بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا

كلية الدراسات العليا و البحث العلمي

كلية العلوم – قسم الإحصاء التطبيقي

تطبيق تحليل السلاسل الزمنية لبناء نموذج لكمية الكهرباء المولدة بخزان سنار

Application of Time Series of the Quantity of Electricity Generated from Sennar Dam

بحث تكميلي مقدم لنيل درجة الماجستير في الاحصاء التطبيقي

إعداد الدارسه : **إشراف:**

ساره السر حسن محمد **د.أحمد محمدعبدالله حمدي**

إبريل 2014م

الايـة

بسم الله الرحمن الرحيم

قال تعالى:

صدَقَ الله العَظِيم

سورة طه (114)

الإهداء

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقيني قطرة حب
سعادة إلى من كلّت أنامله ليقدم لنا لحظة
ليمهد لي طريق العلم إلى من حصد الأشواك عن دربي
إلى القلب الكبير

والدي العزيز

إلى من أرضعتني الحب والحنان
إلى رمز الحب وبلسم الشفاء
إلى القلب الناصع بالبياض

والدتي الحبيبة

إلى من هي أمي
إلى من هي أقرب أليّ من روحي

إلي من سكنت دارها ولم اشعر بالغربة

الي روح من احتضنتني بعد والدتي عطر الله قبرها باعمالها الصالحه

خالتي العظيمه

إلى من شاركني حضن ألام وبهم استمد عزتي وإصراري

اخوتي

الآن تفتح الأشرعة وترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر واسع مظلم هو بحر الحياة وفي هذه الظلمة لا يضيء إلا قنديل الذكريات ذكريات الأخوة البعيدة إلى الذين أحببتهم وأحبوني

و اصدقائي

الشكر والتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف خلق الله أجمعين

الشكر اولاً واخيراً لله سبحانه وتعالى الذي وفقني وإعاني لإنجاز وإتمام هذا البحث ومن ثم شكري وتقديري الصرح العلمي الشامخ جامعة السوان للعلوم و التكنولوجيا

في مثل هذه اللحظات يتوقف اليراع ليفكر قبل أن يخط الحروف ليجمعها في كلمات ... تتبعثر لأحرف وعبثاً أن يحاول تجميعها في سطور
سطوراً كثيرة تمر في الخيال ولا يبقى لنا في نهايةالمطاف إلا قليلاً من الذكريات وصور تجمعنا برفاق كانوا إلى جانبنا
فواجب علينا شكرهم ووداعهم ونحن نخطو خطوتنا الأولى في غمار الحياة
ونخص بالجزيل الشكر والتقدير إلى كل من أشعل شمعة في دروب عملنا
وإلى من وقف على المنابر وأعطى من حصيلة فكره لينير دربنا
إلى الأساتذة الكرام في قسم الإحصاء التطبيقي ونتوجه بالشكر الجزيل إلى

الدكتور

احمد محمد عبدالله حمدي

الذي تفضل بإشراف على هذا البحث فجزاه الله عنا كل خير فله منا كل التقدير والاحترام ..
كما أخص بالشكر ايضاً إلى زملائي الاستاذ النذير محمد النور والاستاذ محمد الامين عيسي
وإلى كل من ساهم معي في إخراج هذا البحث بهذه الصورة .

المستخلص

يعتبر موضوع تحليل السلاسل الزمنية من المواضيع الإحصائية المهمة لتفسير الظواهر التي تحدث خلال فترة زمنية محدده ويهدف تحليل السلسة الزمنية إلى الحصول على وصف دقيق للسلسلة وبناء نموذج مناسب لتفسير سلوكها وا ٍستخدام النتائج للتنبؤ بسلوك السلسلة الزمنية في المستقبل .

تضمن البحث هذا إقتراح نموذج إحصائي بإستخدام تحليل السلاسل الزمنية لتوليد خزان سنار للطاقة الكهربائيةوا ٍعتمد البحث المنهج التحليل الإستنتاجي .

فروض البحث :

1. كمية الكهرباء المولده تتناقص مع الزمن.

2- كمية الكهرباء المولده من الخزان في الفتره من(1962_2012) غير مستقره.

ومن أهم الإستنتاجات و التوصيات

1– السلسلة الزمنية لبيانات توليد خزان سنار للطاقه الكهربائيه هى سلسلة مستقرة .

