المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (19) 2011
ص ص [71– 100]

# دراسة مقارنة كفاءة عدد من معايير المعلومات في اختيار نماذج السلاسل الزمنية من الرتب الدنيا

ظافر رمضان مطر* نجلاء خالد**

---

**الملخص:**

إن هذا البحث تناول عرضاً لعدد من معـايير المعلومـات التـي تـساعد الباحثين على اختيار النموذج والرتبة المناسبة لتمثل ظاهرة السلسلة الزمنية مثـل AICوBIC و$AIC_c$ وغيرها، إلى جانب ذلك تم تقديم معيار مقترح هـو $NAIC_c$ وذلك بالاعتماد على المزاوجة بين معيارين من المعايير المطروحة. تـم اسـتخدام أسلوبين لمقارنة كفاءة المعايير إلى جانب المعيار المقترح في اختيارهـا للنمـوذج الصحيح ،الأسلوب الأول باستخدام المحاكاة من خلال توليد بيانات لنماذج سلاسـل زمنية من الرتب الدنيا وبأحجام عينات مختلفة والثاني تطبيق على بيانات واقعيـة بأخذ بيانات المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى لمحافظـة نينـوى للفتـرة 1980-2006 وان أهم ما تم التوصل إليه هو تفوق المعيار المقترح$NAIC_c$ فـي اختيار النموذج الأفضل وتحديد رتبته وخاصة لأحجام العينات المتوسطة والكبيرة أسوة بمعيارBIC. عند التطبيق على البيـانات الواقعية فقد نجح المعيـار المقترح إضافة لمعيـارBIC فقط في تشخيـص النموذج المناسب.

# Comparison of some information criteria performance for selecting time series models in lower orders

## Abstract

In this research we display some information criteria for time series like AIC,BIC,AICc and others. Beside that a

---

* استاذ/ قسم الإحصاء والمعلوماتية/ كلية علوم الحاسبات والرياضيات/ جامعة الموصل
** طالبة ماجستير

تاريخ التسلم :12 /4 /2010 ـــــــ تاريخ القبول : 22/ 7 /2010

proposal criteria is NAICc , two methods have been used for comparison of performance criteria by simulated and real data and we got encouraging results.

## 1.مقدمة:- Introduction

تستخدم النمذجة الإحصائية لفهم الظاهرة مع وجود عدم المؤكدية لتحديد تركيب النظم المعقدة وكذلك للسيطرة على مثل هذه النظم فضلا عن عمل تنبؤات يعول عليها في حقول العلم المختلفة.إن هدف التحليل الإحصائي هو التعبير عن المعلومة المحتواة في بيانات الظاهرة والنظام تحت الدراسة ،ويمكن التعبير عن هذه المعلومة بصيغة قابلة للفهم باستخدام النموذج الإحصائي ويسمح هذا النموذج باستدلالات تعمل حول المظاهر غير المعروفة للظاهرة العشوائية ولإظهار العلاقات السببية،وعملياً فان اختيار النموذج وتقييمه من القضايا المركزية والمظهر الحاسم هو اختيار النموذج الأكثر ملاءمة من بين مجموعة النماذج المرشحة.(Konishi and Kitagawa,2008). لذا فقد تصدى العديد من الباحثين ومنذ وقت مبكر لتقديم أسلوب أو آلية تساعد الباحثين في نمذجة السلاسل الزمنية على اختيار الرتبة المناسبة لعملية السلسلة، إذ يترتب على اختيار الرتبة المناسبة وصف ديناميكية العملية على نحو صحيح ومن ثم جودة النموذج ، ومن جانب آخر إمكانية استخدام هذا النموذج للحصول على تكهنات حول عملية السلسلة في المستقبل ولهذا طورت العديد من التقنيات لاختيار وتحديد رتبة نماذج السلاسل الزمنية ARIMA وكان أولها ظهور احد مقاييس التباعد (Measures of Divergence) المعروفة وهو مقياس كولباك-ليبلر (Kullback and Leibler) في عام 1951 وقد كان هذا المقياس من الأسس التي بنى عليها الباحث الياباني اكاكي Akaike المعيار المعروف باسمه (معيار اكاكي للمعلومات) الذي يعرف اختصاراً (AIC) والذي استخدم ومازال من قبل الباحثين لاختيار رتبة النموذج المناسب لعملية السلسلة ولكن ظهور بعض العيوب في معيار اكاكي دفع هذا الباحث الى تقديم معيار جديد سمي معيار بيز للمعلومات (BIC) وهكذا سعى العديد من الباحثين الآخرين لاقتراح معايير أخرى تساعد في اختيار الرتبة المناسبة على تنوع ظواهر السلاسل الزمنية .

## 2.هدف البحث:- Objective of Research

يهدف البحث إلى التعامل مع مسالة تحديد النموذج الملائم لظاهرة الدراسة واختيار الرتبة المناسبة لهذا النموذج من خلال اقتراح معيار معـين للمعلومـات وإجراء مقارنة بين كفاءة بعض معايير المعلومات الإحصائية فضلا عن المعيـار المقترح في اختيارها للنموذج الصحيح والرتبة المناسبة اعتمـادا علـى أسـلوب المحاكاة فضلا عن بيانات حقيقية .

## 3.فلسفة معايير المعلومات وغايتها :-

في عـام 1973 بـدا البـاحث اكاكي Akaike بالبحث عن تقنيـات اختيـار النمـوذج الآليـة وقـام بتـطـوير معيـار للمعلومـات An Information Criterion، (Anderson and Burnham,2002) والمعـروف الآن باسمهAkaike Information Criterion (AIC) والـذي يعد إسهاما مهما في النمذجة الإحصائية ، وتعرف إجراءات اكـاكي هـذه الآن بنظرية المعلومات وذلك بسبـب اعتمادها على احد مقاييس الانحـراف المعروفـة وهـو مقيـاس كـولباك- ليبلر(Kullback and Leibler,1951) وبعد العمل الرائد لـ اكـاكي اقترح الباحثون عددا من المعايير التي تعرف الآن بمعايير المعلومـات ، لانتقـاء الرتبة المناسبة للنموذج الملائم ولمختلف الظواهر، إن اغلب المعايير المقترحة في الأدبيات تتضمن تخفيض رتبة النموذج وتهدف إلـى معالجـة مـشكلة المطابقـة المفرطة (Overfitting) بفرض كلف على زيادة عـدد المعلمات فـي النمـوذج الملائم ويمكن تعريف هذه المعايير على أنها دالة من المشاهدات المعطاة زائـدا حـد الجزاء penalty term لإدخال المعلمات الإضافية وهي عموما تعتمد علـى رتبة النموذج وحجم العيـنة. طبقـا لآلية المعايير فان النماذج المتنـافـسة أو المرشحة تقـدر والنموذج المختـار هو النموذج الذي يمتلك اصغر قيمة للمعيار. انظـر(Mantalos et al.2008) و(Brockwell and Davis,1987) .

## 4.معايير المعلومات: Information Criteria

في عام 1951 نشر كل من كولباك و ليبلر مقالة حددا فيها معنى كلمة معلومات Information وعلاقتها بمفهوم فيشر للكفاية الإحصائية Sufficient Statistics ، ويمكن توضيح معلومات K-L بمفهوم f الذي يشير إلى الحقيقة (الواقع) كاملة (full reality ) مع ملاحظة إن f لا تمتلك معالم (إذ إن المعالم مفهوم بشري) وإنها لا تعد دالة لحجم العينة n لأنها لا تتغير بتغير n , أما g فتستخدم للدلالة على النموذج التقريبي (التوزيع الاحتمالي) ومن ثم يمكن تعريف معلومات K-L والتي يرمز اليها اختصار I(f,g) بأنها

$$I(f,g)=\int f(x)\log\left(\frac{f(x)}{g(x|\theta)}\right) \qquad (1)$$

المعلومات التي فقدت عند استخدام النموذج g كتقريب لـ f (Anderson and Burnham,2004), ويمكن تحديد معلومات K-L كدوال مستمرة بالصيغة الآتية:

في عام 1973 اقترح اكاكي استخدام معلومات K-L كفاءة أساسية لاختيار النموذج ولاحظ بأنه لا يمكن حسابها على نحو مباشر في اختيار النموذج بدون معرفة كاملة لكل من الحقيقة كاملة f والمعلمات($\theta$) لكل نموذج من النماذج المرشحة $g_i(x|\theta)$ (Anderson and Burnham,2002) , ولاحظ أيضا بان النموذج الأفضل يفقد اقل معلومات نسبة إلى النماذج الأخرى في المجموعة وهذا مكافئ إلى تخفيض I(f,g) عبر g, ومن ثم فان معلومات K-L يمكن تصورها على أنها المسافة بين الحقيقة كاملة والنموذج (Anderson and Burnham,2004), وبأخذ النموذج الهيكلي المعلمي فانه توجد قيمة وحيدة لـ $\theta$ تخفض I(f,g) وان قيمة التخفيض (غير معلومة) للمعلمة تعتمد على الحقيقة f والنموذج g من خلال تركيبته وفضاء المعلمة parameter space وفضاء العينة sample space , بعبارة أخرى يعتمد على تركيب وطبيعة البيانات التي يمكن جمعها. (Anderson and Burnham,2002) .

