استخدام الانموذج الموسمي المضاعف للتنبوء بالمعدلات الشهرية لدرجات الحرارة في مدينة الموصل

م.د. رواء صالح محمد*

المستخلص:

تعتبر نماذج بوكس- جنكيز من النماذج المهمة في استخدامها في تحليل السلاسل الزمنية والتنبؤ بالقيم المستقبلية ، ولاهمية هذه النماذج ولغرض تطبيقها على احد عناصر المناخ المهمة والتي يمكن الاستفادة منها لمعرفة القيم التنبؤية المستقبلية فقد تم استخدام هذه النماذج للتنبؤ بدرجات الحرارة العظمى والصغرى في مدينة الموصل وذلك لاهمية هذه الدرجات بالنسبة للبلد والتي من الممكن ان تفيد دائرة الانواء الجوية وغيرها من اجل التخطيط المستقبلي للبلد ومن اجل معرفة الاختلافات التي تصيب المناخ والاستعدادات للسنوات المقبلة وباستخدام النموذج الموسمي المضاعف فقد تم الحصول على افضل النماذج المقترحة والتي تم تقدير معالمها باستخدام الطريقة المعلمية طريقة الامكان الاعظم وتم الحصول على مقدرات قريبة من الواقع والتي تبين ان النموذج المقدر والمقترح هو نموذج ملائم للبيانات المستخدمة في البحث وعلى هذه الاساس فقد تم استخدام النموذج الافضل في التنبؤ بالقيم المستقبلية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى لمدينة الموصل لسنة 2013 .

Abstract:

Considered models Box- Genghis important models in use in the time-series analysis and forecasting future values, and the importance of these models and for the purpose applied to one of the important climate elements that can be used to figure out the future of predictive values were used these models to predict the varying Great and minimum temperatures in the city of Mosul and the the importance of these grades for the country, which could benefit Meteorological Department and others in order to plan for the future of the country, in order to see the differences that affect the climate and the preparations for the coming years and using seasonal model multiplier has been getting the best of the proposed models, which have been estimated landmarks using the method parametric method possible Azam it was getting close to reality capabilities, which show that the estimated and the proposed model is an appropriate model for the data used in the research and on this basis it has been using the best model to predict future values of maximum temperatures dropping to the city of Mosul for the year 2013.

* الجامعة المستنصرية / كلية الادارة والاقتصاد .
مقبول للنشر بتأريخ 2015/6/8

المقدمة :

اهتمت كثير من الدراسات الاقتصادية والاجتماعية بدراسة السلاسل الزمنية لانها تعتمد على دراسة توقعات المستقبل، وقد تناول الكثير من الباحثين دراسة وتحليل ومعالجة نماذج السلاسل الزمنية، ومنهم الباحثان بوكس وجنكنز حيث قدما دراسة موسعة لنماذج السلاسل الزمنية الموسمية واللاموسمية ومراحل بناء هذه النماذج .

ان هذا النوع من السلاسل الزمنية تكون الفترات الزمنية التي تفصل بين القيم المشاهدة لها فترات تقل عن السنة، اي تكون الوحدات الزمنية التي تقاس بها السلسلة الزمنية هي اجزاء السنة مثل الفصل او شهر او يوم او ساعة وغير ذلك من الوحدات الاخرى . ومن السلاسل الزمنية التي تكون وحداتها الزمنية مقاسة بالساعات والايام والاشهر هي السلسلة الزمنية التي تمثل درجات حرارة الطقس في اليوم الواحد او في الشهر الواحد ، ومن الملاحظ بالنسبة للسلاسل الزمنية المتعلقة بدرجات الحرارة في اي مكان ان درجة الحرارة تبدا بقيم منخفضة في الساعات الاولى من الصباح وتدعى بدرجات الحرارة الصغرى ثم تاخذ بالارتفاع حتى تصل الى ذروتها في وقت الظهيرة وتدعى بدرجات الحرارة العظمى ثم يعود الى الانخفاض التدريجي حتى تصل الى اوطئ الدرجات في الساعات الاولى من الصباح الجديد، وهكذا تكرر دورتها في الايام القادمة .

وبالرغم من ان مرور الايام يؤدي التى تغيرات واضحة في درجات الحرارة اليومية الا ان الاطوار السابقة للدورة اليومية تبقى على ملامحها، ففي بعض الاماكن تكون الاختلافات بين درجات الحرارة خلال اليوم الواحد كبيرة وبعض الاماكن تكون الاختلافات صغيرة .

ان اهم عناصر المناخ الحرارة والضغط الجوي والرياح والرطوبة والامطار وهي تؤثر في بعضها البعض، فاختلاف درجات الحرارة يؤدي الى اختلاف الضغط الجوي واختلاف الضغط الجوي يؤدي الى هبوب الرياح وسقوط الامطار يتوقف على نوع الرياح والجهة القادمة منها وهكذا،اما قياس درجة الحرارة فيتم بمقياس خاص يدعى باسم الترمومتر وتعتبر درجة الحرارة من اهم العناصر المناخية لان اختلاف درجاتها تؤثر في العناصر الاخرى المناخية كالضغط الجوي والرياح والرطوبة والتكاثف وبالتالي الامطار .

ويترتب اختلاف درجات الحرارة على تقسيم العلماء الكرة الارضية الى عدة مناطق حرارية هي :

1-مناطق الحارة المدارية : يمر بواسطتها خط الاستواء وتتميز بانها حارة على مدار السنة تقريبا .

2-المنطقتان المعتدلتان الشمالية والجنوبية : وتقل فيهما الحرارة كلما ابتعدنا عن المدارين واقتربنا من دائرة القطبين .

3-المنطقتان القطبيتان الشمالية والجنوبية : تتميز بشدة البرودة وتراكم الثلوج طوال السنة تقريبا.

مشكلة البحث

صعوبة تشخيص انموذج السلسلة الزمنية التي تتعرض الى العوامل المناخية المختلفة ومنها درجات الحرارة العظمى والصغرى في مدينة الموصل فتتأثر بها قيم السلسلة الزمنية فيحصل تغيراً متذبذباً في قيمها سواء كانت متزايداً او متناقصاً خلال الفترة الزمنية المحددة .

الهدف

ان الهدف من البحث تطبيق احد نماذج بوكس-جنكنز والمتمثل بأنموذج الموسمي المضاعف للتنبوء بالمعدلات الشهرية للدرجات الحرارة في مدينة الموصل لعام 2013 ، إذ تم بناء نموذج في ضوء البيانات الخاصة بدرجات الحرارة الشهرية العظمى والصغرى واستخدامه في حساب التنبؤات .

الجانب النظري

الانموذج الموسمي المضاعف The Multiplicative Model Seasonal (SARIMA)

يعد انموذج الموسمي المضاعف من النماذج المهمة لتحليل السلسلة الزمنية اذ يستخدم لتمثيل سلسلة زمنية تمثل ظاهرة معينة في التنبؤ بقيم الظاهرة في المستقبل وله تطبيقات كثيرة في المجالات الاقتصادية والانواء الجوية، وخاصة عوامل المناخ والتي تمثل درجات الحرارة والامطار والرطوبه .... الخ .

1- تعريف الانموذج الموسمي المضاعف : (SARIMA) [1] ،[2]،[4]،[6]،[10]

تعتبر النماذج المضاعفة نماذج معدّلة لنموذج (ARIMA) وذلك باضافة التأثير الموسمي وعدم الاستقرارية، اذ تفترض ان السلسلة الزمنية (z_t) يتبع انموذج (ARIMA)من الدرجة (p,d,q) وحسب الصيغة الاتية :

$(1-B)^{d}z_t = \varphi_1 z_{t-1}+\varphi_2 z_{t-2}+\dots+\varphi_p z_{t-p}+(1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\dots\dots-\theta_q B^q)\,b$ ....(1)

وان b_t سلسلة ليست تذبذب عشوائي (white noise) بل تحوي على ارتباطات في الفترات الموسمية.

$$\rho_j(s)=\frac{E(b_{t-js}-\mu_b)(b_t-\mu_b)}{\sigma_b^2} \qquad j=1,2,3 \quad \dots\dots \quad (2)$$

اذ ان :

z_t، z_{t-1}، z_{t-2} ... ... z_{t-p}:تمثل انحرافات قيم السلسلة الزمنية عن الوسط الحساب في الفترة $(t, t-1, t-2, \dots t-p)$ على التوالي .