2– النموذج المقترح صالح لأن يستخدم من قبل الجهات التخطيطية لمعرفة الإتجاهات المستقبلية لها.

3– النموذج الإحصائي لسلسلة توليد الطاقة الكهربائيه هو نموذج الإنحدار الذاتي AR (3).

4–أن موضوع البحث بجانبية النظري و التطبيقي يفتح مجالات وآفاق للباحثين وخاصة في جوانب إستخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات(multivariate time series analysis)

5- البيانات تزيد مع مرور الزمن.

Abstract

The topic of time series analysis is considered one of the important statistical topics in illustrating the phenomena which occur during a specific period of time. It aims to the obtaining a precise description of the series and constructing a suitable model for interpreting its conduct, and then using the results for forecasting the conduct of the series in the future.

Our research embodied a suggestion of a statistical model by using the time series analysis of the Electricity Generation, and the research approved the deductive analytical method.

Hypotheses:

1. The amount of electricity generated decreases with time.
2. The amount of electricity generated from the Dam in the period (1962_2012) not stationary.

most important concluding remarks and recommendations which:

1. The time series of the research are stationary series.
2. The models suggested are good for the planning authorities for dominating the Electricity Generation in future.
3. The statistical model for a series of the Electricity generation is a form Autoregressive Models AR (3).
4. The topic of the research – by its parts the theoretical and application – is of the interest of the researchers, especially in the sides of using multivariate time series analysis
5. The data increases with the passage of time.

الفهرست

فهرست الاشكال

فهرست الجداول

الفصل الأول

المقدمه

1.1 تمهيد:

يعتبر موضوع تحليل السلاسل الزمنية من المواضيع الإحصائية المهمة في تحليل الكثير من الظواهر، السلسلة الزمنية عبارة عن مجموعة من المشاهدات آخذت على فترات زمنية نتيجة تعقب هذة الظاهرة لفترة زمنية طويلة نسبياً وفي أغلب الأحيان تكون هذة الفترة الزمنية منتظمة .

وتتلخص أهم أهداف تحليل السلسلة الزمنية في الحصول على وصف دقيق للسلسلة الزمنية وبناء نموذج مناسب لتفسير سلوك السلسلة الزمنية وا ٍستخدام النتائج للتنبؤ بسلوك السلسلة الزمنية في المستقبل.نظراً لما شهده السودان من نمو سكاني ملحوظ وتزايد في طلبات الطاقة الكهربائية كونها المصدر الاساسي للتنمية ودورها في التأثيرات على التطور و التقدم الحضاري في الدولذلك كان لزاماً علينا القيام بإعداد دراسات وتطبيقات إحصائية على الطاقة الكهربائية المنتجة بواسطة خزان سنار بإستخدام السلاسل الزمنية ، ليمكن الجهات المختصة من وضع خططها المستقبلية.

2.1 مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في عدم وجود اسلوب علمي قائم علي استخدام النمازج الرياضيه والاحصائيه في التنبوء بكمية الكهرباء المولده من خزان سنارفي ظل التزايد المستمر علي طلب الطاقه الكهربائيه.

3.1 أهمية البحث:

تنبع اهمية هذا البحث في توفيق افضل نموزج للتنبوء بكمية الكهرباء المنتجه ومن خلال هذا النموزج يمكن التخطيط المستقبلي في الخزان والربط بين المتغيرات المختلفه بطريقه علميه مختبره احصائيا.

4.1 أهداف البحث:

يهدف البحث الي ايجاد نموذج احصائي يوضح الطاقه الكهربائيه المنتجه من خزان سنار باستخدام تحليل السلاسل الزمنيه ليمكن الجهات القائمه علي هذه الظاهره من معرفة الاتجاهات المستقبليه ووضع الخطط اللازمه لها.

5.1 فروض البحث:

1. كمية الكهرباء المولده تتناقص مع الزمن.

2- كمية الكهرباء المولده من الخزان في الفتره من(1962_2012) غير مستقره.

3- افضل نموزج للتنبوء بكمية الكهرباء المولده من الخزان هو احد نماذج ARIMA.

5.1 بيانات البحث:

تم جمع البيانات والمعلومات من محطة توليد كهرباء خزان سنار وهي تمثل كمية الكهرباء المولده من الخزان خلال الفتره من 1962 حتي 2012.