ويمكن التعبير عن معلومات K-L على النحو الآتي:

$$I(f,g)=\int f(x)\log(f(x))dx-\int f(x)\log(g(x|\theta))dx \qquad (2)$$

أو

$$I(f,g)=E_f[\log(f(x))]-E_f[\log(g(x|\theta))] \qquad (3)$$

إن التوقعات اخذت بالنسبة إلى الحقيقة f ,وان الكمية $E_f[\log(f(x))]$ ثابتة (C) عبر النماذج ومن ثم:

$$I(f,g)=C-E_f[\log(g(x|\theta))] \qquad (4)$$

إذ أن :

$$C=\int f(x)\log(f(x))dx$$

وبما أن C لا تعتمد على البيانات أو النموذج

فانه يجب تقدير التوقع النسبي لمعلومات كولباك-ليبلر $E_f[\log(g(x|\theta))]$ لكل نموذج في المجموعة.

## 1-4: معيار معلومات اكاكي : Akaike Information Criterion(AIC)

في عام 1973 قدم اكاكي مفهوم معايير المعلومات كأداة لاختيار النموذج الأمثل ووضح نتيجته الحاسمة في الحصول على معيار صارم لاختيار النموذج بالاعتماد على معلومات K-L والذي يمكن تقديره على النحو الآتي : $E_yE_x[\log(g(x|\hat{\theta}(y)))]$

إذ تم استبدال الجزء الداخلي $E_f[\log(g(x|\theta))]$ مع $\theta$ بمقدر الإمكان الأعظم (MLE) لـ $\theta$ بالاعتماد على النموذج المفترض (g) والبيانات(y) على

الرغم من أن y ترمز للبيانات فمن الملائم تصور كل من x و y كعينات عشوائية مستقلة من التوزيع نفسه ونلاحظ بان كلا التوقعين الإحصائيين $E_yE_x$ تم أخذهما بالنسبة للحقيقة f وان هذا التوقع المضاعف هو هدف لكل أساليب اختيار النموذج اعتمادا على معلومات K-L .

في عام 1974 وجد اكاكي صيغة منهجية للعلاقة بين معلومات K-L ونظرية الإمكان ووجد بان القيمة العظمى للوغاريتم الإمكان هي تقدير متحيز لـ $E_yE_x\left[\log\left(g\left(x\mid\hat{\theta}(y)\right)\right)\right]$ ولكن هذا التحيز مساو تقريبا لـ K التي تمثل عدد المعلمات المقدرة في النموذج التقريبي (g)، بذلك فان المقدر غير المتحيز التقريبي لـ $E_yE_x\left[\log\left(g\left(x\mid\hat{\theta}(y)\right)\right)\right]$ للعينات الكبيرة والنماذج الجيدة هو:

$$\log\left(L\left(\hat{\theta}\mid data\right)\right)-K$$

وهذه النتيجة مكافئة لـ

$$\log\left(L\left(\hat{\theta}|data\right)\right)-K=C-\hat{E}_{\hat{\theta}}\left[I\left(f,\hat{g}\right)\right] \qquad (5)$$

إذ أن : $\hat{g}=g(.\mid\hat{\theta})$

من خلال هذه النتيجة يمكن دمج التقدير(الإمكان الأعظم أو المربعات الصغرى) واختيار النموذج في إطار تحقيق الامثلية الموحدة ,وقد وجد اكاكي مقدر التوقع النسبي لمعلومات K-L اعتمادا على تعظيم دالة لوغارتم الإمكان مصححاً للتحيز بالمحاذي على النحو الآتي:

$$\text{relative}\hat{E}(K-L)=\log\left(L(\hat{\theta}\mid data)\right)-K \qquad (6)$$

حيث تمثل K في هذه الحالة حد تصحيح التحيز بالمحاذاة , وفي العام نفسه قام اكاكي

بضرب هذه النتيجة بـ (-2) (لأسباب تاريخية) وبذلك أصبح معيار معلومات اكاكي على النحو الآتي:

$$AIC=-2\log\left(L(\hat{\theta}\mid data)\right)+2K \qquad (7)$$

انظر(Anderson and Burnham,2004).

ويشير Makridakis et al.(1998) إلى انه بسبب عدم قيام كل البرامج الحاسوبية بحساب AIC أو الإمكان L فانه ليس ممكنا دائما إيجاد AIC للنموذج المعطى , لذا فان التقريب المفيد لـ AIC يتم الحصول عليه عن طريق التقريب :

$$-2\log L \approx n(1+\log(2\pi))+n\log\sigma^2 \qquad (8)$$

إذ $\sigma^2$: تمثل تباين البواقي.

أن جميع البرامج الحاسوبية تعطي قيمة $\sigma^2$ لذلك يمكن إيجاد AIC تقريبيا باستخدام الصيغة:

$$AIC \approx n(1+\log(2\pi))+n\log\sigma^2+2K \qquad (9)$$

وفي أحيان عديدة يحذف الحد الأول من الصيغة أعلاه لأنه نفس القيمة لجميع النماذج فتصبح الصيغة بالشكل الاتي :

$$AIC \approx n\log\sigma^2+2K \qquad (10)$$

بذلك أصبح من السهل حساب AIC من خلال نتائج تقدير المربعات الصغرى بأخطاء تتوزع طبيعيا في حالة النماذج الخطية وأصبحت قيمة AIC ضمن مخرجات العديد من البرمجيات الجاهزة .

يمتلك AIC تفسيرا واضحا في مطابقة النموذج ,إذ أن الحد الأول من الطرف الأيمن للمعادلة (10) يعد مقياسا لنقص المطابقة Lack of fit للنموذج المختار وان هذا الحد يتجه الى التناقص كلما أضيفت معلمات للنموذج التقريبي بينما الحد الثاني (2K) هو حد الجزاء للمعلمات الإضافية في النموذج لمنع المطابقة المفرطة وهو يقيس ازدياد عدم المعولية unreliability للنموذج المختار والتي تعود إلى زيادة عدد معلمات النموذج ويصبح اكبر كلما أضيفت معلمات للنموذج التقريبي وهذا يمثل مقايضة tradeoff بين التحيز bias والتباين variance أو المقايضة بين المطابقة البخيلة(القليلة) underfitting والمطابقة

المفرطة overfitting ,إن هذه المقايضة تعد أساسية في مفهوم الاختصار principle of parsimony,وبما أن اختبار AIC يعتمد على دالة الإمكان الأعظم التي تكون مؤثرة وغير متحيزة بالمحاذي فان الاختبار يعطي نتائج دقيقة تماما لـ $n \geq 30$ وان الاختبار استعمل بنجاح كبير لـ $n \geq 20$.

إن النموذج الذي يمتلك اقل AIC يعد أفضل نموذج طالما انه يقلل الفرق من النموذج المعطى إلى النموذج الصحيح .انظر (Anderson and Burnham,2002) و (Mutua,1994) .

لسوء الحظ فان المعيار AIC قد يعطي أكثر من حد أدنى واحد ويعتمد على افتراض أن البيانات موزعة طبيعيا وعلاوة على ذلك فان دراسات المحاكاة لنماذج AR أظهرت بان هذا المعيار يتجه الى تشخيص العديد من المعلمات الإضافية ، لذلك قام اكاكي في عام 1978 بتطوير معيارAIC والذي يدعى Bayesian Modification of AIC الذي رمز له بالرمز (BIC) . انظر(Chatfield,1995)

## 2-4:معيار معلومات بيز : Bayesian Information Criterion (BIC)

لتصحيح نزعة معيارAIC نحو التقدير المفرط فان معيار SIC (معيار معلومات شوارز Schwarz Information Criterion ) اقترح على نحو مستقل من قبل اكاكي عام 1978 وفي العام نفسه من قبل شوارز .

لقد قدم شوارز في عام 1978 طريقة بييزية لتقدير بعد النموذج , إذ افترض وجود مجموعة نماذج $M_j$ باحتمالات مسبقة prior probabilities هي $P(M_j)$ مع معلمات $\theta_j$ والمطلوب اختيار نموذج يعظم الاحتمال اللاحق posterior probability للنموذج معطى البيانات$P(M_j \mid data)$، وهذا الاحتمال يحسب كما يأتي:

$$P(M_j \mid x) = cp(M_j)\int P(Y \mid \theta_j)P(\theta_j \mid M_j)d\theta_j \qquad (11)$$

إذ أن :

$P(Y \mid \theta_j)$ :تمثل إمكان البيانات likelihood of the data

$P(\theta_j \mid M_j)$ : تمثل المعلمات المسبقة .

بأخذ التقريب المحاذي للتكامل أعلاه وجد شوارز أن النموذج الذي يتم اختياره هو ذلك الذي يخفض

BIC = -2( log maximized likelihood ) + ( log n )( number of parameters)

وتحت افتراض أن أخطاء النموذج أو الإزعاجات تتوزع طبيعيا فتصبح الصيغة كما يأتي:

$$BIC = n\log\left(\frac{SSR}{n}\right) + k\log(n) \qquad (12)$$

في هذا المعيار يكون الجزاء لإدخال معلمات جديدة اكبر مما في معيار AIC , كذلك يتجه معيار BIC لاختيار نماذج ابسط من تلك التي يتم اختيارها من قبل AIC. إن الفرق بين المعيارين يكون كبيرا جدا إذا كانت n كبيرة، ويمكن إثبات أن معيار BIC يمتلك صفة متسق بالمحاذي تحت شروط عامة (pena,2001) .