اذ يتبع انموذج *SARIMA (P,D,Q)* والذي يكتب بالشكل الأتي :

$$\Phi_p(B^s)(1-B^s)^D b_t = \Theta_Q(B^s)\,a_t \qquad \dots\dots\dots (3)$$

وبالتعويض عن b_t في المعادلة (1) ينتج :

$$\Phi_p(B^S)\varphi_p(B)(1-B)^d(1-B^s)^D z_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^s)\,a_t \quad \dots\dots (4)$$

اذ ان :

a_t : يمثل سلسلة الاخطاء العشوائية

$$a_t \sim N(0,\sigma_{at}^2)$$

$\theta_q(B)$ $\varphi_p(B)$: دوال متعددة الحدود من الدرجة (p) و(q) في المتغير (B)

$\Phi_p(B^s)$: متعدد الحدود من الدرجة لانموذج الانحدار الذاتي الموسمي (p)

$\Theta_Q(B^s)$: متعدد الحدود من الدرجة (q) لانموذج الاوساط المتحركة الموسمي

S : طول الموسم

D: الفرق الموسمي

ويرمز للانموذج المضاعف الموسمي للسلسلة الزمنية بالرمز :

SARIMA (p,d,q)(P,D,Q)$_S$

اذ ان :

$$\varphi_p(B)=(1-\varphi_1 B-\varphi_2 B^2-\dots-\varphi_p B^p)$$
$$\varphi_p(B^s)=(1-\Phi_1 B^s-\Phi_2 B^{2s}-\dots\cdot-\Phi_p B^{ps})$$
$$\theta_q(B)=(1-\theta_1 B-\theta_2 B^2-\dots.-\theta_q B^q)$$
$$\Theta_Q(B^s)=(1-\Theta_1 B^s-\Theta_2 B^{2s}-\dots-\Theta_Q B^{Qs})$$

وان جذور المعادلات :

$$\Phi_p(B^s)=0 \;,\; \varphi_p(B)=0 \;,\; \theta_q(B)=0 \;,\; \theta_Q(B^s)=0$$

تقع خارج الدائرة التي نصف قطرها يساوي واحد وذلك لتحقيق :

شرط الاستقرارية stationary condition وشرط الانعكاسية invertible condition .

وعندما S=12 , d= 1 , D=1 , p =0 , P = 0 , q =1 , θ = 1 نحصل على :

$$(1-B)(1-B^{12})z_t=(1-\theta_1 B)(1-\theta_{12}B^{12})\,a_t \dots\dots (5)$$

ويمكن كتابة الانموذج ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ والذي يعد من اكثر النماذج استخداما في التطبيقات اذ تم استخدامه من قبل بوكس – جنكنز لتمثيل سلسلة عدد المسافرين على الخطوط الجوية الامريكية [5] .

2- الدالة المولدة للتباين المشترك: Autocovariance generating functio[1]

الدالة المولدة للتباين المشترك تعرف بالصيغة الاتية :

$$\gamma(B)=\sum_{k=-\infty}^{\infty}\gamma_k B^k$$
$$\gamma(B)=\sigma_a^2\,\Psi(B)\,\Psi(B^{-1}) \qquad \dots\dots\dots (6)$$

وعندما تكون السلسلة Z_t يتبع الانموذج ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$ اي ان :

$$w_t = (1-\theta_1 B)(1-\Theta_1 B^{12})\, a_t$$

$$=\Psi(B)\, a_t$$

اذ ان:

$$(1-B)(1-B^{12})z_t = w_t$$

$$\Psi_{(B)} = (1-\theta_1 B)(-\theta_1 B^{12}) \quad \ldots\ldots (7)$$

وعليه فان الدالة المولدة للتباين المشترك له :

$$\gamma(B)=\sigma_a^2[(1-\theta_1 B)(1-\Theta_{12} B^{12})][(1-\theta_1 B^{-1})(1-\Theta_{12} B^{-12})] \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

وياخذ معاملات $B^{13}, B^{12}, B^{11}, B^1, B^0$ نحصل :

$$\gamma_0=(1+\theta_1^2)(1-\Theta_1^2)\sigma_a^2$$

$$\gamma_1 = -\theta_1(1+\Theta_1^2)\sigma_a^2$$

$$\gamma_{12}=-\Theta_1(1+\theta_1^2)\sigma_a^2$$

$$\gamma_{11}=\theta\Theta\sigma_a^2 = \gamma_{13}$$

$$\gamma_j = 0 \qquad \text{othre wise}$$

3- دالة الارتباط الذاتي : [1] (ACF) (The auto correlation function)

تعرف دالة الارتباط الذاتي من الصيغة الاتية :

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} \qquad k=0,1,2,3,\ldots\ldots \qquad \ldots\ldots\ldots (9)$$

$$\rho_0 = 1$$

$$\rho_1 = -\theta/(1+\Theta^2)$$

$$\rho_{11} = -\theta\Theta/(1+\theta^2)(1+\Theta^2) = \rho_{13}$$

$$\rho_{12} = -\Theta/(1+\theta^2)$$

وعليه فأن دالة الارتباط الذاتي ستكون معنوية فقط عند الفترة الاولى والثانية عشرة وهذه مهمة في تشخيص درجة الانموذج.

4- دالة الارتباط الجزئي: (The Partial Auto Correlation Functio PACF)[1]

ان دالة الارتباط الذاتي الجزئي لهذا الانموذج معقدة جدا ولكن وجد ان دالة الارتباط الذاتي الجزئي لمركبة الاوساط المتحركة اللاموسمية والموسمية تتناقص بشكل تدريجي عند الازاحات اللاموسمية والموسمية على التوالي .

5- مراحل بناء الانموذج : [1]،[3]،[6]،[10]

ان عملية بناء أنموذج الموسمي المضاعف (SARIMA(0,1,1)(0,1,1)) تشابه تماما عملية بناء انموذج بوكس –جنكنز اللاموسمية والموسمية والتي هي :

5-1- مرحلة تشخيص الانموذج وتحديد درجته :

ان تشخيص الانموج وتحديد درجته يتم من خلال دالتي الارتباط الذاتي التي ستكون معنوية فقط عند الازاحة (الاولى والثانية عشر)، واقل معنوية عند الازاحة (احد عشر والثالثة عشر)، وغير معنوية في الفترات الاخرى , في حين ان دالة الارتباط الذاتي الجزئي تتناقص بشكل تدريجي عند الازاحات غير الموسمية والازاحات الموسمية.

5-2- تقدير معلمات الانموذج :

تاتي مرحلة تقدير معلمات الانموذج بعد ان يشخص الانموذج اذ تستخدم طريقة الامكان الاعظم في تقدير المعلمات ، وتعرف دالة الامكان الاعظم بالصيغة الاتية :

$$L(\theta_1,\Theta_1,\sigma^2/z_t) = (2\pi)^{-\frac{N}{2}} \quad (2\sigma_a^2)^{-\frac{N}{2}} \quad \exp\left(-\frac{1}{2\sigma_a^2} S(\theta_1,\Theta_1)\right) \quad \ldots\ldots\ldots (10)$$

اذ ان :

$$S(\theta_1,\Theta_1) = \sum_{t=1}^{N} a_t^2(\theta_1,\Theta_1)$$

$$Ln\ L(\theta_1,\Theta_1,\sigma_a^2) = -\frac{N}{2}\ Ln\ (2\pi\sigma_a^2) - \frac{S(\theta_1,\Theta_1)}{2\sigma_a^2}$$

وبالتفاضل الجزئي للمعلمات نحصل على معادلات غير خطية لذا تستخدم طريقة (نيوتن – رافسن) للحصول على تقديرات المعلمات :

$$\begin{bmatrix}\widehat{\vartheta}_n\\ \widehat{\varphi}_n\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}\widehat{\vartheta}_{n-1}\\ \widehat{\varphi}_{n-1}\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}\frac{\partial^2 S(\widehat{\vartheta}_{n-1},\widehat{\varphi}_{n-1})}{\partial^2\vartheta_1} & \frac{\partial^2 S(\widehat{\vartheta}_{n-1},\widehat{\varphi}_{n-1})}{\partial\vartheta_1\ \partial\varphi_1}\\ \frac{\partial^2 S(\widehat{\vartheta}_{n-1},\widehat{\varphi}_{n-1})}{\partial\vartheta_1\,\partial\varphi_1} & \frac{\partial^2\ S(\widehat{\vartheta}_{n-1},\widehat{\varphi}_{n-1})}{\partial^2\varphi_1}\end{bmatrix}^{-1}$$

$$*\begin{bmatrix}\frac{\partial\ \ S(\widehat{\vartheta}_{n-1},\widehat{\varphi}_{n-1})}{\partial\ \ \vartheta_1}\\ \frac{\partial\ \ S(\widehat{\vartheta}_{n-1},\widehat{\varphi}_{n-1})}{\partial\ \ \varphi_1}\end{bmatrix}\text{..... (11)}$$

اما التباينات للمقدرات تستخرج من خلال معكوس مصفوفة المعلومات :

$$Var-Cor\begin{pmatrix}\widehat{\vartheta}_1\\ \widehat{\varphi}_1\end{pmatrix}=I^{-1}\ (\vartheta_1,\varphi_1)$$

$$=\frac{\sigma^2}{n}\ \Gamma^{-1}\text{ ..... (12)}$$

اذ ان :

(Γ) : تمثل مصفوفة التباين والتباين المشترك للانموذج :

$$\Gamma=(\ \gamma_0\ \ \gamma_1\ \ \gamma_{11}\ \ \gamma_{12}\ \ \gamma_{13}\ )$$

للانموذج ARIMA $(0,1,1)(0,1,1)_{12}$.