7.1 منهجية البحث:

يستخدم البحث منهج التحليل الوصفي والاستنتاجي باستخدام الحزم الاحصائي SPSS& MINITAB في وصف وبناء (تقدير)نموزج احصائي ملائم معتمدا علي النظريه الاحصائيه.

8.1 حدود البحث:

- الحدود المكانيه:خزان سنار يقع علي النيل الازرق علي بعد حوالي 300كلم جنوب العاصمه الخرطوم

- الحدود الزمنيه:بيانات الدراسه هي بيانات سنويه متتاليه من 1962 حتي 2012 .

9.1 المشكلات التي واجهت البحث:

1. صعوبة الحصول علي البيانات حتي من منطقه الخزان واعتبار ان البيانات هي بيانات سريه.

2- قلة المراجع الخاصه بتحليل السلاسل الزمنيه.

3- فقر مكتبة الخزان من البحوث العلميه وصعوبة ايجاد بحوث عن الخزانات بصوره عامه.

10.1 هيكلية البحث:

يضم البحث خمسة فصول ، الفصل الأول يضم المقدمة و المشكلة و الاهدف و الفروض و الأهمية و حدود البحث والمنهجية و بعض الدراسات و البحوث السابقة، ويضم الفصل الثاني لمحة تاريخية عن الكهرباء وصناعتة في السودان الي جانب توليد خزان سنار ومحطاته وخصص الفصل الثالث للإطار النظري للسلاسل الزمنية و مراحل تحليله ، ونماذج تحليل السلاسل الزمنية ، ويضم الفصل الرابع الجانب العملي(التطبيقي)، و خصص الفصل الخامس لأهم الإستنتاجات والتوصيات.

11.1 البحوث و الدراسات السابقة:

1. في فبراير 2005 قدم ادم احمد ادم بحث بعنوان منسوب النيل عند محطة الخرطوم في الفتره 1992_2004 لنيل درجة الماجستير في الاحصاء ،واهم م توصل اليه الباحث ان النموزج الملائم AR(2) ،كما استنتج ان السودان يستغل حصته الكامله المياه البالغه 18.5 مليار متر مكعب وكذلك لم يستغل الاراضي الزراعيه البالغه مساحتها 12 مليون فدان.

2. في العام 2006م أعد الطالب أكرم عبد الدائم محمد بحث لنيل درجة الماجستير في الإحصاء التطبيقي من جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا عن الإصابة بمرض السرطان. و قد هدف البحث إلى دراسة مرض السرطان في السودان خلال الفترة من يناير 2002م إلى ديسمبر 2004م ، وقد بلغت الإصابات في هذه الفترة 10088 حالة ، و قد توصل البحث إلى أن النموذج المناسب لتقدير عدد الإصابات بالسرطان في السودان هو نموذج المتوسطات المتحركة من المرتبة الأولى $MA\ (1)$.
3. في العام 2006م أعد الطالب Albert KuanyJok بحث لنيل درجة الماجستير فيالإحصاء التطبيقي من جامعة السودان للعلوم و التكنولوجيا عن الأمطار في ولاية القضارف. و قد هدف البحث إلى إيجاد نموذج مناسب لتقدير كمية الأمطار الشهرية في ولاية القضارف و قد توصل البحث إلى إن النموذج المناسب لتقدير كمية الأمطار الشهرية في ولاية القضارف هو النموذج الموسمي المضاعف
4. في ديسمبر 2007 قدمت ايناس احمد حسن دراسه بعنوان النمذجه الاحصائيه لعمل الخزانات المائيه (حالة خزان جبل اولياء) لنيل درجه الماجستير ،ومن اهم ما توصلت اليه انه اعتمادا علي قيمتي AIC&MAP تبين انه افضل نموزج يعبر عن بيانات الدراسه هو نموزج ARIMA(4,2,0) وان كمية المياه الداخله للخزان والخارجه منه تتأثر بعامل الزمن المتمثل بالاشهر ولاتتاثر بعامل الزمن المتمثل بالسنوات بينما كمية الكهرباء المولده من الخزان تتأثر بالسنوات ولا تتاثر بالاشهر.
5. في 2013 قدم ضياء الدين عبد الله بحث بعنوان استخدام نمازج بوكس _جنكنز للسلاسل الزمنيه بالتطبيق علي بيانات الطاقه الكهربائيه في الفتره 1965_2010 . واهم ماتوصل اليه الباحث ان افضل نموزج يلائم البيانات هوAR(4) وقد اتضح له في اختيار البواقي لافضل نموزج ان البيانات غير طبيعيه مما دعي الي اخذ اللوغريثم للبيانات الاصليه