## 3-4:معيار معلومات اكاكي المصحح:Akaike Information Criterion($AIC_c$) Corrected

اقترح كل من (Brockwell and Davis(1993, تصحيح حالة التحيز في معيار AIC بإضافة المقدار $2(k+1)(k+2)/(n-k-2)$ إلى قيمة AIC في المعادلة (10) لتكون المعادلة على النحو الآتي:

$$AIC_c = n\log\sigma^2 + 2k + \frac{2(k+1)(k+2)}{(n-k-2)} \qquad (13)$$

وهذا يجعله اقل فرقا للقيم الصغيرة لـ k بينما للقيم الكبيرة لـ k فانه يتعامل بصرامة اكبر مع المعلمات الإضافية أكثر من معيار AIC , ويمكن

ملاحظة أن معيار AICc يستعمل عندما تكون k كبيرة نسبة إلى حجم العينـة n (وهذا يتضمن أيضا عندما تكون n صغيرة ,لأي k ) . انظـر (Chatfield and Faraway,1998) و(Anderson and Burnham,2004)

## 4-4 طبيعية معيار معلومات اكاكي :

**Normality of Akaike Information Criterion(NAIC)**

إن كثيرا من المصادر تتناول صيغة معدلة للمعادلة(10) بجعلها صـيغة معيارية من خلال تقسيمها على حجـم العينة(عدد المشاهدات) وبذلك يتم الحصول على صيغة جديدة تمت الإشارة اليها اختصارا NAIC وكما يأتي(انظـر المهنـا 2007):

$$NAIC = \log\sigma^2 + \frac{2k}{n} \qquad (14)$$

## 5-4 معيار المعلومات المقترح : Proposed Information Criterion

تم اقتراح معيار جديد يعتمد على المزاوجة بين الصيغة المعيارية (NAIC) والمعيار الذي أوصى به كـل مـن Brockwell and Davis (1993) ($AIC_c$ ) وبذلك فان صيغة المعيار المقترح الذي سيرمز لـه اختـصار $NAIC_c$ سـتكون صيغته كما يأتي :

$$NAIC_c = Log\sigma^2 + \left(\frac{2k}{n}\right) + \frac{2(k+1)(k+2)}{(n-k-2)} \qquad (15)$$

## 5.الجانب التطبيقي:

تعرف معايير المعلومات على أنها مقاييس لجودة المطابقة أو عدم المؤكدية لمدى قيم البيانات , وضمن سياق الانحدار الخطي المتعدد فان معايير المعلومـات هي مقياس للاختلاف بين النموذج المعطى والنموذج الملائم المدروس , ومن هذا المنطلق تم تطبيق معايير المعلومات والمعيار المقترح لملاحظة مدى كفاءة المعايير في اختيارها للنموذج الصحيح (True Model) وتم ذلك باسـتخدام أسـلوبين :- الأول تجارب بالمحاكاة والثاني تطبيق على بيانات واقعية .

## أ- الأسلوب الأول :- تجارب بالمحاكاة.

تم في هذا الجانب توليد بيانات لنماذج كل من الانحـدار الـذاتي AR(1) والمتوسطات المتحركة MA(1) والمختلطـة ARMA(1,1) وبأحجـام عينـات مختلفة لملاحظة مدى كفاءة المعايير المستخدمة وهذه الأحجـام هـي :-العينـات الصغيرة بحجم (55 مشاهدة) والعينات المتوسطة بحجم (155مـشاهدة) والعينـات الكبيرة بحجم (255 مشاهدة).

إذ تم توليد البيانات وفق نموذج AR(1) بحجم 55 مشاهدة ثم تم توفيـق نمـــــــــــاذج AR(1) وAR(2) وMA(1) وMA(2) وARMA(1,1) وARMA(2,1) ARMA(1,2) للبيانات التي تم توليدها ثم حساب قيم المعـايير الإحصائية لها فضلا عن المعيار المقترح وتتم عملية المقارنة بين هذه المعايير في اختيار النموذج الصحيح الذي هوAR(1) وتكرر التجربة وعملية المقارنة لعشرين عملية توليد،وكذا الحال بالنسبة لحجم العينات المتوسطة والكبيرة ويعـاد مـا ورد أعلاه أيضا بالنسبة لنموذج MA(1) ونمـوذج ARMA(1,1). وفيمـا يتعلـق بأحجام العينات التي يتم توليدها في التجارب كافة فانه يـتم حـذف المـشاهدات الخمس الأولى منها لضعف المشاهدات الأولية ومن ثم فان الأحجام المستخدمة فعلا هي 250,150,50. عند توليد بيانات من نمـوذج AR(1) بحجـم عينـة n=50 ومعلمة $\phi_1 = 0.8$ كانت نتائج التجربة الأولى حصرا على سبيل المثال كما يأتي:-

الجدول (1) :نتائـج مقارنة كفاءة المعايير للتجـربة الأولى لعملية توليـد البيانات من نمـوذج AR(1) بحجم عينة n=50ومعلمة $\phi_1 = 0.8$.

| Model | K | AIC | BIC | AICc | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | -1.5802 | 0.3319 | -1.3249 | -0.0316 | 0.2237 |
| AR(2) | 2 | 1.4511 | 5.2752 | 1.9728 | 0.0290 | 0.5507 |
| ARMA(1,1) | 2 | 1.4616 | 5.2857 | 1.9833 | 0.0292 | 0.5509 |
| ARMA(2,1) | 3 | 4.5028 | 10.2389 | 5.3917 | 0.0901 | 0.9790 |
| ARMA(1,2) | 3 | ---------- | ---------- | --------- | ---------- | -------- |
| MA(1) | 1 | 11.6960 | 13.6081 | 11.9513 | 0.2339 | 0.4892 |
| MA(2) | 2 | 6.7954 | 10.6194 | 7.3171 | 0.1359 | 0.6576 |

- - - - - -: النموذج لا يمكن أن يخمن بهذه البيانات.

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية والجدول أدناه يلخص نتائج التجارب العشرين لنمـوذج AR(1) بحجم (50) مشاهدة.

الجدول (2) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجـارب العشرين لعملية توليد بيانات مـن نمـوذج AR(1) بحجم عينة n=50 ومعلمة $\phi_1 = 0.8$.

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | AICc | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | -1.5802 | 0.3319 | -1.3249 | -0.0316 | 0.2237 |
| 2. | -19.5468 | -17.6348 | -19.2915 | -0.3909 | -0.1356 |
| 3. | 18.1210 | -16.2090 | -17.8657 | -0.3624 | -0.1071 |
| 4. | 8.6434 | 10.5555 | 8.8987 | 0.1729 | 0.4282 |
| 5. | -8.0141 | -6.1021 | -7.7588 | -0.1603 | 0.0950 |
| 6. | 3.9466 | 5.8586 | 4.2019 | 0.0789 | 0.3342 |
| 7. | 4.5299 | 6.4419 | 4.7852 | 0.0906 | 0.3459 |
| 8. | -13.3466 | -11.4346 | -13.0913 | -0.2669 | -0.0116 |
| 9. | -11.5783* | -8.8971 | -11.0566* | -0.2316* | 0.0391 |
| 10. | 5.59742 | 7.5094 | 5.8527 | 0.1119 | 0.3672 |
| 11. | -20.9152 | -20.1837* | -20.6599 | -0.4183* | -0.1866* |
| 12. | 0.8826 | 2.7946 | 1.1379 | 0.0177 | 0.2730 |
| 13. | 0.6417 | 2.5537 | 0.8970 | 0.0128 | 0.2681 |
| 14. | -6.3263 | -4.4143 | -6.0710 | -0.1265 | 0.1288 |
| 15. | 5.3268 | 7.2388 | 5.5821 | 0.1065 | 0.3618 |
| 16. | -5.1877 | -3.2757 | -4.9324 | -0.1038 | 0.1515 |
| 17. | -11.1137 | -9.2017 | -10.8584 | -0.2223 | 0.0330 |
| 18. | 2.9803 | 4.8923 | 3.2356 | 0.0596 | 0.3149 |
| 19. | 26.3553 | 28.2673 | 26.6106 | 0.5271 | 0.7824 |
| 20. | 15.9346 | 17.8466 | 16.1899 | 0.3187 | 0.5740 |
| نسبة النجاح | %95 | %95 | %95 | %90 | %95 |

(*)تدل على حالة فشل في اختيار النموذج الصحيح لتلك التجربة

نلاحظ من الجدول المذكور انفا أن المعايير المستخدمة AIC ,BIC, $AIC_c$ فضلا عن المعيار الذي اقترحته الباحثة حققت نسبة النجاح نفسها والبالغة 95% ماعدا المعيار NAIC فكانت نسبة النجاح له 90% . وعند توليد بيانات من نموذج AR(1) بحجم عينة n=150 ومعلمة $\phi_1 = 0.5$ كانت نتائج التجربة الأولى على سبيل المثال كالأتي :-

الجدول (3) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجربة الأولى لعملية توليد البيانات من نموذج AR(1) بحجم عينة n=150 ومعلمة $\phi_1 = 0.5$.

| Model | K | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | -39.1655 | -36.1549 | -39.0839 | -0.2611 | -0.1795 |
| AR(2) | 2 | -36.1819 | -30.1606 | -36.0175 | -0.2412 | -0.0768 |
| ARMA(1,1) | 2 | -36.1819 | -30.1606 | -36.0175 | -0.2412 | -0.0768 |
| ARMA(2,1) | 3 | -32.0404 | -23.0085 | -31.7645 | -0.2136 | 0.06230 |
| ARMA(1,2) | 3 | -33.2047 | -24.1728 | -32.9288 | -0.2214 | 0.0545 |
| MA(1) | 1 | -32.2234 | -29.2128 | -32.1418 | -0.2148 | -0.1332 |
| MA(2) | 2 | -32.885 | -26.8638 | -32.7206 | -0.2192 | -0.0548 |

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية تم استخدام الأسلوب نفسه ويمكن تلخيص نتائج هذه التجارب في الجدول الآتي :-

الجدول (4) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجارب العشرين لعملية توليد بيانـات مـن نمـوذج AR(1) بحجم عينة n=150 ومعلمة $\phi_1 = 0.5$.