3-5- تدقيق التشخيص : $Disagnostic\ checks$ [1] و[2]،[6]،[10]

بعد ان يتم تشخيص الانموذج وتحديد درجته يختبر الانموذج للتاكد من صحته وكفاءته ليمثل بيانات السلسلة الزمنية ويتم ذلك بحساب معاملات الارتباط الذاتي للبواقي :

$$r_a=\frac{\sum\hat{a}_t\,\hat{a}_{t+1}}{\sum\hat{a}_{t2}}\qquad\text{..... (13)}$$

وقد اثبت (Box and pierce) عام 1970 ان معاملات الارتباط الذاتي للبواقي تتوزع توزيع طبيعي بوسط حسابي(0) وتباين ($\frac{1}{n}$)، اذ ان (n)، تمثل حجم العينة .

وعليه فان :

$$\varphi=n\sum_{k=1}^{m}\gamma_k^2(\hat{a}_t)\text{..... (14)}$$

تتوزع توزيع (x^2)، بدرجة حرية (m-p-q) فإذا كانت (φ)، المحسوبة اقل من المجدولة بدرجة حرية (m-p-q) وبمستوى معنوية معين فهذا يشير الى ملائمة الانموذج وكفاءته .

3-6- معيار معلومات اكيكي المعدل : AKaike information criteri modified [1]،[10]

ولغرض الحصول على افضل نموذج مضاعف تم الاعتماد على معيار اكيكي المعدل والذي يرمز له بالرمز بـ AIC_C وصيغته هي :

$$AIC_C=AIC+\frac{2N_P(N_P+1)}{N_t-N_P-1}$$

اذ ان :

N_P : عدد المعالم

N_t : حجم العينة

N : حجم العينة ايضا وان :

$$AIC=Ln\ (\hat{\sigma}_a^2)+\frac{2K}{n}$$

اذ ان :

K : عدد المعالم في الانموذج (p+q+1)

n : عدد المشاهدات

3-7- التنبؤ : Forecasting [1] ، [4]،[6]،[9]،[10]

بعد ان يتم تشخيص الانموذج وتقدير معلماته واختباره لملائمة البيانات تاتي مرحلة حساب التنبؤات المستقبلية للظاهرة المدروسة وعند التنبؤ ينبغي الأخذ بنظر الاعتبارالمعادلات الأتية :

$$1\text{-}[z_{tJ}] = E_t[z_{t-J}] = z_{t-J} \quad ,J = 0,1,2,....$$
$$2\text{-}[z_{t+J}] = E_t[z_{t+J}] = \hat{z}_t^{(J)} \quad ,J = 1,2,....$$
$$3\text{-}[a_{t-J}] = E_t[a_{t-J}] = a_{t-J} = z_{t-J} - \hat{z}_{t-J-1} \quad ,J = 0,1,2,....$$
$$4\text{-}[a_{t+J}] = E_t[a_{t+J}] = 0$$

.....(15)

الجانب التطبيقي

المقدمة :

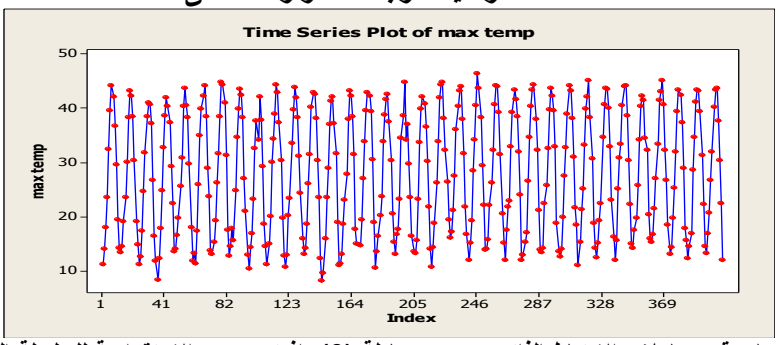
تم تطبيق احد نماذج بوكس- جنكنز والمتمثل بالانموذج الموسمي المضاعف على البيانات التي تمثل المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة في مدينة الموصل للفترة (1980-2012) ولصعوبه الحصول على بيانات للفترتين(2014،2015) بسبب عدم استقرار هذه المدينة في الاونة الاخيرة من ناحية الظروف الامنية لذلك اعتمد الباحث على البيانات لغاية 2012 للتنبؤ بدرجات الحرارة العظمى والصغرى في مدينة الموصل لعام 2013 وبلامكان التنبؤات للاعوام المستقبلية الاخرى.

تكون السلسة الزمنية للمعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى في مدينة الموصل عادةً غير مستقرة وذلك نتيجة لاختلاف الظروف المناخية التي تؤثر على البلاد لذلك يصبح تذبذب واختلاف في معدلات درجات الحرارة وحسب الاشهر خلال السنة وهذا يعني ان درجات الحرارة في فصل الصيف تكون مختلفة عنها في فصل الشتاء .

والشكل البياني (1) يوضح عدم استقرارية السلسلة الزمنية المتمثلة بدرجات الحرارة العظمى .

الشكل (1)

السلسة الزمنية لدرجات الحرارة العظمى



وتم احتساب قيم معاملات الارتباط الذاتي بموجب معادلة (9)، اذ تبين عدم الاستقرارية للسلسلة الزمنية والتي تمثل درجات الحرارة العظمى في مدينة الموصل، و جدول (1) يبين عدم استقرارية السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة العظمى .

الجدول (1)

معاملات الارتباط الذاتي لدرجات الحرارة العظمى

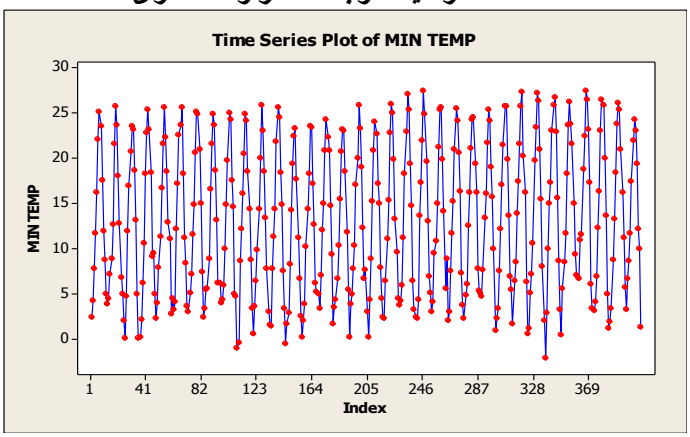
Lag	ACF	Lag	ACF	Lag	ACF
1	0.845801	22	0.462016	43	-0.741825
2	0.481827	23	0.795082	44	-0.427861
3	-0.000725	24	0.914813	45	0.001675
4	-0.475553	25	0.786644	46	0.430490
5	-0.820254	26	0.448685	47	0.744285
6	-0.943129	27	-0.004356	48	0.855346
7	-0.812786	28	-0.450224	49	0.736991
8	-0.467786	29	-0.772781	50	0.423266
9	0.004617	30	-0.887589	51	-0.001773
10	0.475010	31	-0.764021	52	-0.421778
11	0.821343	32	-0.440781	53	-0.726579
12	0.941966	33	0.001735	54	-0.832483
13	0.810330	34	0.444487	55	-0.717350
14	0.460769	35	0.767841	56	-0.412199
15	-0.007706	36	0.884213	57	0.004689
16	-0.466978	37	0.760893	58	0.422325
17	-0.799952	38	0.433368	59	0.724218
18	-0.917382	39	-0.002363	60	0.829890
19	-0.788488	40	-0.435432	61	0.715002
20	-0.450437	41	-0.747417	62	0.407244
21	0.005166	42	-0.859808	63	-0.004517
				64	-0.408182

اما بالنسبة لدرجات الحرارة الصغرى والتي تمثل الساعات الاولى من النهار والساعات الاخيرة من الليل هي الاخرى تكون مختلفة ومتذبذبة وذللك لاختلاف درجات الحرارة حسب الاشهر خلال السنة .

والشكل البياني (2) يوضح عدم استقرارية السلسلة الزمنية المتمثلة بدرجات الحرارة الصغرى .

الشكل (2)

السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى



وتم احتساب قيم معاملات الارتباط الذاتي بموجب معادلة (9)، اذ تبين عدم الاستقرارية للسلسلة الزمنية والتي تمثل درجات الحرارة الصغرى في مدينة الموصل، و جدول (2) يبين عدم استقرارية السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى .

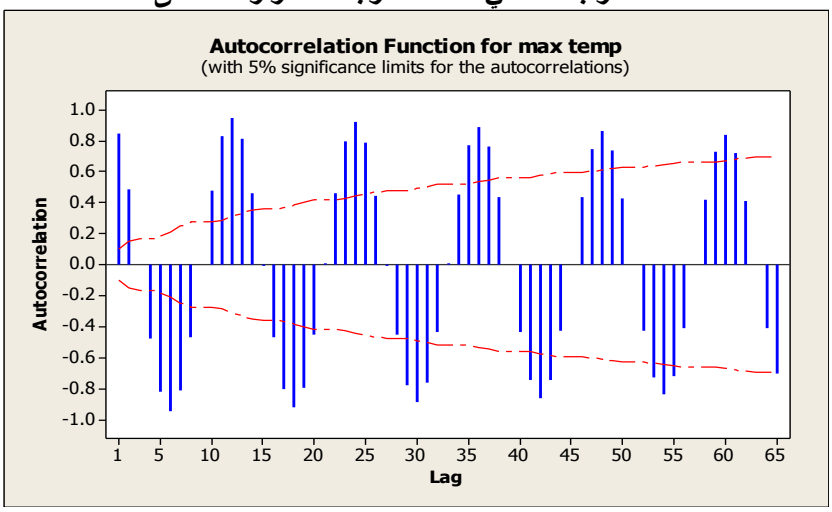
الجدول (2)

معاملات الارتباط الذاتي لدرجات الحرارة الصغرى

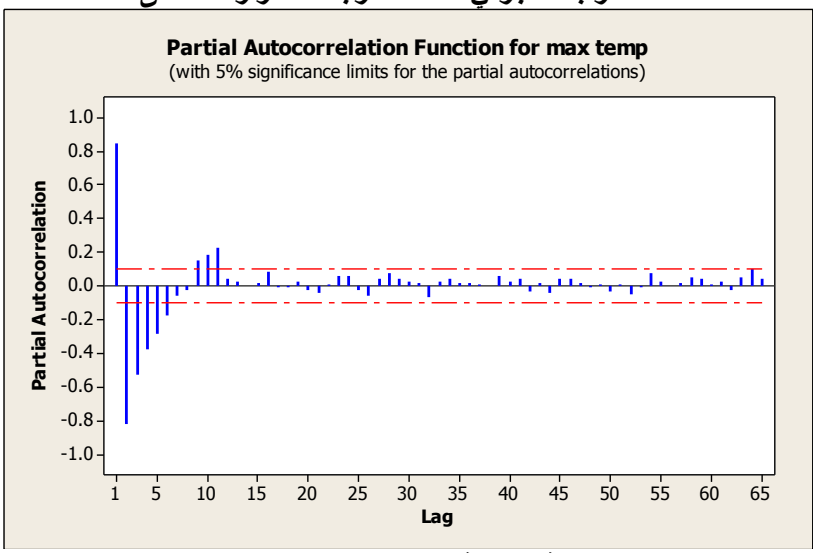
Lag	ACF	Lag	ACF	Lag	ACF
1	0.838671	22	0.457489	43	-0.724062
2	0.475129	23	0.791678	44	-0.416142
3	-0.003923	24	0.914572	45	0.000838
4	-0.471275	25	0.786716	46	0.422809
5	-0.807576	26	0.444053	47	0.737991
6	-0.924142	27	-0.008401	48	0.852231
7	-0.797725	28	-0.448017	49	0.731754
8	-0.460256	29	-0.763133	50	0.416966
9	0.003391	30	-0.868753	51	-0.004569
10	0.472458	31	-0.747440	52	-0.416522
11	0.818360	32	-0.430491	53	-0.712015
12	0.943819	33	0.005610	54	-0.815631
13	0.810063	34	0.444321	55	-0.702643
14	0.461834	35	0.766046	56	-0.405073
15	-0.003619	36	0.881531	57	-0.001060
16	-0.461378	37	0.757734	58	0.410210
17	-0.788212	38	0.426202	59	0.715344
18	-0.902531	39	-0.008078	60	0.824418
19	-0.777568	40	-0.429594	61	0.709138
20	-0.447964	41	-0.732306	62	0.402246
21	0.001876	42	-0.838982	63	-0.008061
				64	-0.405969

وعند رسم السلسلة الزمنية التي تمثل درجات الحرارة العظمى يتضح عدم استقرارية السلسلة عند حساب معامل الارتباط والارتباط الجزئي والشكل (3) يوضح ذلك :

الشكل (3)
دالة الارتباط الذاتي للسلسة درجات الحرارة العظمى

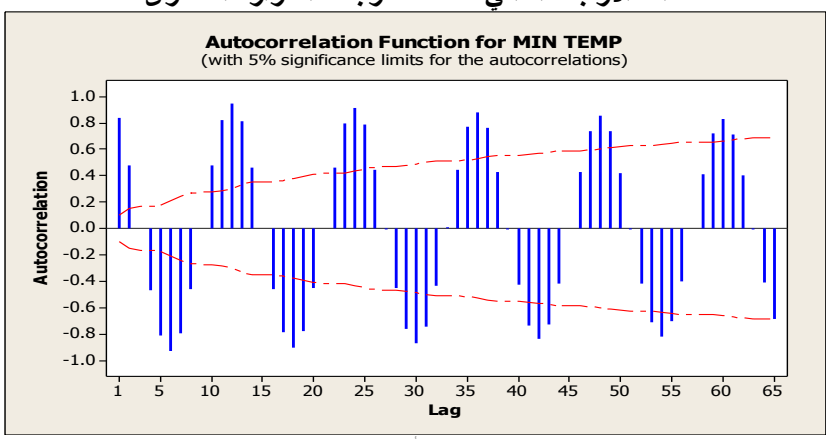


الشكل (4)
دالة الارتباط الجزئي لسلسلة درجات الحرارة العظمى



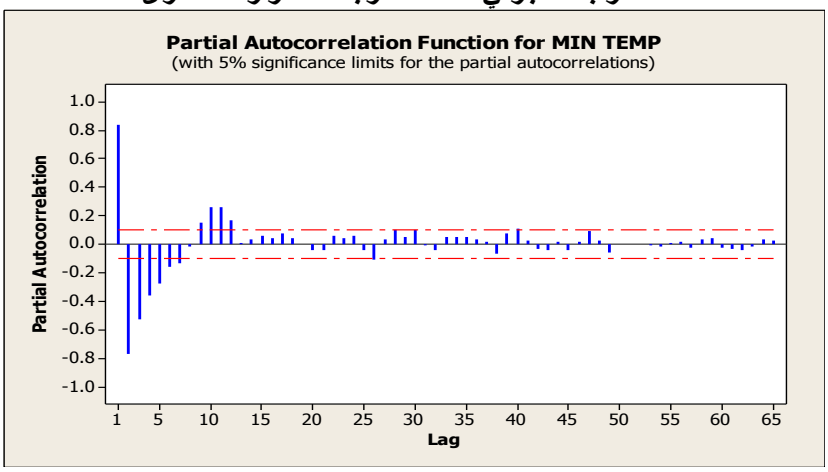
وكما هو الحال عند رسم السلسلة الزمنية التي تمثل درجات الحرارة الصغرى يتضح عد استقرارية السلسلة عند حساب معامل الارتباط والارتباط الجزئي والشكل (5) يوضح ذلك :

الشكل (5)
دالة الارتباط الذاتي لسلسلة درجات الحرارة الصغرى



الشكل (6)

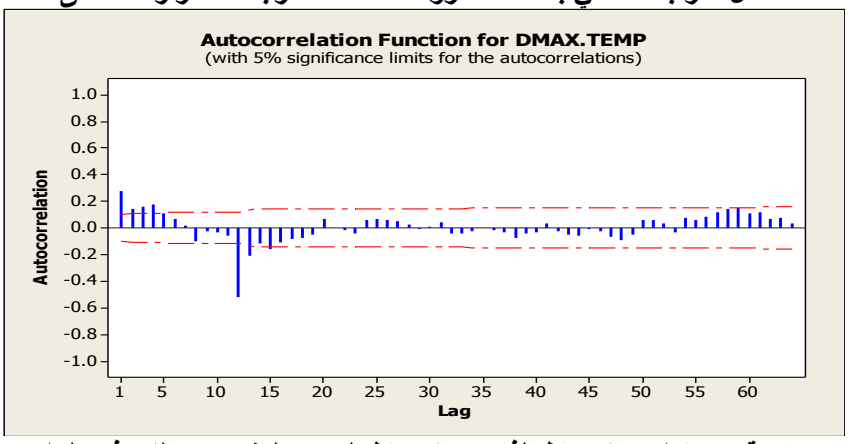
دالة الارتباط الجزئي لسلسلة درجات الحرارة الصغرى



وعند حساب الفروقات للسلسلة الزمنية لدرجات الحرارة العظمى تم تقدير معاملات الارتباط الذاتي لها تبين ان قيم معاملات الارتباط الذاتي في الفترات (12,24,36,.....) لها فروق معنوية تختلف عن الصفر ، وهذا يدل بانها تحتوي على تاثيرات موسمية تعيد نفسها كل (12) شهراً والشكل (7) يوضح معامل الارتباط الذاتي لسلسلة درجات الحرارة العظمى بعد اخذ الفروقات لها .

الشكل (7)

معامل الارتباط الذاتي بعد اخذ الفروقات لسلسلة درجات الحرارة العظمى



وتم استخراج قيم معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي لتشخيص النموذج الملائم، ومن جدول (3) نجد ان قيم معاملات الارتباط الذاتي لها فرق معنوي فقط في الفترة الاولى ، الفترة الثانية عشرة لسلسلة الزمنية والمتمثلة بالدرجات الحرارة العظمى .