الفصل الثاني

نبذه عن التوليد الكهربائي

1.2 الخلفية التاريخية:

تنبع أهمية الطاقة من كونها المصدر الرئيسي للتنمية سواء كانت صناعية أو زراعية أوخلافه وأنها تلعب دوراً مهماً لنمو كل القطاعات لاشك أن للطاقة الكهربائية الدور الكبير في تحريك عجلة الإقتصاد خاصةً إقتصاديات الدول النامية التي لاتتوفر فيها مصادر أخري للطاقة, أن أثر الطاقة الكهربائية علي الإقتصاد يبدو واضحاً للعيان، فهي المحرك الرئيسي للتطور الصناعي و الزراعي هذا إلي جانب أهميتها في ترقية الحياة اليومية للإنسان من ضروريات وكماليات ولجميع هذه الأسباب مجتمعة كان التركيز علي الطاقة الكهربائية التي لها القدح المعلي في دعم الإقتصاد وتوظيف الموارد البشرية بشكل جيد هذا بالإضافة لدورها الخفي في المحافظة علي البيئة وذلك بإلاستغناء عن موارد الطاقة الأخري الغير نظيفة مما يقلل من تكلفة نظافة المدن ونظافة ذرات الهواء مما ينعكس ذلك إيجاباً علي صحة الإنسان.

ويقاس تقدم الشعوب بمقدار المنتج من الطاقة ومدي الإستفادة منها وقد بلغ متوسط الإستهلاك السنوي للطاقة في السودان للفرد حوالي 120 كيلواط ساعة للعام 2005 بينما يصل في الدول المتوسطة 1000 كيلواط ساعة كما أنه يصل في الدول الصناعية المتقدمة إلي 15000 كيلواط ساعة.

2.2 قطاع الكهرباء :

هو القطاع المعني بتوليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية لكل السودان وبيعها إلي أنماط الإستهلاك المختلفة من سكني/ زراعي/ صناعي/ تجاري وخلافه وتضطلع الهيئة القومية للكهرباء بهذه المهام في السودان.

3.2 قطاع كهرباء خزان سنار:

خزان سنار سد حجري يقع علي النيل الازرق علي بعد حوالي 300 كلم جنوب العاصمه الخرطوم يبلغ طول السد من الضفة الشرقية إلي الضفة الغربية 3025 متر (9925 قدم) وأقصى إرتفاع له 40 متر (130 قدم)، وهو مبني في الطرفين الشرقي والغربي بالطين ولكنه مشيد في الوسط بالجرانيت حيث توجد فتحات ابواب تمرير المياه وكان يعرف باسم خزان مكوار وذلك نسبة لاحدي العائلات التي تسكن في تلك المنطقه في ذلك الوقت كما يقال،هذا وقد اطلق عليه اسم سنار رسميا عند افتتاحه في العام 1926 نسبة لمدينة سنار.

كانت فكرة إنشائه منذ العام 1902 حيث تم عمل دراسات له في العام 1914 وبدأ التحضير لتنفيذه في نفس العام.قام بتشيد الجزء الاول من الخزان الشركه السودانيه للتشيد بالمشاركه مع شركة Messrs Alessandrini&Perssn

واكملت شركة .Messrs S.Perssn&Son ltd العمل به حيث انتهي تشيده في العام 1925م. تبلغ سعة بحيرته حوالي 930 مليون متر مكعب من المياه تستغل في الري وفي انتاج الكهرباء .