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | -39.1655 | -36.1549 | -39.0839 | -0.2611 | -0.1795 |
| 2. | -9.2085 | -6.1979 | -9.1269 | -0.0614 | 0.0202 |
| 3. | -8.8856 | -5.8750 | -8.8040 | -0.0592 | -0.0368 |
| 4. | -9.5321 | -6.5215 | -9.4505 | -0.0635 | 0.0181 |
| 5. | -20.7979 | -17.7873 | -20.7163 | -0.1387 | -0.0571 |
| 6. | -17.9273* | -14.1644 | -17.7629* | -0.1195* | -0.0329 |
| 7. | 17.7890 | 20.7997 | 17.8706 | 0.1186 | 0.2002 |
| 8. | 1.5493 | 4.5600 | 1.6309 | 0.0103 | 0.0919 |
| 9. | 25.5506 | 28.5612 | 25.6322 | 0.1703 | 0.2519 |
| 10. | 11.1756* | 14.8788 | 11.3400* | 0.0745* | 0.1607 |
| 11. | -11.8173 | -8.8067 | -11.7357 | -0.0788 | 0.0028 |
| 12. | 0.1891 | 3.1997 | 0.2707 | 0.0013 | 0.0829 |
| 13. | 15.5869* | 19.3072 | 15.8628* | 0.1039* | 0.1902 |
| 14. | 1.5493 | 4.5600 | 1.6309 | 0.0103 | 0.0919 |
| 15. | 8.893 | 11.9000 | 8.9709 | 0.0593 | 0.1409 |
| 16. | 20.1998 | 23.2105 | 20.2814 | 0.1347 | 0.2163 |
| 17. | 0.1952 | 3.8058 | 0.8768 | 0.0053 | 0.0869 |
| 18. | -1.1835 | 1.8271 | -1.1019 | -0.0079 | 0.0737 |
| 19. | -27.5848 | -24.5742 | -27.5032 | -0.1839 | -0.1023 |
| 20. | -11.9819 | -8.9712 | -11.9003 | -0.0799 | 0.0017 |
| نسبة النجاح | %85 | %100 | %85 | %85 | %100 |

(*)تدل على حالة فشل في اختيار النموذج الصحيح لتلك التجربة

نلاحظ من الجدول أعلاه أن المعايير المستخدمة AIC, $AIC_c$ , NAIC قد حققت نسبة النجاح نفسها البالغة 85% أما معيار BIC والمعيار المقترح $NAIC_c$ فكانت نسبة النجاح لهما 100%. وعند توليد بيانات من نموذج AR(1) بحجـم عينـة n=250 ومعلمـة $\phi_1 = 0.5$ كانت نتائج التجربة الأولى على سبيل المثال :-

الجدول (5) :نتائـج مقارنة كفاءة المعايير للتجربة الأولى لعمليـة توليد بيانـات من نموذج AR(1) بحجم عينـة n=250 ومعلمة $\phi_1 = 0.5$.

| Model | K | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | -35.9967 | -32.4751 | -35.9481 | -0.1439 | -0.0953 |
| AR(2) | 2 | -33.1250 | -26.0821 | -33.0274 | -0.1325 | -0.0349 |
| ARMA(1,1) | 2 | -33.1250 | -26.0821 | -33.0274 | -0.1325 | -0.0349 |
| ARMA(2,1) | 3 | -30.2564 | -19.6921 | -30.0931 | -0.1210 | 0.0423 |
| ARMA(1,2) | 3 | -30.2564 | -19.6921 | -30.0931 | -0.1210 | 0.0423 |
| MA(1) | 1 | -25.4537 | -21.9323 | -25.4051 | -0.1018 | -0.0532 |
| MA(2) | 2 | -29.9549 | -22.9120 | -29.8573 | -0.1198 | -0.0222 |

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية والجدول أدناه يلخص نتائج التجارب العشرين لنمـوذج AR(1) بحجم (250) مشاهدة

الجدول (6) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجارب العشرين لعملية توليد بيانـات مـن نمـوذج AR(1) بحجم عينة n=250 ومعلمة $\phi_1 = 0.5$.

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | -35.9967 | -32.4751 | -35.9481 | -0.1439 | -0.0953 |
| 2. | -11.6140 | -8.0926 | -11.5654 | -0.0461 | 0.0025 |
| 3. | -20.9583 | -26.4369 | -29.9097 | -0.1198 | -0.0712 |
| 4. | -32.5283 | -29.0069 | -32.4797 | -0.1301 | -0.0815 |
| 5. | 32.1115 | 35.6330 | 32.1601 | 0.1284 | 0.1770 |
| 6. | 31.2234 | 34.7449 | 31.2720 | 0.1249 | 0.1735 |
| 7. | 4.2399 | 7.7614 | 4.2885 | 0.0169 | 0.0655 |
| 8. | 7.7439* | 12.6683 | 7.9072* | 0.0309* | 0.0853 |
| 9. | 4.9821 | 8.5036 | 5.0307 | 0.0199 | 0.0685 |
| 10. | 46.3272 | 49.8487 | 46.3758 | 0.1853 | 0.2339 |
| 11. | -7.9452 | -4.4238 | -7.8966 | -0.0318 | 0.0168 |
| 12. | -16.4116 | -12.8902 | -16.3630 | -0.0656 | -0.0170 |
| 13. | -10.8233 | -7.3019 | -10.7747 | -0.0433 | 0.0053 |
| 14. | 32.1115 | 35.6330 | 32.1601 | 0.1284 | 0.1770 |
| 15. | -20.2078 | -16.6863 | -20.1592 | -0.0808 | -0.0322 |
| 16. | 23.3149 | 26.8364 | 23.3635 | 0.0933 | 0.1419 |
| 17. | 23.0853 | 26.6067 | 23.1339 | 0.0923 | 0.1409 |
| 18. | 42.6091* | 46.4760 | 42.7067* | 0.1704* | 0.2204 |
| 19. | 17.7437 | 21.2652 | 17.7923 | 0.0710 | 0.1196 |
| 20. | 23.0086* | 27.0659 | 23.1062* | 0.0920* | 0.1428 |
| نسبة النجاح | %85 | %100 | %85 | %85 | %100 |

(*)تدل على حالة فشل في اختيار النموذج الصحيح لتلك التجربة

نلاحظ من الجدول السابق أن المعايير المستخدمة AIC, $AIC_c$ , NAIC قد حققت جميعها نسبة النجاح نفسها البالغة 85 % أمـا معيـار BIC والمعيـار المقتـرح $NAIC_c$ فكانت نسبة النجاح لهما 100%.

أما عند توليد بيانات من نموذج MA(1) بحجم عينة n=50 ومعلمة $\theta_1 = -0.8$ كانت نتائج التجربة الأولى على سبيل المثال كالأتي :-

الجدول (7) : نتائـج مقارنة كفاءة المعايير للتجربة الأولى لعملية توليد بيانات من نموذج MA(1) بحجم عينة n=50 ومعلمة $\theta_1 = -0.8$.

| Model | K | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | 6.8699 | 8.7820 | 7.1252 | 0.1374 | 0.3927 |
| AR(2) | 2 | 8.3410 | 12.1650 | 8.8627 | 0.1668 | 0.6885 |
| ARMA(1,1) | 2 | 3.1223 | 6.9464 | 3.6440 | 0.0624 | 0.5841 |
| ARMA(2,1) | 3 | 5.2748 | 11.0108 | 6.1637 | 0.1055 | 0.9944 |
| ARMA(1,2) | 3 | 4.7033 | 10.4394 | 5.5922 | 0.0914 | 0.9830 |
| MA(1) | 1 | 0.1772 | 2.0892 | 0.4325 | 0.0035 | 0.2588 |
| MA(2) | 2 | 3.1529 | 6.9769 | 3.6746 | 0.0631 | 0.5848 |

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية يتم استخدام نفس الأسلوب ويمكن تلخيص نتائج هذه التجارب في الجدول الآتي:

الجدول (8) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجارب العشرين لعملية توليد بيانات من نموذج MA(1) بحجم عينة n=50 ومعلمة $\theta_1 = -0.8$