الجدول (3)

معاملات الارتباط الذاتي لدرجات الحرارة العظمى بعد اخذ الفروقات

Lag	ACF	Lag	ACF	Lag	ACF
1	0.279828	22	-0.022765	43	-0.049278
2	0.146046	23	-0.045035	44	-0.057355
3	0.158699	24	0.055586	45	-0.009496
4	0.168687	25	0.059081	46	-0.022099
5	0.102786	26	0.046785	47	-0.057346
6	0.074170	27	0.035611	48	-0.087628
7	0.020875	28	0.004490	49	-0.074128
8	-0.101330	29	-0.012738	50	0.050527
9	-0.031377	30	0.001325	51	0.062966
10	-0.036590	31	0.038483	52	0.038517
11	-0.057117	32	-0.040556	53	-0.030864
12	-0.517397	33	-0.036160	54	0.067668
13	-0.205162	34	-0.017947	55	0.057530
14	-0.114942	35	-0.004721	56	0.083457

15	-0.150907	36	-0.010004	57	0.113073
16	-0.097580	37	-0.017639	58	0.134786
17	-0.084545	38	-0.078183	59	0.137003
18	-0.084719	39	-0.031148	60	0.105264
19	-0.056835	40	-0.022753	61	0.126121
20	0.065667	41	0.035142	62	0.075625
21	-0.006524	42	-0.013626	63	0.072995
				64	0.022779

اما عند حساب دالة الارتباط الجزئي للسلسلة الزمنية لدرجات الحرارة العظمى تبين انها تتناقص تدريجياً وجدول (4) يوضح ذلك :

الجدول (4)

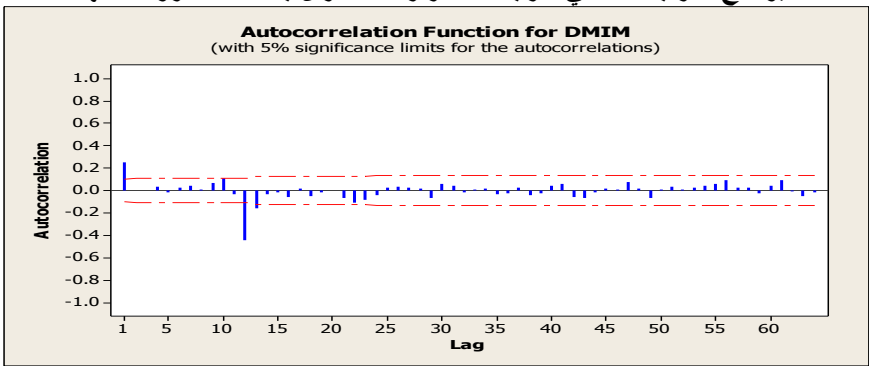
معاملات الارتباط الذاتي الجزئي لدرجات الحرارة العظمى بعد اخذ الفروقات

Lag	PACF	Lag	PACF	Lag	PACF
1	0.279828	22	-0.041156	43	0.025259
2	0.073497	23	-0.030284	44	-0.091587
3	0.109378	24	-0.284348	45	-0.012550
4	0.101152	25	0.053461	46	-0.064797
5	0.017031	26	0.020640	47	-0.080741
6	0.012165	27	-0.065063	48	-0.202556
7	-0.039470	28	0.044249	49	0.012328
8	-0.144678	29	-0.049290	50	0.022455
9	0.005967	30	-0.006034	51	0.069437
10	-0.025292	31	0.050123	52	0.011377
11	-0.019534	32	-0.008976	53	0.015094
12	-0.526211	33	-0.016633	54	0.065873
13	0.076529	34	-0.033147	55	0.016024
14	0.007858	35	-0.017948	56	-0.054798
15	-0.012936	36	-0.166488	57	0.088607
16	0.074535	37	0.029897	58	0.070325
17	0.014351	38	-0.076157	59	-0.008426
18	0.015782	39	-0.033324	60	-0.196789
19	0.007953	40	0.005655	61	-0.006515
20	0.003993	41	0.034356	62	0.038035
21	-0.005227	42	-0.069131	63	0.131563
				64	-0.030784

اما بالنسبة لسلسلة درجات الحرارة الصغرى ايضا تم حساب الفروقات للسلسلة الزمنية وتم تقدير معاملات الارتباط الذاتي لها تبين ان قيم معاملات الارتباط الذاتي في الفترات (12,24,36,.....) لها فروق معنوية تختلف عن الصفر ، وهذا يدل بانها تحتوي على تاثيرات موسمية تعيد نفسها كل (12) شهراً والشكل (8) يوضح معامل الارتباط الذاتي لسلسلة درجات الحرارة الصغرى بعد اخذ الفروقات لها .

الشكل (8)

يوضح الارتباط الذاتي لدرجات الحرارة الصغرى بعد اخذ الفروقات لها



وتم استخراج قيم معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي لتشخيص النموذج الملائم، ومن جدول (5) نجد ان قيم معاملات الارتباط الذاتي لها فرق معنوي فقط في الفترة الاولى ، الفترة الثانية عشرة لسلسلة الزمنية والمتمثلة بالدرجات الحرارة الصغرى .

الجدول (5)

معاملات الارتباط الذاتي لدرجات الحرارة الصغرى بعد اخذ الفروقات

Lag	ACF	Lag	ACF	Lag	ACF
1	0.249989	22	-0.106760	43	-0.067919
2	0.001455	23	-0.084442	44	-0.016900
3	-0.002551	24	-0.040627	45	0.020309
4	0.033158	25	0.024745	46	0.010539
5	-0.019443	26	0.036650	47	0.074163
6	0.026231	27	0.024733	48	0.016108
7	0.038174	28	0.016284	49	-0.065350
8	0.007398	29	-0.065629	50	0.010575
9	0.063958	30	0.060731	51	0.034274
10	0.108281	31	0.040276	52	0.009696
11	-0.030319	32	-0.020773	53	0.026922
12	-0.444605	33	0.007448	54	0.044465
13	-0.158533	34	0.014714	55	0.061342
14	-0.037336	35	-0.031658	56	0.093833
15	-0.018686	36	-0.026684	57	0.022824
16	-0.059851	37	0.026176	58	0.028451
17	0.016413	38	-0.041724	59	-0.021425
18	-0.048379	39	-0.026658	60	0.037923
19	-0.019404	40	0.039086	61	0.088643
20	-0.000968	41	0.055974	62	-0.007574
21	-0.070908	42	-0.056797	63	-0.047874
				64	-0.015100

اما عند حساب دالة الارتباط الجزئي للسلسلة الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى تبين انها تتناقص تدريجياً وجدول (6) يوضح ذلك :

الجدول (6)

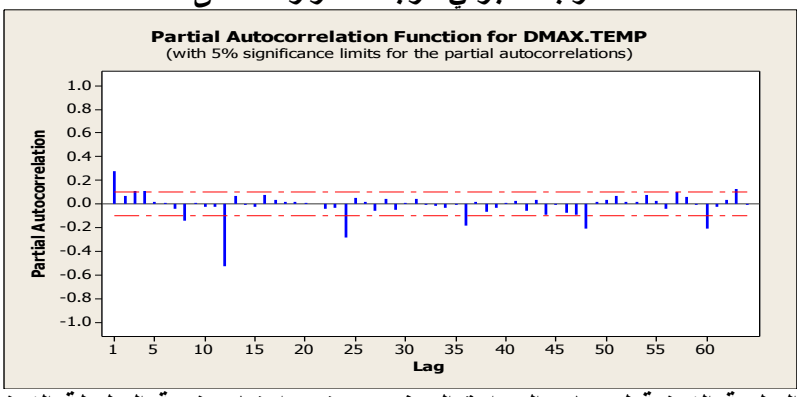
معاملات الارتباط الذاتي الجزئي لدرجات الحرارة الصغرى بعد اخذ الفروقات

Lag	PACF	Lag	PACF	Lag	PACF
1	0.249989	22	0.013624	43	-0.010612
2	-0.065108	23	-0.070291	44	-0.038061
3	0.014288	24	-0.270904	45	0.035895
4	0.032537	25	0.083460	46	-0.000579
5	-0.039254	26	0.013250	47	-0.025398
6	0.046624	27	0.015822	48	-0.187397
7	0.019603	28	-0.035360	49	0.027771
8	-0.008268	29	-0.064059	50	-0.020743
9	0.074533	30	0.091889	51	0.041590
10	0.075124	31	0.039195	52	0.058223
11	-0.080838	32	-0.040185	53	0.031503
12	-0.446443	33	-0.006739	54	0.024817
13	0.067132	34	-0.023467	55	0.029480
14	-0.033818	35	-0.114900	56	0.049371
15	-0.001906	36	-0.213847	57	-0.009764
16	-0.041924	37	0.104263	58	0.028075
17	0.023719	38	-0.047457	59	-0.026165
18	-0.043054	39	0.022751	60	-0.087452
19	0.026243	40	0.020262	61	0.089619
20	-0.004694	41	-0.045670	62	-0.110805
21	-0.033886	42	0.011599	63	0.000721
				64	0.046144

وعند رسم السلسة الزمنية لدرجات الحرارة العظمى يتضح معنوية السلسلة الزمنية في الحالة الاولى والثاني عشر والشكل (9) يوضح ذلك :

الشكل (9)

