الأخطاء المنقاة لجميع الطرق تم استخدام المعايير التنبؤية الموضحة في الجدول (19):

جدول (19) يبين قيم المعايير التنبؤية

المعايير التنبؤية \ طرق التمهيد	تمهيد اسي بسيط	تمهيد أوساط متحركة	تمهيد اسي ثنائي
MSE	7044635	2451993	133078
MAE	4609.09	6781.10	351.927

تبين من الجدول أعلاه بان طريقة التمهيد الاسي الثنائي هي أفضل وذلك لأنها تمتلك اقل قيمة للمعايير التنبؤية وان صيغة نموذج دالة التحويل بطريقة التمهيد الاسي الثنائي كالآتي:

$$y_t = 0.8677y_{t-1} + 0.2525x_t - 0.1063a_{t-1} + 0.66067a_{t-2} + a_t$$

الاستنتاجات :

- 1- استنتج من خلال رسم الارتباط المتقاطع بين a_t و a_{t-1} لجميع حالات التمهيد كانت طريقة التمهيد الاسي الثنائي هي الأفضل وذلك لكون جميع قيم الارتباط المتقاطع غير معنوية اي لا يوجد ارتباط بين a_t و a_{t-1} .
- 2- أكدت لنا نتائج المعايير التنبؤية MSE, MAE ان نموذج دالة التحويل للبيانات التي طبقت عليها طريقة التمهيد الاسي الثنائي هو الأفضل لامتلاكه اقل قيم للمعايير التنبؤية .

المصادر:

1. آل طوي، احمد سالم إسماعيل،(2011). "توظيف التحليل العاملي في نماذج دالة التحويل للتنبؤ بالمعدلات بالمعدلات الشهرية للتبخر-نتح "رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل، العراق.
2. الحنون، أسامة بشير شكر ،(2007): "نماذج دالة التحويل الآتية مع تطبيق"، رسالة ماجستير غير منشورة ،كلية علوم الحاسوب والرياضيات،جامعة الموصل،العراق .
3. الحياي،شبرين تركي محمد،2012،"مقارنة التنبؤ باستخدام بعض نماذج السلاسل الزمنية والانماط المتماثلة مع التطبيق"رسالة ماجستير،كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل،العراق.
4. الطائي،فاضل عباس،2004،"تقدير معاملات التمهيد المضاعف مع المحاكاة"،مجلة تنمية الرافدين لعلوم الحاسبات والرياضيات،العدد (1).
5. العمري،هبياء انس عبد المجيد،2006،"بعض طرائق الكشف عن التغذية العكسية في النماذج الحركية مع التطبيق على بيانات الانواء الجوية في محافظة نينوى"،رسالة ماجستير،كلية علوم الحاسوب والرياضيات،جامعة الموصل،العراق.
6. المعماري،نوال محمود،2004،"التكهن بواسطة نماذج الانحدار الحركي مع التطبيق"،رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل،العراق.
7. بري،عدنان ماجد عبد الرحمن،2002،"طرق التنبؤ الاحصائي"،الجزء الاول،كلية العلوم،جامعة الملك سعود،المملكة العربية السعودية.
8. حمودات،الاء عبد الستار ، 2013، "مقارنة بين التمهيد الاسي ونموذج اثر التداخل على الاسعار العالمية للشعير"، مجلة تكريت للعلوم الصرفة،العدد (18).
9. حياوي، هيام عبد المجيد،(2006): "تشخيص النظم الحركية الخطية التصادفية من خلال علاقتها مع الزمن"، أطروحة دكتوراه غير منشورة،كلية علوم الحاسبات والرياضيات،جامعة الموصل،العراق.
10. فاندل، والتر، (1992): "السلاسل الزمنية من الوجة التطبيقية ونماذج بوكس-جنكنز"، تعريب د.عبد المرضي حامد عزلم، دار المريخ للنشر،الرياض، المملكة العربية السعودية.
11. محمود،غزوان هاني،2010،" تحسين طريقة التمهيد الأسّي البسيط للتكهن بالسلاسل الزمنية"،المجلة العراقية للعلوم الاحصائية،العدد (18).

12. Box, G.E.P and Jenkins, G.M. (1976): "**Time series Analysis Forecasting and Control**", Holden – Day, San Francisco.
13. Liu,L.M.,(2006). "Time Series Analysis and Forecasting ",2 ed.,Scientific Computing Associates Crop.,Illinois , USA.
14. Makridakis, S. and Wheelwright, S.C. and McGree V.E. (1983) “Forecasting Methods and Application”, 2nd ed. John-Wiley and Sons. Inc.
15. Wei, W. W. S. (1990): "**Time Series Analysis Univariate and Multivariate Methods**", Addison-Wesley Publishing Company, Inc., The Advanced Book Program, California, USA.
16. YAFFEE R. and McGee M. (1999) "Introduction to Time Series Analysis and Forecasting". ACADEMIC PRESS, INC, New York.