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | 0.1772 | 2.0892 | 0.4325 | 0.0035 | 0.2588 |
| 2. | -21.3564 | -19.4444 | -21.1011 | -0.4271 | -0.1718 |
| 3. | -22.4051* | -16.9396 | -21.5162* | -0.4784* | -0.2231* |
| 4. | 8.5953 | 10.5073 | 8.8506 | 0.1719 | 0.4272 |
| 5. | -7.3044 | -5.3924 | -7.0491 | -0.1461 | 0.1092 |
| 6. | 2.3934 | 4.3055 | 2.6487 | 0.0479 | 0.3032 |
| 7. | 4.8332 | 6.7452 | 5.0885 | 0.0967 | 0.3520 |
| 8. | -14.3507* | -10.5267* | -13.8290* | -0.2870* | 0.0199 |
| 9. | 2.6261 | 4.5381 | 2.8814 | 0.0525 | 0.3078 |
| 10. | -21.4282 | -19.5162 | -21.1729 | -0.4286 | -0.1733 |
| 11. | 2.0150 | 3.9270 | 2.2703 | 0.0403 | 0.2956 |
| 12. | -1.0034 | 0.9086 | -0.7481 | -0.0201 | 0.2352 |
| 13. | -12.0184 | -10.1664 | -11.8231 | -0.2416 | 0.0137 |
| 14. | 4.7575 | 6.6696 | 5.0128 | 0.0952 | 0.3505 |
| 15. | -4.9516 | -3.0396 | -4.6963 | -0.0990 | 0.1563 |
| 16. | -10.7317 | -8.8197 | -10.4764 | -0.2146 | 0.0407 |
| 17. | 2.6804 | 4.5924 | 2.9357 | 0.0536 | 0.3089 |
| 18. | 22.7235* | 25.7828 | 23.6124* | 0.4545* | 0.7327 |
| 19. | 14.1002 | 16.0123 | 14.3555 | 0.2820 | 0.5373 |
| 20. | -9.0012 | -7.0891 | -8.7459 | -0.1800 | 0.0753 |
| نسبة | %85 | %95 | %85 | %85 | %95 |

(*)تدل على حالة فشل في اختيار النموذج الصحيح لتلك التجربة

نلاحظ من الجدول أعلاه أن المعايير المستخدمة AIC, $AIC_c$ , NAIC قد حققت جميعها نسبة النجاح نفسها البالغة 85 % أما معيار BIC والمعيار المقترح $NAIC_c$ فكانت نسبة النجاح لهما 95 %.

أما عند توليد البيانات من نموذج MA(1) بحجم عينة n=150 ومعلمة $\theta_1 = -0.5$ فكانت نتائج التجربة الأولى كالآتي:-

الجدول (9) : نتائـج التجربة الأولى لعملية توليـد بيانات من نمـوذج MA(1) بحجم عينة n=150 ومعلمة $\theta_1 = -0.5$ .

| Model | K | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | -30.7234 | -27.7128 | -30.6418 | -0.2048 | -0.1232 |
| AR(2) | 2 | -30.7898 | -24.7685 | -30.6254 | -0.2053 | -0.0409 |
| ARMA(1,1) | 2 | -35.3996 | -29.3784 | -35.2352 | -0.2360 | -0.0716 |
| ARMA(2,1) | 3 | -32.8156 | -23.7837 | -32.5397 | -0.2188 | 0.0571 |
| ARMA(1,2) | 3 | -32.2338 | -23.2019 | -31.9579 | -0.2149 | 0.0610 |
| MA(1) | 1 | -38.1819 | -35.1713 | -38.1003 | -0.2545 | -0.1729 |
| MA(2) | 2 | -35.2047 | -29.1834 | -34.9288 | -0.2347 | -0.0703 |

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية يتم استخدام نفس الأسلوب ويمكن تلخيص نتائج هذه التجارب في الجدول الآتي:-

الجدول (10) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجارب العشرين لعملية توليد بيانـات من نموذج MA(1) بحجم عينة n=150 ومعلمة $\theta_1 = -0.5$.

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | -38.1819 | -35.1713 | -38.1003 | -0.2545 | -0.1729 |
| 2. | -10.3443 | -7.3337 | -10.2627 | -0.0690 | 0.0126 |
| 3. | -7.6008 | -4.2902 | -2.5192 | -0.0507 | 0.0309 |
| 4. | -7.1218 | -4.1112 | -7.0402 | -0.0475 | 0.0341 |
| 5. | -21.3227 | -18.3121 | -21.2411 | -0.1422 | -0.0606 |
| 6. | -20.6234 | -17.6128 | -20.5418 | -0.1375 | -0.0559 |
| 7. | 19.2669 | 22.2776 | 19.3485 | 0.1284 | 0.2100 |
| 8. | 1.2481 | 4.2588 | 1.3297 | 0.0083 | 0.0899 |
| 9. | 25.6151* | 30.7250 | 25.7795* | 0.1708* | 0.2664 |
| 10. | 12.0085 | 15.0192 | 12.0901 | 0.0801 | 0.1617 |
| 11. | -10.1815 | -7.1709 | -10.0999 | -0.0679 | 0.0137 |
| 12. | -2.5689 | 0.4418 | -2.4873 | -0.0171 | 0.0645 |
| 13. | 10.0311 | 13.0418 | 10.1127 | 0.0669 | 0.1485 |
| 14. | 20.8338 | 25.38444 | 20.9154 | 0.1522 | 0.2338 |
| 15. | 0.7952 | 3.8058 | 0.8768 | 0.0053 | 0.0869 |
| 16. | 8.8893 | 11.9000 | 8.9709 | 0.0593 | 0.1409 |
| 17. | 18.9993 | 22.8114 | 19.0809 | 0.1320 | 0.2136 |
| 18. | 0.9463 | 3.9569 | 1.0279 | 0.0063 | 0.0879 |
| 19. | -0.4194 | 2.5912 | -0.3378 | -0.0028 | 0.0788 |
| 20. | -28.1339 | -25.1233 | -28.0523 | -0.1876 | -0.1060 |
| نسبة النجاح | %95 | %100 | %95 | %95 | %100 |

(*)تدل على حالة فشل في اختيار النموذج الصحيح لتلك التجربة

نلاحظ من الجدول السابق أن المعايير المستخدمة AIC, $AIC_c$, NAIC قد حققت جميعها نسبة النجاح نفسها البالغة 95% أما معيار BIC والمعيار المقترح $NAIC_c$ فكانت نسبة النجاح لهما 100%.

أما عند توليد بيانات من نموذج MA(1) بحجم عينة n=250 ومعلمة $\theta_1 = -0.5$ كانت نتائج التجربة الأولى كالأتي:

الجدول (11) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجربة الأولى لعملية توليد بيانات من نموذج MA(1) بحجم عينة n=250 ومعلمة $\theta_1 = -0.5$

| Model | K | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | -20.4812 | -16.9597 | -20.4326 | -0.0819 | -0.0333 |
| AR(2) | 2 | -26.2596 | -19.2167 | -26.1620 | -0.1050 | -0.0074 |
| ARMA(1,1) | 2 | -31.9676 | -24.9247 | -31.8700 | -0.1279 | -0.0303 |
| ARMA(2,1) | 3 | -29.1030 | -18.5387 | -28.9397 | -0.1164 | 0.0469 |
| ARMA(1,2) | 3 | -29.3909 | -18.8265 | -29.2276 | -0.1176 | 0.0457 |
| MA(1) | 1 | -35.1250 | -31.6035 | -35.0764 | -0.1405 | -0.0919 |
| MA(2) | 2 | -31.9676 | -24.9247 | -31.8700 | -0.1325 | -0.0349 |

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية والجدول أدناه يلخص نتائج التجارب العشرين لنموذج MA(1) بحجم (250) مشاهدة.

الجدول (12) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجارب العشرين لعملية توليد بيانـات من نموذج MA(1) بحجم عينة n=250 ومعلمة $\theta_1 = -0.5$.

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | -35.1250 | -31.6035 | -35.0764 | -0.1405 | -0.0919 |
| 2. | -12.4033 | -8.8858 | -12.3547 | -0.0496 | -0.0010 |
| 3. | -31.9549 | -28.4335 | -31.9063 | -0.1278 | -0.0792 |
| 4. | -33.9676 | -30.4461 | -33.9190 | -0.1359 | -0.0873 |
| 5. | 33.6582 | 37.1796 | 33.7068 | 0.1346 | 0.1832 |
| 6. | 32.1115 | 35.6330 | 32.1601 | 0.1284 | 0.1770 |
| 7. | 2.2499 | 5.7713 | 2.2985 | 0.0090 | 0.0576 |
| 8. | 6.7054 | 10.2269 | 6.7540 | 0.0268 | 0.0754 |
| 9. | 5.4757 | 8.9972 | 5.5243 | 0.0219 | 0.0705 |
| 10. | 47.7886 | 51.3101 | 47.8372 | 0.1912 | 0.2398 |
| 11. | -8.5603* | -3.1264 | -8.4627* | -0.0342* | 0.022 |
| 12. | -16.1427 | -12.6212 | -16.0941 | -0.0646 | -0.016 |
| 13. | -10.2976 | -6.7761 | -10.2490 | -0.0412 | 0.0074 |
| 14. | 32.1115 | 35.6330 | 32.1601 | 0.1284 | 0.1770 |
| 15. | -20.4812 | -16.9597 | -20.4326 | -0.0819 | -0.0333 |
| 16. | -9.0866* | -2.8374 | -8.9890* | -0.0363* | 0.0241 |
| 17. | 23.0853 | 26.6067 | 32.1339 | 0.0932 | 0.1409 |
| 18. | 24.6886 | 28.2101 | 24.7372 | 0.0988 | 0.1479 |
| 19. | -27.6959 | -24.1744 | -27.6473 | -0.1108 | -0.0622 |
| 20. | 38.9763* | 43.7017 | 39.1396* | 0.1559* | 0.2093 |
| نسبة النجاح | % 85 | %100 | % 85 | % 85 | %100 |

(*)تدل على حالة فشل في اختيار النموذج الصحيح لتلك التجربة

نلاحظ من الجدول أعلاه أن المعـايير المـستخدمة AIC, $AIC_c$ , NAIC قـد حققت جميعها نسبة النجاح نفسها البالغة 85 % أما معيار BIC والمعيار المقترح $NAIC_c$فكانت نسبة النجاح لهما 100% .