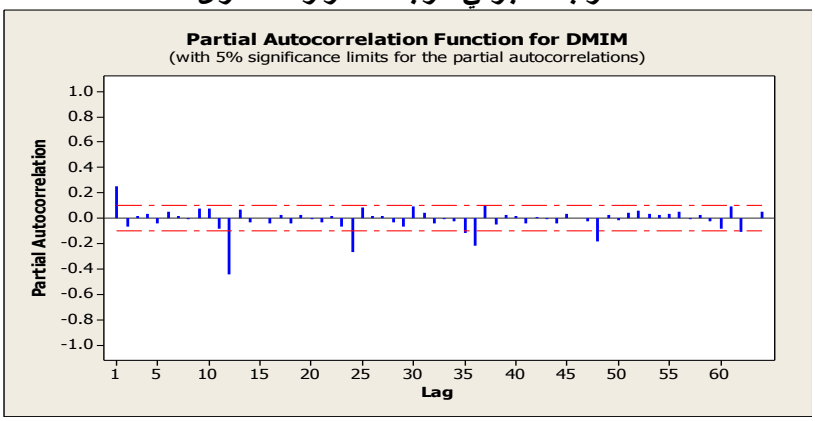
الارتباط الجزئي لدرجات الحرارة العظمى



اما عند رسم السلسة الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى يتضح ايضا معنوية السلسلة الزمنية في الحالة الاولى والثاني عشر والشكل (10) يوضح ذلك :

الشكل (10)

الارتباط الجزئي لدرجات الحرارة الصغرى



ومن المؤشريين اعلاه نستنتج ان النموذج المقترح هو النموذج الموسمي المضاعف من الدرجة $(0,1,1)\times(0,1,1)_{12}$ والذي يمكن اعادة كتابته بحسب الصيغة الاتية :

$$\nabla^1 \nabla^{12} Z_t = (1-\theta B)\theta(1-\theta_{12}B^{12})a$$

أو يمكن توضيحه بالصيغة الاتية :

$$Z_t = Z_{t-1} + Z_{t-13} - Z_{t-13} + a_t - \theta\, a_{t-1} - \theta_{12} a_{t-12} + \theta_{12}\, a_{t-13}$$

وتم استخدام طريقة الامكان الاعظم والتي تجعل مجموع مربعات الخطأ اقل ما يمكن لتقدير معلمات الانموذج لسلسلة درجات الحرارة العظمى وكانت النتائج كالاتي :

$$\widehat{\theta} = 0.5 \quad , \quad \widehat{\theta}_{12} = 0.9432$$
$$SSE = 1154.80 \quad , \quad MSE = 3.03$$

وبهذا يكون الانموذج الموسمي المضاعف المقدر لتمثيل السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة العظمى بالشكل الاتي :

$$Z_t = Z_{t-1} + Z_{t-12} - Z_{t-13} + a_t - 0.5\, a_{t-1} - 0.94\, a_{t-12} + 0.45\, a_{t-13}$$

اما المعلمات المقدرة للانموذج الذي يمثل درجات الحرارة الصغرى والذي تم الحصول عليها باستخدام طريقة الامكان الاعظم كانت كالاتي :

$$\widehat{\theta} = 0.5 \quad , \quad \widehat{\theta}_{12} = 0.9455$$
$$SSE = 829.689 \quad , \quad MSE = 2.178$$

وبهذا يكون الانموذج الموسمي المضاعف المقدر لتمثيل السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى بالشكل الاتي :

$$Z_t = Z_{t-1} + Z_{t-12} - Z_{t-13} + a_t - 0.5\, a_{t-1} - 0.94\, a_{t-12} + 0.45\, a_{t-13}$$

وتم حساب معنوية الانموذج الموسمي المضاعف المقترح الامثل للتنبوء باستخدام اختبار كاي سكوير (Chi-Square) لدرجات الحرارة العظمى وبمقارنة القيم (0.151) و (0.244) مع قيمة (p-value) تم رفض الفرضية الاتية :

$H: \rho = 0$

وهذا يدل على ان الانموذج الموسمي المضاعف المقترح هو النموذج الامثل وملائم للبيانات ويمكن تطبيقه للتنبوء لدرجات الحرارة العظمى لسنة 2013 .

وكما هو الحال لاختبار معنويه الانموذج المقترح لدرجات الحرارة الصغرى تم تطبيق ايضا اختبار (Chi-Square) بمقارنة القيم (0.770 , 0.743) مع قيم (p-value) تم رفض الفرضية وهذا يعني ملائمة الانموذج المقترح الامثل للبيانات الامثل ويمكن التنبؤ به لدرجات الحرارة الصغرى لسنة 2013 .

والتاكد من صحة وكفاءة بيانات السلسلة الزمنية تم حساب معاملات الارتباط الذاتي للبواقي وحسب معادلة (13) ، للسلسلة الزمنية والمتمثلة بالدرجات الحرارة العظمى وجدول (7) يوضح ذلك :

الجدول (7)

معاملات الارتباط الذاتي للاخطاء لدرجات الحرارة العظمى

Lag	ACF	Lag	ACF	Lag	ACF
1	0.022019	22	-0.018610	43	-0.007616
2	0.106129	23	-0.037423	44	-0.071355
3	0.072412	24	-0.006083	45	0.012592
4	0.128235	25	0.004948	46	0.023050
5	0.086179	26	-0.011184	47	-0.038315
6	0.078469	27	0.008651	48	-0.098469
7	0.074126	28	-0.007384	49	-0.044061
8	-0.037447	29	-0.016349	50	0.074377
9	0.041344	30	-0.018442	51	0.059744
10	-0.019143	31	0.046224	52	0.037783
11	0.093024	32	-0.058179	53	-0.043718
12	-0.082260	33	-0.033051	54	0.047001
13	-0.044064	34	-0.018479	55	0.009773
14	-0.034724	35	-0.030280	56	0.033062
15	-0.093820	36	-0.064491	57	0.042154
16	-0.012925	37	-0.011441	58	0.083436
17	-0.027833	38	-0.051649	59	0.060110
18	-0.030740	39	0.033167	60	-0.002565
19	-0.010644	40	-0.026965	61	0.063688
20	0.051964	41	0.024488	62	0.062443
21	-0.032820	42	-0.017821	63	0.018325
				64	0.011036

وتم حساب معاملات الارتباط الذاتي للبواقي وحسب معادلة (13) ، للسلسلة الزمنية والمتمثلة بالدرجات الحرارة الصغرى لتأكد من ملائمة البيانات للنموذج وجدول (8) يوضح ذلك :

الجدول (8)

معاملات الارتباط الذاتي للاخطاء لدرجات الحرارة الصغرى

Lag	ACF	Lag	ACF	Lag	ACF
1	0.011629	22	-0.006974	43	0.003631
2	0.076424	23	-0.008875	44	0.017710
3	0.003166	24	-0.008216	45	0.011805
4	0.041763	25	0.088373	46	0.008137
5	0.004800	26	0.030368	47	0.081387
6	0.070055	27	0.019841	48	-0.010241
7	0.037166	28	0.070150	49	0.004047
8	0.006972	29	-0.045103	50	0.010843
9	0.026157	30	0.094853	51	0.006993

10	0.107744	31	0.044439	52	0.021755
11	0.057213	32	-0.004825	53	0.040767
12	0.038989	33	0.010038	54	0.023062
13	0.009116	34	0.036404	55	0.040978
14	0.025691	35	0.027401	56	0.063080
15	0.028193	36	-0.030257	57	-0.038076
16	-0.021179	37	0.090609	58	0.047784
17	0.024182	38	-0.029011	59	0.020126
18	0.023611	39	-0.022591	60	-0.016525
19	0.035988	40	0.061487	61	0.053448
20	0.013595	41	0.058170	62	-0.006865
21	-0.037754	42	0.000561	63	-0.036562
				64	-0.008506

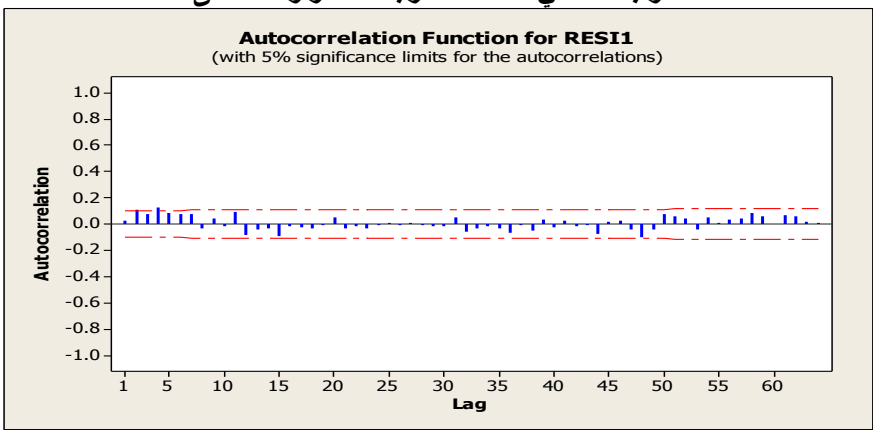
وباستخراج الارتباط الذاتي للاخطاء لسلسلة درجات الحرارة العظمى والصغرى تبين ان السلسلة مستقرة وواقعة ضمن الفترة المحددة والمعرفة بالصيغة الاتية :

$$(-\frac{1.96}{\sqrt{n}} \leq \hat{r}_{\hat{a}t} \leq \frac{1.96}{\sqrt{n}})$$

والشكل (11) يوضح استقرارية السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة العظمى بعد احتساب معامل الارتباط الذاتي للاخطاء للسلسلة .