كان خزان سنار منذ افتتاحه يستخدم في الري فقط حتي بدايه تاريخ انشاء محطة التوليد الكهربائي في اكتوبر 1959م وافتتحت رسميا في نوفمبر 1962م ،تحتوي المحطه علي عدد اثنين توربينه من نوع كابلن قوة الواحده 10,600حصان تحرك كل توربينه مولد بطاقة 9,400 كيلو فولت أمبير مايعادل MH7.5 بسرعة ثابته مقدارها136.4 لفه في الدقيقه ويتحكم الحاكم في تحديد السرعه بواسطة نظام الهيدروليك عن طريق ضغط الزيت.يبلغ اقصي فرق في المنسوب 17 متر وادني فرق في تشغيل التوربينه 5.8 متر .كما يبلغ اقصي تصريف لكل توربينه 91.4 متر مكعب في الثانيه يوجد بالمحطه مولد ديزل بطاقة 145 كيلو فولت امبير

لظروف الطوارئ .تعمل المحطه بنظام الورديات وعلي رأس كل ورديه مهندس وملاحظ وخمسه عمال.يوجد قسم للصيانه الميكانيكيه والكهربائيه وعلي رأس كل منها كبير مهندسين وملاحظين.

لا زالت المحطه تعمل بكفاءة عاليه حتي الان حيث تنتج 96.6% من طاقتها القصوي.توجد انواع مختلفه من التوربينات المائيه ويتم اختيار نوع التوربينه حسب مقدار فرق المنسوب حيث ان:

1- نوع توربينه كابلن يعمل في فرق منسوب اقل من 40 متر.

2- نوع توربينه فرانسيس ما بين 40 الي 600 متر .

3- نوع بلتون يعمل في فرق منسوب اكثر من 600 متر.

4.2 صناعة الكهرباء:

الطاقه هي القدره علي انجاز عمل ما،وقد بدأ الانسان في انجاز احتياجته الماديه اليوميه بالاعتماد غلي الطاقه البشريه والحيوانيه، ففي قطع الاشجار يعتمد علي طاقته العضليه .وخلال تطوره انتقل الانسان الي استخدام مصادر اخري للطاقه من حطب وفحم نباتي وحجري ثم بترول وغاز طبيعي.واستغلال مصادر المياه كالخزانات والشلالات وتوليد الطاقه الكهربائيه واصبحت الطقه عصب الحياه في مختلف المجالات من زراعه وصناعه ونقل وخدمات منزليه لراحة الانسان .

ويمكن حصر انواع الطاقه في الطاقه الكهربائيه والحراريه والصوتيه والكيميائيه وميكانيكيه وذريه وشمسيه ويمكن بالوسائل الهندسيه من نوع لآخر.

وتعتبر الطاقه الكهربائيه من اكثر مصادر الطاقه سهوله في النقل من محطات التوليد الي مراكز الاستهلاك وهي بمثابةمقياس ومقدم لتقدم الامم وذلك وفقا لاستهلاك الفرد للكهرباء كما انها

العمود الفقري للنمو والتطور والتقدم الاقتصادي والاجتماعي .ويعزى ذلك لاعتماده علي استخدام الطاقه الكامنه للفحم الحجري،لغاز الطبيعي والبترول واليورانيم والمياه وتحويلها الي طاقه كهربائيه للاستعمال في الخدمات المنزليه والمصانع والمزارع لانها مريحه وفعاله واقتصاديه وسهله في حين ان الدول الناميه (دول العالم الثالث)تعتمد علي الطاقه التقليديه مما ادي الي ضعف نموها الاقتصادي.

5.2 التوليد المائي:

الفكرة الأساسية للتوليد المائي هي الإستفادة من الطاقة المائية التي توجد في الأماكن المرتفعة وتهبط بالمساقط فيتم تحويل هذه الطاقة المائية إلي طاقة ميكانيكية تتكون من ريش تعترض مجري الماء حيث تدار لتوليد الطاقة الكهربائية من المولدات المائية .

يتميز التوليد المائي بعدة ميزات عند مقارنتة بالتوليد الغازي أو الحراري وهي:-

1. لا يحتاج إلي وقود في عملية التشغيل لذلك من أجود أنولع التوليد
2. غير مضر بالبيئة وذلك لأنه لاينتج مخلفات ضارة بالبيئة كالغازات والسوائل السامة
3. لا يحتاج إلي زمن طويل عند التشغيلوذلك لسهولة إدخال وا إشراك ماكينات في النظام في زمن وجيز.
4. يعطي أعلي درجات السلامة للعاملين(عدم التعرض لحروق وغازات سامة)

وكذلك للتوليد المائي عدة عيوب منها:-

أ- إختلاف كمية الطلقة المتولدة من وقت لآخر

ب-ارتفاع التكاليف الأولية لبناء المحطة.