أما عند توليد البيانات من نموذج ARMA(1,1) بحجم عينة n=50 ومعلمـة $\theta_1 = -0.8, \phi_1 = 0.8$ كانت نتائج التجربة الأولى كالأتي :-

الجدول (13) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجربة الأولى لعملية توليد بيانات من نموذج ARMA(1,1) بحجم عينة n=50 ومعلمة $\theta_1 = -0.8, \phi_1 = 0.8$

| Model | K | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | 2.3885 | 4.3005 | 2.6438 | 0.0478 | 0.3031 |
| AR(2) | 2 | -8.5001 | -4.6760 | -7.9784 | 0.6559 | 1.1776 |
| ARMA(1,1) | 2 | -18.6357 | -14.8117 | -18.1140 | -0.3727 | 0.1490 |
| ARMA(2,1) | 3 | -15.6470 | -9.9109 | -14.7581 | -0.3129 | 0.5760 |
| ARMA(1,2) | 3 | -15.6470 | -9.9109 | -14.7581 | -0.3129 | 0.760 |
| MA(1) | 1 | 17.0460 | 18.9580 | 17.3013 | 0.3409 | 0.5962 |
| MA(2) | 2 | -10.5377 | -6.7136 | -10.0160 | -0.2108 | 0.3109 |

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية يتم استخدام الأسلوب نفسه ويمكن تلخيص نتائج هذه التجارب في الجدول الآتي:-

الجدول (14) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجارب العشرين لعملية توليد بيانـات من نموذج ARMA(1,1) بحجم عينة n=50 ومعلمة $\theta_1 = -0.8, \phi_1 = 0.8$.

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | -18.6357 | -14.8117 | -18.1140 | -0.3727 | 0.1490 |
| 2. | 10.0622 | 13.8862 | 10.5839 | 0.2012 | 0.7229 |
| 3. | -5.6368 | -1.8127 | -5.1151 | -0.1127 | 0.409 |
| 4. | -4.5869 | -0.7628 | -4.0652 | -0.0917 | 0.4300 |
| 5. | 4.2295 | 8.0535 | 4.7512 | 0.0846 | 0.6063 |
| 6. | 7.7229 | 11.5469 | 8.2446 | 0.1545 | 0.6762 |
| 7. | 1.7239 | 5.5480 | 2.2456 | 0.0345 | 0.5562 |
| 8. | 6.5869 | 10.4110 | 7.1086 | 0.1317 | 0.6116* |
| 9. | -7.5777 | -3.7536 | -7.0560 | -0.1516 | 0.3701 |
| 10. | 26.7635 | 30.5876 | 27.2852 | 0.5353 | 1.0570 |
| 11. | 17.5891 | 21.4131 | 18.1108 | 0.3518 | 0.8735 |
| 12. | 10.2302 | 14.0543 | 10.7519 | 0.2046 | 0.7263 |
| 13. | -2.5282 | 1.2958 | -2.0065 | -0.0506 | 0.4168* |
| 14. | 25.4786 | 29.3027 | 26.0003 | 0.5096 | 1.0313 |
| 15. | 8.3959 | 12.2200 | 8.9176 | 0.1679 | 0.6896 |
| 16. | -1.1626 | 2.6615 | -0.6409 | -0.0233 | 0.4984 |
| 17. | -8.4615 | -4.6375 | -7.9398 | -0.1692 | 0.3525 |
| 18. | 8.8654 | 12.6895 | 9.3871 | 0.1773 | 0.6990 |
| 19. | 15.1892 | 19.6132 | 16.3109 | 0.3158 | 0.8375 |
| 20. | 15.3608 | 19.1848 | 15.8825 | 0.3072 | 0.8289 |
| نسبة النجاح | % 100 | % 100 | % 100 | % 100 | % 90 |

(*)تدل على حالة فشل في اختيار النموذج الصحيح لتلك التجربة

نلاحظ من الجدول السابق أن المعايير المستخدمة AIC,BIC, $AIC_c$ ,NAIC قد حققت جميعها نسبة النجاح نفسها البالغة 100% أمـا المعيـار المقتـرح $NAIC_c$ فكانت نسبة النجاح له 90 % .

أما عند توليـد البيانـات مـن نمـوذج ARMA(1,1) بحجـم عينـة n= 150 ومعلمة $\phi_1 = 0.8$ و $\theta_1 = -0.8$ كانت نتائج التجربة الأولى على سبيل المثال :-

الجدول (15) :نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجربة الأولى لعملية توليد بيانات مـن نموذج ARMA(1,1) بحجم عينة n=150 ومعلمـة $\phi_1 = 0.8$ , $\theta_1 = -0.8$.

| Model | K | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | 33.9034 | 36.9140 | 33.985 | 0.2260 | 0.3076 |
| AR(2) | 2 | -5.9209 | 0.1003 | -5.7565 | -0.0395 | 0.1249 |
| ARMA(1,1) | 2 | -35.3997 | -29.3784 | -35.2353 | -0.2360 | -0.0716 |
| ARMA(2,1) | 3 | -32.4275 | -23.3956 | -32.1516 | -0.2162 | 0.0597 |
| ARMA(1,2) | 3 | -32.4275 | -23.3956 | -32.1516 | -0.2162 | 0.0597 |
| MA(1) | 1 | 83.6100 | 86.6207 | 83.6916 | 0.5574 | 0.6390 |
| MA(2) | 2 | 9.0152 | 15.0365 | 9.1796 | 0.0601 | 0.2245 |

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية يتم استخدام الأسلوب نفسه والجدول أدنـاه يلخـص نتائج التجارب العشرين لنموذج ARMA(1,1) بحجم 150 مشاهدة،

الجدول (16) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجارب العشرين لعملية توليد بيانـات من نمـوذج ARMA(1,1) بحجـم عينـة n=150 ومعلمـة $\theta_1 = -0.8,\ \phi_1 = 0.8$.

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | -35.3997 | -29.3784 | -35.2353 | -0.2360 | -0.0716 |
| 2. | -7.8565 | -1.8352 | -7.6921 | -0.0524 | 0.1120 |
| 3. | -3.0637 | 2.9575 | -2.8993 | -0.0204 | 0.1440 |
| 4. | -19.1476 | -13.1263 | -18.9832 | -0.1277 | 0.0367 |
| 5. | -21.2628 | -15.2415 | -21.0984 | -0.1418 | 0.0226 |
| 6. | 21.6675 | 27.6887 | 21.8319 | 0.1444 | 0.3088 |
| 7. | 5.4925 | 11.5138 | 5.6569 | 0.0366 | 0.3125 |
| 8. | -8.3443 | -2.3230 | -8.1799 | -0.0556 | 0.1088 |
| 9. | -1.8111 | 4.2101 | -1.6476 | -0.0121 | 0.1523 |
| 10. | 3.5493 | 9.5706 | 3.7137 | 0.0237 | 0.1881 |
| 11. | 20.3282 | 26.3494 | 20.4926 | 0.1355 | 0.2999 |
| 12. | 3.2481 | 9.2694 | 3.4125 | 0.0217 | 0.1861 |
| 13. | -24.6740 | -18.6528 | -24.5096 | -0.1645 | -0.0001 |
| 14. | 20.7312 | 26.7525 | 20.8956 | 0.1382 | 0.3026 |
| 15. | 20.3282 | 26.3494 | 20.6041 | 0.1355 | 0.2999 |
| 16. | -3.53618 | 2.4851 | -3.37178 | -0.0236 | 0.1408 |
| 17. | -15.8584 | -9.8371 | -15.6940 | -0.1057 | 0.0587 |
| 18. | 8.5794 | 14.6007 | 8.7438 | 0.0572 | 0.2216 |
| 19. | 4.7481 | 10.7694 | 4.9125 | 0.0317 | 0.1961 |
| 20. | 27.1655 | 33.1867 | 27.3299 | 0.1811 | 0.3455 |
| نسبة النجاح | % 100 | % 100 | % 100 | % 100 | % 100 |

نلاحظ من الجدول أعلاه أن المعايير المستخدمة فـضلا عـن المعيـار المقتـرح $NAIC_c$ حققت جميعها نسبة النجاح نفسها البالغة 100 % .