الشكل (11)

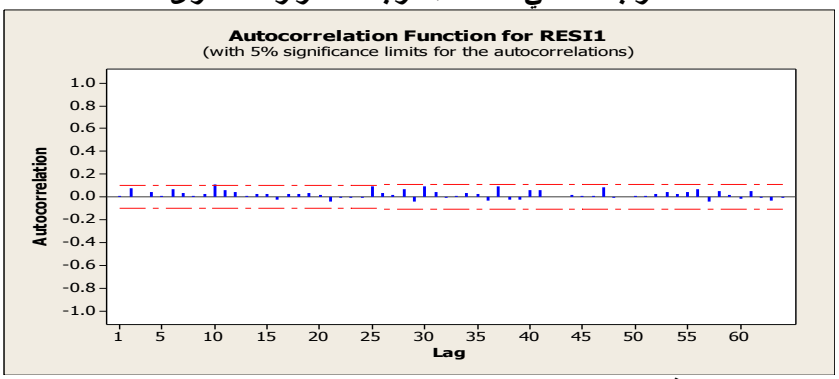
الارتباط الذاتي للاخطاء لدرجات الحرارة العظمى



اما الشكل (12) يوضح استقرارية السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى بعد احتساب معامل الارتباط الذاتي للاخطاء للسلسلة .

الشكل (12)

الارتباط الذاتي للاخطاء لدرجات الحرارة الصغرى



وباستخدام الانموذج المضاعف الموسمي الامثل تم الحصول على القيم التنبؤية للمعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى في مدينة الموصل للعام 2013 ، والجدول(9) يبين القيم التنبؤية لسلسلة درجات الحرارة العظمى لعام 2013.

الجدول(9)

يبين القيم التنبؤية لعام 2013 لدرجات الحرارة العظمى

الشهر	القيم التنبؤية
Jan.	12.5656
Feb.	15.8759
Mar.	20.2918
Apr.	26.7296
May.	33.9621
Jun.	40.6503
Jul.	43.9704
Aug.	43.5675
Sep.	39.0547
Oct.	31.6433
Nov.	22.1623
Dec.	15.5006

والجدول(10) يبين القيم التنبؤية لسلسلة درجات الحرارة الصغرى لعام 2013 .

الجدول(10)

يبين القيم التنبؤية لعام 2013 لدرجات الحرارة الصغرى

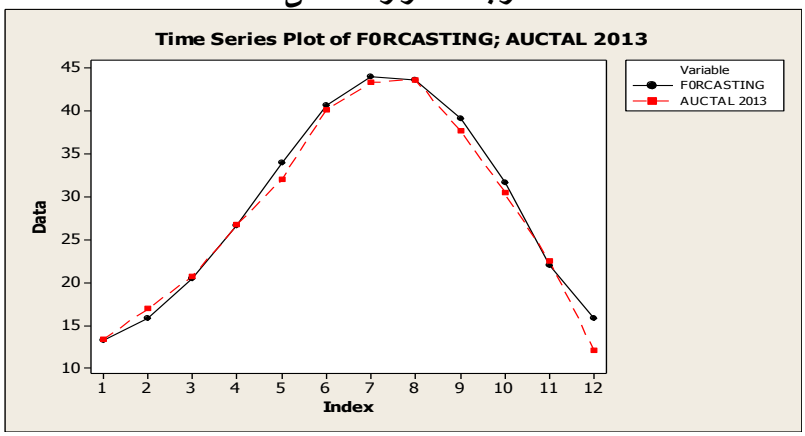
الشهر	القيم التنبؤية
Jan.	2.0452
Feb.	4.7079
Mar.	8.1108
Apr.	12.4374
May.	17.4280
Jun.	22.5887
Jul.	26.2139
Aug.	25.3740
Sep.	20.5728
Oct.	15.0504
Nov.	8.5162
Dec.	4.3419

ومن خلال رسم السلسلتين المقدرة والمتنبأ بها يتضح تقريبا ان المنحنيات متقاربة ، وهذا يعني ان النموذج المقترح امثل ARIMA(0,1,1)(0,1,1) وهو الانموذج الملائم للبيانات ويصلح للتنبوء للعام المستقبلي 2013 للمعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى .

وشكل (13) يوضح السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة العظمى ووللقيم المقدرة والمتنبأ بها .

الشكل (13)

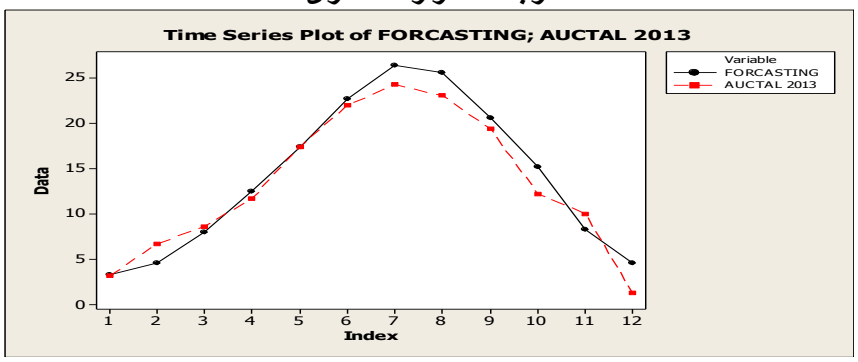
درجات الحرارة العظمى



اما الشكل (14) يوضح السلسلة الزمنية لدرجات الحرارة الصغرى للقيم المقدرة والمتنبأ بها .

الشكل (14)

درجات الحرارة الصغرى



اولاً:- الاستنتاجات

1-ان درجات الحرارة العظمى والصغرى في مدينة الموصل تؤلف سلسلة زمنية غير مستقرة، وذلك من خلال قيم معاملات الارتباط الذاتي .

2-من خلال قيم معاملات الارتباط الذاتي للدرجات الحرارة فانها تؤلف سلسلة زمنية موسمية، اي انها تعيد نفسها كل (12) شهراً .

3- ان درجات الحرارة العظمى والصغرى في مدينة الموصل تتبع النموذج الموسمي المضاعف من الدرجة ARIMA $(0,1,1)\times(0,1,1)_{12}$، وقد اعطى تقديرات جيدة وقريبة من الواقع الفعلي.

ثانياً:- التوصيات

1- ان تقوم الجهات المختصة ذات العلاقة بتطبيق الانموذج الافضل في التنبؤ بدرجات الحرارة العظمى والصغرى في مدينة الموصل .

2-استخدام طريقة مناظرة في التحليل الاحصائي المقترح للتنبوء بدرجات الحرارة وفي مناطق العراق المختلفة .

3-اجراء دراسة للتبوء بدرجات الحرارة باستخدام نموذج متعدد المتغيرات .

المصادر

1-حميد، فاطمة عبد الرحمن،(2013)، "استخدام نماذج تحليل التدخل في سلسلة انتاج النفط الخام في العراق" ، رسالة ماجستير /الجامعة المستنصرية .

2-زين العابدين، رياض مرتضى، بثينة عبد الجادر، " تطبيق احد نماذج بوكس – جنكيز للسلاسل الزمنية للتنبؤ بدرجات الحرارة في مدينة الموصل" ، عام 1985، مجلة تنمية الرافدين، المجلة 7، العدد 15 .

3-عبد الجادر، بثينة،(1982)، " استخدام النموذج ARIMA $(0,1,1)\times(0,1,1)_{12}$ للتنبؤ بكميات الامطار الساقطة في المناطق الاتية بغداد، كركوك، خانقين" ، رسالة ماجستير/جامعة بغداد .

4-والتر فاندال، (1992)، " السلاسل الزمنية من الجهة التطبيقية ونماذج بوكس-جنكنز" ، كتاب مترجم . تعريب ومراجعة د.عبد المرضي حامد عزام، د.احمد حسين هارون، دار المريخ للنشر، المملكة العربية السعودية .

5-Box, G.L.P., and Jenkins, G.M.,(1979)," Time Series analysis Forecasting and Control" , Sanfransisew, Holdenday .

6-Chang,Xinghua, Meng,Gao,Yan wang and Xiyong Hou ,(2012), "Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average Model For Precipitation Time Series",Journal of Mathematics and Statistics, 8(4), p.500-505 .

7-Huang Wenjie and Gaohougxing,(1980), " ARIM A seasonal of Time Series and Its Application to long Range Weather Forecasting" , WMO Symposivm on Probabilistic and Statistical Methods in Weather Forecasting , p. 281- 285 .

8-Nelson, G.R.,(1979), " Applied Time Series Analysis FOR Managerial Forecasting" , Holden-Day, INC .