ت-صعوبة إجراء الصيانة

عند تصميم محطات التوليد المائية لابد للمهندس المصمم أن يراعي إرتفاع السد وذلك حسب مل يراه مناسب نتيجة للدراسات التي يجريها علي النهر وذلك بدراسة جريان المياه وقياس تدفق النهر لعدد من السنين وكذلك معرفة إنتاج الطاقة الكهربائية المراد إنتاجها من هذه المحطة وكذلك معرفة سنين الجفاف والفيضان وكل ذلك بطريقة دقيقة وبأهمية عالية وباعتبار عند التصميم

6.2 رؤيه مستقبلية لمحطة توليد سنار:

تجري الان دراسة لتاهيل ورفع طاقة ماكنات توليد محطة سنارو إنشاء أبواب إضافية شرق الخزان تساعد على مرور المياه في فترة الفيضان بواسطة الخبير الالماني لامير وتحت اشراف الشركة السودانية للتوليد المائي وسوف تكتمل الدراسة في النصف الثاني لهذا العام .ومن ثم تبداء إجراءات تنفيذ المشروع .

الفصل الثالث
الإطار النظري

3-1 تمهيد:

السلسلة الزمنية هي عبارة عن مجموعة من القياسات المأخوذة عن متغير مرتبة وفقاً لزمن حدوثها وتعتبر السلاسل الزمنية الخاصة بالمؤثرات الاقتصادية مثل الدخل القومي البطالة، الإنتاج الصناعي وغيرها من السلاسل الزمنية المهمة وكذلك الحال بالنسبة للمبيعات السنوية للشركات التجارية والصناعية خلال فترة زمنية معينة هي عبارة عن سلاسل زمنية مهمة كذلك. وذلك لا يعني أن السلاسل الزمنية مقتصرة على المجالات الاقتصادية والتجارية بل تمتد أيضاً لمجالات أخرى مثل قياس كمية الأمطار في منطقة معينة، عدد الطلبة في مؤسسة تعليمية ما، حجم السكان في منطقة ما.

3-2 انواع السلاسل الزمنية:

وتكون السلسلة الزمنية على نوعين متصلة Continues ومنفصلة Discrete بحسب الزمن. ويمكن أن تكون مستقرة Stationary إذا كانت الخصائص الإحتمالية لا تتأثر بالزمن أو غير مستقرة Non stationary إذا كانت الخصائص الإحتمالية تتأثر بالزمن, ونموذج السلسلة الزمنية هو الدالة التي تر بط قيم السلسلة الزمنية بالقيم السابقة لها وأخطائها.

3-3 مكونات السلسلة الزمنية:

تتكون السلسلة الزمنية عادة من أربعة عناصر والتي يطلق عليها عادة بمكونات أو مركبات السلسلة الزمنية وهي:

1- الاتجاه العامSecular Trend

2– التغيرات الدورية Cyclical Variations

3– التغيرات الموسمية Seasonal Variations

4– التغيرات الفرضية أو الغير منتظمة Irregular Variations

3–3–1 الاتجاه العام:

وهو العنصر الذي يقصد به الحركة المنتظمة للسلسلة عبر فترة زمنية طويلة نسبياً . ويعتبر في العادة أهم عناصر السلسلة الزمنية وغالباً ما يعتبر كعنصر وحيد في بناء التوقعات، ويقال أن الاتجاه العام للسلسة الزمنية موجباً إذا كان الاتجاه نحو التزايد بمرور الزمن كما هو الحال مع عدد السكان في أغلب دول العالم. ويقال أن الاتجاه العام للسلسة سالباً إذا اتجهت القيم نحو التناقص بمرور الزمن كما هو الحال لنسبة الأميين إلى مجموع السكان في العديد من دول العالم.