وأخيرا عند توليد بيانات من نموذج ARAM(1,1) بحجم عينة n=250 ومعلمـة $\theta_1 = -0.8, \phi_1 = 0.8$ كانت نتائج التجربة الأولى كالأتي :-

الجدول (17) :نتائـج مقارنة كفاءة المعايير للتجربة الأولى لعملية توليد بيانـات من نموذج ARMA(1,1) بحجم عينة n=250 ومعلمة $\phi_1 = 0.8$ , $\theta_1 = -0.8$.

| Model | K | AIC | BIC | AICc | NAIC | $NAIC_c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| AR(1) | 1 | 84.1460 | 87.6675 | 84.1946 | 0.3366 | 0.3852 |
| AR(2) | 2 | 21.1482 | 28.1911 | 21.2458 | 0.0846 | 0.1822 |
| ARMA(1,1) | 2 | -31.9676 | -24.9247 | -31.8700 | -0.1279 | -0.0303 |
| ARMA(2,1) | 3 | -29.3909 | -18.8265 | -29.2276 | -0.1176 | 0.0457 |
| ARMA(1,2) | 3 | -29.3909 | -18.8265 | -29.2276 | -0.1176 | 0.0457 |
| MA(1) | 1 | 178.0218 | 181.5432 | 178.0704 | 0.7121 | 0.7607 |
| MA(2) | 2 | 38.0694 | 45.1123 | 38.1670 | 0.1523 | 0.2499 |

وهكذا بالنسبة للتجارب الباقية يتم استخدام الأسلوب نفسه ويمكن تلخيص نتائج هذه التجارب في الجدول الآتي:-

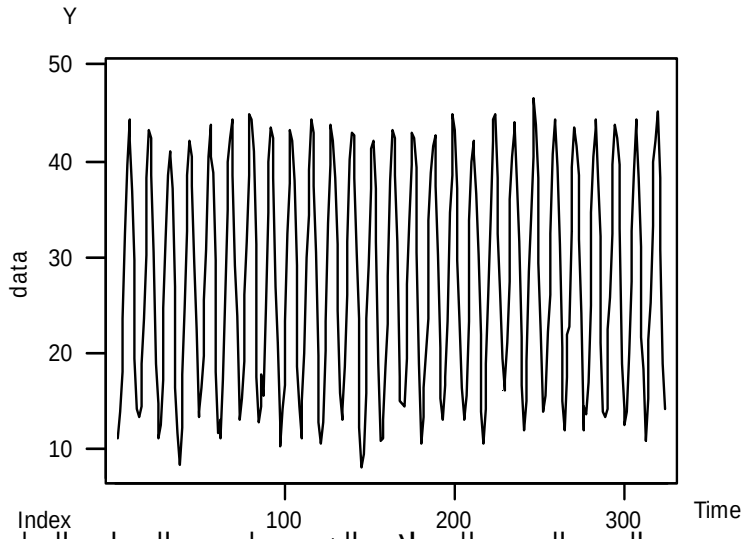
الجدول (18) : نتائج مقارنة كفاءة المعايير للتجارب العشرين لعملية توليد بيانـات من نموذج ARMA(1,1) بحجم عينة n=250 ومعلمة $\phi_1 = 0.8$ , $\theta_1 = -0.8$.

| التجربة | نتائج المعايير | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| r=20 | AIC | BIC | $AIC_c$ | NAIC | $NAIC_c$ |
| 1. | -31.9676 | -24.9247 | -31.8700 | -0.1279 | -0.0303 |
| 2. | -10.1426 | -3.0997 | -10.0450 | -0.0406 | 0.0570 |
| 3. | -31.3909 | -24.3480 | -31.2933 | -0.1256 | -0.0280 |
| 4. | -32.2564 | -25.2135 | -32.1588 | -0.1290 | -0.0314 |
| 5. | 34.1115 | 41.1545 | 34.2091 | 0.1364 | 0.2340 |
| 6. | 4.9980 | 12.0409 | 5.0956 | 0.0200 | 0.1176 |
| 7. | 9.4404 | 16.4833 | 9.5380 | 0.0378 | 0.1354 |
| 8. | 7.2291 | 14.2720 | 7.3267 | 0.0289 | 0.1265 |
| 9. | 49.1634 | 56.2063 | 49.2610 | 0.1967 | 0.2943 |
| 10. | -8.0351 | -0.9922 | -7.9375 | -0.0321 | 0.0655 |
| 11. | -24.5723 | -17.5294 | -24.4747 | -0.0983 | -0.0007 |
| 12. | -9.0866 | -2.0437 | -8.9890 | -0.0363 | 0.0613 |
| 13. | 35.2173 | 42.2602 | 35.3149 | 0.1409 | 0.2385 |
| 14. | -17.9347 | -10.8918 | -17.8371 | -0.0717 | 0.0259 |
| 15. | 24.3949 | 31.4379 | 24.4925 | 0.0976 | 0.1952 |
| 16. | 42.1803 | 49.2232 | 42.2779 | 0.1687 | 0.2663 |
| 17. | 18.3313 | 25.3742 | 18.4289 | 0.0733 | 0.1709 |
| 18. | 23.7028 | 30.7457 | 23.8004 | 0.0948 | 0.1924 |
| 19. | -8.8233 | -1.7804 | -8.7257 | -0.0353 | 0.0623 |
| 20. | 1.7398 | 8.7827 | 1.8374 | 0.0070 | 0.1046 |
| نسبة النجاح | % 100 | % 100 | % 100 | % 100 | % 100 |

نلاحظ من الجدول السابق أن المعايير المستخدمة فضلا عن المعيار المقترح قد حققت جميعها نسبة النجاح نفسها البالغة 100 % .

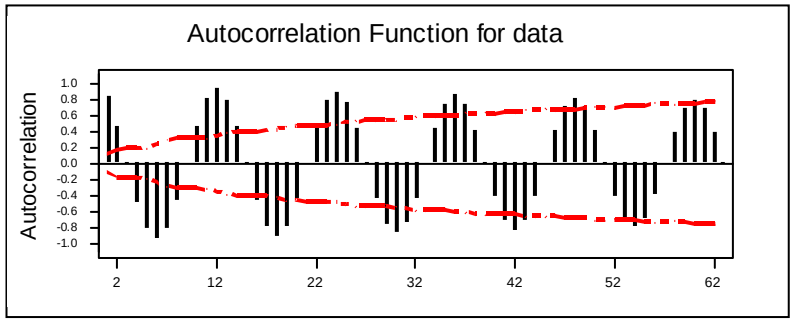
## ب- الأسلوب الثاني :التطبيق على بيانات واقعية

تم التطبيق في هذا الجانب على بيانات المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى للفترة من 1980-2006 إذ زودتنا بهذه البيانات مشكورة دائرة الأنواء الجوية التابعة لمحافظة نينوى.

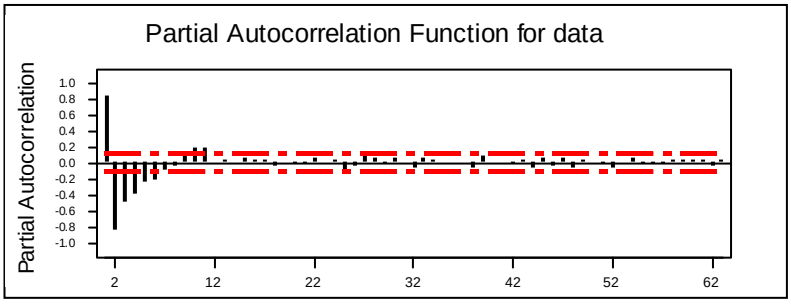



الشكل (1) : يوضح الرسم الزمني للمعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى لمحافظة نينوى للفترة 1980-2006

إن الشكل (1) يبين الرسم الزمني للمعدلات الشهرية أعلاه ويظهر واضحا عدم استقرارية السلسلة الزمنية موسمياً ويؤكد ذلك الشكلان (2) و(3) اللذان يوضحان دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي .

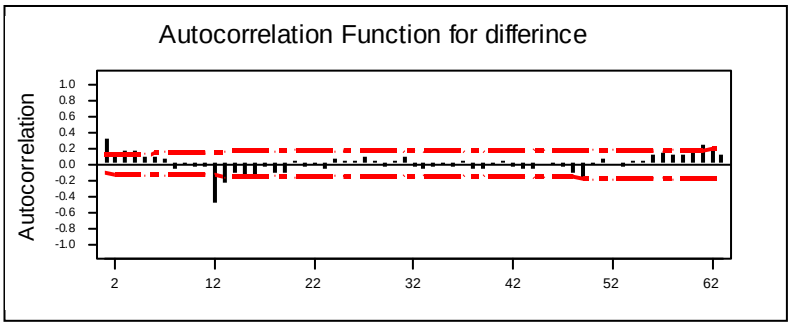



الشكل (2) : رسم دالة الارتباط الذاتي ACF لسلسلة المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى.