9-R.Harris, R. Sollis,(2003), "Applied Time Series Modelling and Forecosting", John Wiley & Sons, England, .

10-Willian W.S. Wei, (2006), " Time Series Analysis Univarate and Multivariate Methods" .

11-Wang,J.,Y.H. Du and X.T. Zhang, (2008), " Theory and Application with Seasonal Time Series" , 1 St Edn.,Nankai University Press, Chinese .

12-Wang, Y., (2008), " Applied Time Series Analysis", 1 St Edn.,China Renmin University Press, Beijing

الملاحـــق

جدول (1)

المعدلات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى في مدينة الموصل

					Mean Max. temp(˚c)							
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1980	11.3	14.0	18.1	23.5	32.4	39.6	44.2	42.0	36.7	29.6	19.5	14.2
1981	13.4	14.6	19.1	23.6	30.1	38.3	43.1	42.2	38.4	30.6	19.1	14.9
1982	11.3	12.6	17.4	24.6	31.8	38.5	41.0	40.6	37.2	26.8	16.4	11.9
1983	8.4	12.3	17.9	24.8	32.8	38.6	41.9	40.3	37.3	29.3	22.4	13.6
1984	14.1	16.6	19.7	25.6	30.9	40.3	43.7	40.5	38.8	29.7	18.1	11.9
1985	13.3	11.4	17.4	26.0	34.9	39.9	42.3	44.2	38.4	29.0	23.8	13.7
1986	13.2	15.3	19.3	26.2	31.6	38.5	44.8	44.3	41.0	31.3	17.6	12.8
1987	14.5	17.9	15.6	24.8	34.7	39.9	43.5	42.4	38.3	27.0	21.1	12.9
1988	10.5	14.4	16.9	23.3	32.5	37.7	34.2	42.0	37.8	29.2	18.7	14.6
1989	11.2	15.0	20.1	30.0	34.3	38.9	44.3	42.8	37.3	30.4	19.7	12.8
1990	10.7	13.0	20.3	23.4	33.6	39.7	43.8	41.9	38.3	31.2	24.4	15.9
1991	13.1	14.2	18.6	26.1	31.5	40.1	42.9	42.5	38.1	30.4	23.5	12.4
1992	8.3	9.7	16.0	23.6	29.0	37.0	41.2	42.1	37.2	31.6	19.0	11.1
1993	11.4	13.1	18.6	23.1	27.9	37.9	43.2	42.3	38.5	31.5	17.7	15.1
1994	14.9	14.7	19.5	27.1	33.8	39.6	42.9	42.3	39.3	30.6	19.0	10.6
1995	13.6	16.5	20.2	23.7	33.9	38.7	41.6	42.6	37.5	30.3	20.5	15.3
1996	13.1	16.7	17.7	23.3	34.5	38.6	44.8	43.1	37.0	29.8	23.5	16.4
1997	13.6	13.3	15.6	23.3	33.7	39.8	42.1	40.8	36.5	30.2	21.9	14.1
1998	10.8	14.4	18.9	26.2	33.8	41.9	44.3	44.8	38.1	32.3	26.4	19.5
1999	16.1	17.3	21.2	27.5	36.1	40.4	43.2	43.9	38.0	31.7	21.8	16.8
2000	12.0	15.2	19.3	28.5	34.1	40.5	46.4	43.6	38.2	29.4	22.2	13.9
2001	14.1	15.8	22.2	26.2	32.3	40.6	44.1	44.0	39.2	31.4	20.6	15.2
2002	12.1	17.5	21.9	22.9	32.6	39.2	43.3	41.6	38.5	32.0	24.1	12.1
2003	13.03	15.43	17.1	26.52	34.7	40.4	43.3	44.3	37.9	32.3	21.2	13.9
2004	13.5	14.2	22.4	25.8	32.5	39.7	43.6	42.3	39.6	32.9	18.9	13.6
2005	12.6	14.0	20.0	27.5	32.7	38.9	44.1	43.2	38.1	31.0	21.6	18.5
2006	11.1	15.3	21.4	25.2	33.2	39.8	42.1	45.1	38.2	30.7	18.9	14.3
2007	12.5	15.2	19.3	22.4	34.7	40.6	43.7	43.5	40.0	32.9	23.1	16.3
2008	12.0	15.6	25.2	30.9	33.3	40.5	44.0	44.2	38.6	30.4	22.3	15.0
2009	14.3	17.5	19.7	25.8	34.2	40.3	42.2	41.4	34.4	32.3	20.4	16.0
2010	15.4	16.7	21.5	27.0	33.4	41.4	43.0	45.0	40.7	32.2	26.7	18.5
2011	13.2	14.4	19.8	25.3	31.9	39.3	43.4	42.4	37.3	29.0	17.9	15.6
2012	12.4	14.5	16.9	28.6	34.6	41.1	43.4	43.1	39.3	31.3	22.3	14.5

جدول (2)

المعدلات الشهريةدرجات الحرارة الصغرى في مدينة الموصل

STATION:- Mosul					Mean Min. temp (˚c)							
Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
1980	2.4	4.2	7.8	11.7	16.2	22.1	25.1	23.5	17.5	11.9	8.7	4.9
1981	3.8	4.5	7.1	8.9	12.6	21.5	25.7	23.6	18.0	12.7	6.8	5.0
1982	2.0	0.1	4.7	11.9	16.9	20.7	23.5	23.1	18.6	13.1	4.9	0.1
1983	0.2	2.1	6.2	10.6	18.2	22.8	25.3	23.2	18.4	9.1	9.5	4.9
1984	2.2	4.0	7.9	11.3	16.7	21.6	25.6	22.3	18.5	12.9	11.0	2.8
1985	4.5	3.2	4.1	12.1	17.2	22.5	23.6	25.6	18.3	11.2	8.3	3.6
1986	3.0	5.1	7.2	11.5	14.8	20.6	25.1	24.8	21.0	14.9	7.4	2.4
1987	3.3	5.4	5.5	8.8	16.5	21.6	24.8	23.6	18.6	13.1	6.2	6.2
1988	4.0	4.3	5.9	10.0	14.8	19.7	25.0	24.3	17.5	14.6	4.9	4.7
1989	-1.0	-0.4	8.6	12.2	16.1	20.5	24.9	24.1	18.5	14.4	8.7	3.3
1990	0.5	3.6	6.4	9.8	14.4	20.0	25.8	23.0	18.5	13.4	7.8	3.0
1991	1.5	1.4	7.7	11.3	14.4	21.8	25.6	24.5	18.4	14.8	7.5	3.4
1992	-0.5	1.6	2.9	8.2	14.2	19.4	22.4	23.3	17.7	11.2	6.7	2.5
1993	0.2	2.0	3.8	10.2	14.3	18.2	23.5	23.4	17.1	12.6	6.2	5.2
1994	4.9	3.3	7.0	12.0	15.0	20.8	24.3	22.3	20.8	14.7	9.3	1.7
1995	3.5	4.3	6.7	10.3	15.5	20.7	23.2	23.0	18.5	11.8	5.4	0.2
1996	3.9	4.9	7.8	10.3	17.0	20.0	25.8	23.3	19.0	12.3	6.6	7.6
1997	3.0	0.2	4.3	8.9	15.2	20.8	24.0	22.7	17.1	15.0	7.9	4.4
1998	2.4	2.3	6.4	11.0	15.3	22.8	26.0	25.0	19.8	13.3	9.6	4.5
1999	3.7	4.2	5.9	11.2	18.2	22.9	27.0	25.3	19.4	14.7	6.4	3.2
2000	2.4	2.3	4.3	13.6	17.3	21.9	27.4	24.8	19.6	13.0	6.9	5.1
2001	3.0	4.1	9.5	10.8	15.0	21.2	25.3	25.6	19.9	14.1	5.6	8.8
2002	2.0	3.0	7.5	11.7	15.2	20.9	25.5	24.1	20.6	16.3	7.3	3.7
2003	2.33	4.88	6.1	12.52	16.2	21.1	24.2	24.5	19.4	16.2	7.8	5.3
2004	5.1	4.7	7.6	13.4	16.1	21.7	25.3	24.1	19.0	15.7	9.9	0.9
2005	2.2	3.3	7.5	12.1	17.0	21.4	25.7	25.7	19.8	13.6	6.9	5.4
2006	1.6	6.4	8.5	13.8	17.4	21.6	25.7	27.3	20.2	16.2	6.3	0.5
2007	1.1	5.1	7.2	10.6	19.7	23.4	27.2	26.3	21.0	15.5	8.0	2.0
2008	-2.2	2.9	9.9	14.9	17.3	23.0	25.8	26.7	22.9	15.6	8.6	3.2
2009	0.4	5.6	8.5	11.7	18.2	23.6	26.2	23.7	21.6	15.0	9.3	7.0
2010	6.9	6.7	10.9	11.5	18.7	22.4	27.4	26.5	23.1	17.3	6.1	3.3
2011	3.1	4.1	6.9	12.3	16.3	23.0	26.4	25.8	20.0	13.6	4.9	1.2
2012	1.9	3.3	8.7	13.2	18.4	23.7	26.1	25.3	20.9	16.2	11.2	5.7

.....

.....