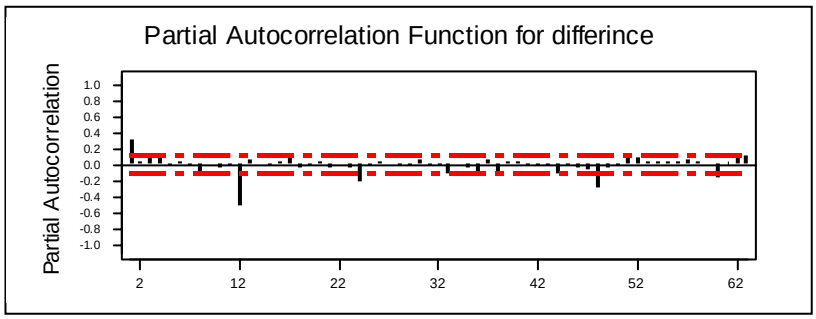



الشكل (3) :رسم دالة الارتباط الذاتي الجزئي PACF لسلسلة المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى .

إن الشكلين (4) و(5) يبينان دالة الارتباط الذاتي و دالة الارتبـاط الـذاتي الجزئي لسلسلة المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى في محافظة نينوى بعـد اخذ الفرق الموسمي S=12 ويظهر بوضوح استقرارية السلسلة الزمنية من خـلال الهبوط السريع لمعاملات الارتباط الذاتي العادية والموسمية وان النمـوذج الـذي يمكن ترشيحه بناءا على هذين الشكلين هـو ARMA(1,1)*SARMA(0,1) ، وبعد إجراء تقدير المعلمات لهذا النموذج وجد بان معلمة المتوسـطات المتحركـة غير معنوية لذا تم التوصل إلى النموذج ARMA(1,0)*SARMA(0,1).




الشكل (4) : رسم دالة الارتباط الذاتي لسلسلة المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى بعد اخذ الفرق الموسمي .




الشكل (5) : رسم دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى بعد اخذ الفرق الموسمي.

لقد تم حساب قيم معايير المعلومات المستخدمة في البحث مـع المعيـار المقتـرح للنماذج التالية التي تم توفيقها لسلسلة المعدلات الشهرية بعد اخذ الفرق الموسمي :

ARMA (1,0)*SARMA(0,1)- ARMA (1,1)*SARMA(0,1)-
ARMA (1,2)*SARMA(0,1)- ARMA (2,1)*SARMA(0,1)-
ARMA (1,2)*SARMA(1,1)-ARMA (2,1)*SARMA(1,1) -
ARMA (1,1)*SARMA(1,1)-ARMA (1,1)و- ARMA (2,1)و-
ARMA (1,2)- SARMA(1,1)- SARMA(0,1).

وكانت النتائج كما مبينة في الجدول الآتي:

الجدول (19) : يوضح قيم المعايير المستخدمة في البحث للنماذج التي تم توفيقهـا لسلسلة المعدلات الشهرية لدرجة الحرارة العظمى بعد اخذ الفرق الموسمي.

| Model | k | AIC | BIC | AICc | NAIC | NAICc |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ARMA(1,0)* SARMA(0,1) | 2 | 296.061 | 303.5471 | 296.1389 | 0.9489 | 1.0268 |
| ARMA(1,1)* SARMA(0,1) | 3 | 294.6163 | 305.8453 | 294.7466 | 0.9443 | 1.0746 |
| ARMA(1,2)* SARMA(0,1) | 4 | 298.0973 | 313.0693 | 313.2654 | 0.9554 | 1.1515 |
| ARMA(2,1)* SARMA(0,1) | 4 | 296.4926 | 311.4646 | 311.6607 | 0.9503 | 1.1464 |
| ARMA(1,2)* SARMA(1,1) | 5 | 295.7579 | 314.4729 | 314.7483 | 0.9479 | 1.2233 |
| ARMA(2,1)* SARMA(1,1) | 5 | 296.6306 | 315.3456 | 315.6210 | 0.9507 | 1.2261 |
| ARMA(1,1)* SARMA(1,1) | 4 | 297.6044 | 312.5764 | 312.7725 | 0.9539 | 1.1500 |
| ARMA(1,1) | 2 | 488.1643 | 495.6504 | 495.7283 | 1.5646 | 1.6425 |
| ARMA(1,2) | 3 | 490.1643 | 501.3934 | 501.5237 | 1.5710 | 1.7013 |
| ARMA(2,1) | 3 | -------- | -------- | ------- | ------ | ------ |
| SARMA(1,1) | 2 | 326.7974 | 334.2834 | 334.3613 | 1.0474 | 1.1253 |
| SARMA(0,1) | 1 | 323.7979 | 327.5409 | 327.5797 | 1.0378 | 1.0766 |

- - - -:النموذج المناسب قد يكون غير مستقر أو غير انعكاسي.

يتضح من الجدول السابق نجاح معيار المعلومـات BIC والمعيـار المقتـرح $NAIC_c$ حصرا في تشخيص النموذج المناسب للبيانات بامتلاكهمـا اقـل القـيم بالتطابق مع النموذج الذي تم تشخيصه مسبقا وأدناه نتائج تقدير النموذج النهـائي :ARMA(1,0)* SARMA(0,1)

| **Final Estimates of Parameters** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Type** | Coef | SE Coef | T | P |
| **AR 1** | 0.3081 | 0.0541 | 5.69 | 0.000 |
| **SMA 12** | 0.9387 | 0.0319 | 29.45 | 0.000 |
| **Constant** | 0.045930 | 0.009234 | 4.97 | 0.000 |
| **Number of observations:** 312 | | | | |
| **Residuals:** **SS** = 788.031 (backforecasts excluded) | | | | |
| **MS** = 2.550 DF = 309 | | | | |
| **Modified Box-Pierce (Ljung-Box) Chi-Square statistic** | | | | |
| **Lag** | 12 | 24 | 36 | 48 |
| **Chi-Square** | 17.7 | 24.8 | 39.8 | 53.3 |
| **DF** | 9 | 21 | 33 | 45 |
| **P-Value** | 0.039 | 0.258 | 0.193 | 0.186 |

النموذج النهائي هو:

$$Z_t = 0.046 + 0.3Z_{t-1} + a_t - 0.9a_{t-12}$$

## 7. الاستنتاجات:

1- أظهرت نتائج تجارب المحاكاة أن المعيـار المقتـرح $NAIC_c$ قـدم نتـائج مشجعة جدا في تحديد رتبة ونوع النموذج المناسب للبيانات المولدة.

2- تفاوتت نسب نجاح المعايير وكفاءتها بحسب نوع النموذج الذي ولـدت منـه البيانات وبحسب حجم العينة وهذا يدل على أن حجم العينة يؤدي دورا رئيـسا ومهما.

3- بصورة عامة اظهر معيار BIC كفاءة أكثر من بقية المعايير.

4- عند التطبيق على البيـانات الواقعية الخاصـة بسلـسلة المعـدلات الـشهرية لدرجة الحـرارة العظمى في محافظة نينوى فقد نجح المعيـار المقترح فـضلا عن المعيـارBIC فقط في تشخيـص النموذج المناسب لبيانات هـذه السلـسلة

وهو النموذج الموسمي المضروب ARMA(1,0) * SARMA(0,1) الاتي:

$$Z_t = 0.046 + 0.3Z_{t-1} + a_t - 0.9a_{t-12}$$

5- إن مجال العمل في اقتراح معايير المعلومات وتطويرها ومن خلال نتائج التجارب في الجانب العملي يستدعي بذل جهود إضافية وصولاً إلى أقصى دقة ممكنة في اختيار النموذج الصحيح.

## المصادر:-


1. 1- المهنا،فراس احمد محمد(2007)."الاستدلال الإحصائي للانحدار الذاتي غير الخطي من الرتب الدنيا"،أطروحة دكتوراه في الإحصاء (غير منشورة)،كلية الإدارة والاقتصاد-جامعة بغداد-العراق.
2. Brockwell , P.J . and Davis, R.A., (1987),"Time Series : Theory and Method", Springer – verlag , New York .
3. Burnham ,K.P. and Anderson , D.R.,(2002)," Model Selection and Multimodel Inference", Second Edition, Springer Science + Business Media, Inc, New York.
4. Burnham ,K.P. and Anderson , D.R.,(2004),"Multimodel Inference Understanding ,AIC and BIC in Model Selection ", Sociological Methods & Research , vol.33,No.2,pp.261-304.
5. Chatfield, C., (1995), " The Analysis of Time Series : An Introduction" Bath University , Fifth edition ,Chapman & Hall | CRC, London, UK.
6. Daniel Pena, George C. Tiao and Ruey s. Tsay , (2001), "A course in Time Series Analysis" , John Wiley & Sons ,Inc.
7. Faraway, J. and Chatfield C., (1998), "Time Series Forecasting with Neural Networks: a Comparative Study using the Airline Date", Appl.Statist. vol.47, part2,pp.231-250.

8. Kullback ,S. and Leibler , R.(1951), "On Information and Sufficiency", Annals of Math. Statist. ,22,pp.79-86.
9. Konishi,S.and Kitagawa,G.,(2008),"Information Criteria and Statistical Modeling",Springer Science +Business Media,LLc.
10. Makridakis, S. Wheelwright ,S.C. and Hyndman ,R.J.,(1998), "Forecasting Methods and Applications 3rd edul John Wiley & Sons , New York.
11. Mantalos , P. and Mattheous , K. and Karagrigoriou, A.,(2008), "Using the Divergence Information Criterion for the Determination of the Order of an Autoregressive Process".
12. Mutua , F.M.,(1994) ," The Use of the Akaike Information Criterion in the Identification of an Optimum Flood Frequency Model ", Hydrological Sciences,vol.39, No.3,pp.235-244.