3–3–2 التغيرات الدورية:

وهي التغيرات التي تطرأ على قيم السلسلة الزمنية بصورة منتظمة أو غير منتظمة ويزيد أمدها على السنة والتغيرات الدورية تقيس فترة أو دورة التغير للمعطيات وبصورة عامة يتضمن هذا العنصر عدة مراحل هي:

مرحلة الارتفاع الأولي، ومرحلة التراجع، ثم مرحلة الانتعاش المحدود (الركود) وأخيراً مرحلة الارتفاع النهائي وهذه المراحل الأربعة تمثل دورة كاملة. ومن الأمثلة على ذلك الدورات

الاقتصادية التي تمر بها بعض الدول حيث يمر الاقتصاد فيها بمرحلة النمو السريع تعقبها مرحلة من التراجع الاقتصادي ثم مرحلة ركود ثم استعادة النشاط الاقتصادي ذات النمو.

3-3-3 التغيرات الموسمية:

وهي التغيرات التي تحدث بصيغة دورية في فترات زمنية لا يزيد طولها عن السنة، فقد تكون أسبوعية أو شهرية أو فصلية، أي أنها التغيرات المتشابهة التي تظهر في الأسابيع أو الشهور أو الفصول المتناظرة خلال الفترات الزمنية المختلفة. ومن الأمثلة على ذلك مبيعات الملابس في فترة الأعياد، استهلاك الكهرباء، مبيعات بطاقات النهائي في المناسبات والأعياد.

4-3-3 التغيرات العرضية

وتشير إلى ما تبقى من التغيرات التي لم تدخل في العناصر السابق ذكرها وترجع إلى التغيرات العرضية إلى عوامل لا يمكن التحكم فيها أو تلك التي تقع بصورة غير متوقعة مثل الزلازل والحروب والأحداث السياسية وغيرها.

لذا يعتبر هذا العنصر عشوائي وقد تسمى هذه التغيرات بالتغيرات العشوائية، إلا أن تأثيرها يكون مؤقتاً يزول بزوال الأسباب المؤدية إليه.

ما فائدة معرفة هذه المركبات؟

إن التعرف على هذه المركبات وتقديرها أحد أهداف دراسة السلاسل الزمنية، وذلك لأن معرفة الاتجاه العام مثلاً يساعدنا في التخطيط طويل الأجل، وتنبؤ ما قد يحدث في المستقبل، أما معرفة التغيرات الموسمية أو الدورية فإنه يفيدنا في التخطيط قصير الأجل.

4-3 بعض التعريفات :

تعريف 3−4−1: يقال إن السلسلة الزمنية المشاهدة $\{z_1, z_2, \cdots, z_{n-1}, z_n\}$ مستقرة Stationary إذا حققت الشروط التالية:

$$1- \quad E\left(z_t\right) = \text{ constant} = \mu, \quad \forall t$$

$$2- \quad \operatorname{cov}\left(z_t, z_s\right) = \begin{cases} \text{constant} = \gamma_0, \forall t, \forall s, t = s \\ f\left(\left|s-t\right|\right), \forall t, \forall s, t \neq s \end{cases}$$

تعريف 3−4−2: التشويش الأبيض White Noise $\{a_t\}$ هو عبارة عن متتابعة من المشاهدات العشوائية غير المرتبطة (وأحياناً نفترض إنها متتابعة من المتغيرات العشوائية التي تكون مستقلة ولها توزيعات متطابقة (Independent, Identically Distributed (IID)) بمتوسط صفري وتباين ثابت σ^2 و غالباً ما يكون لها الخصائص الآتية:

$$1- \quad E\left(a_t\right) = 0, \forall t$$

$$2- \quad \operatorname{cov}\left(a_t, a_s\right) = \begin{cases} \sigma^2, & \forall t, \forall s, t = s \\ 0, & \forall t, \forall s, t \neq s \end{cases}$$

$$3- \quad a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right)$$

$$4- \quad E\left(a_t, a_s\right) = 0, \quad \forall t, \forall s, t \neq s$$

$$5- \quad E\left(z_s, a_t\right) = 0, \quad \forall t, \forall s, t \neq s$$

تعريف3-4-3: دالة التغاير الذاتي Auto covariance Function وتعرف كالتالي:

$$\gamma_{t,s} = \text{cov}(z_t, z_s), \cdots \forall t, \forall s$$

$$= E[(z_t - \mu) - (z_s - \mu)], \forall t, \forall s \dots\dots\dots (1-3)$$

وا ذا عرفنا الإزاحة k على إنها الفترة الزمنية التي تفصل بين Z_t وبين Z_{t-k} أو Z_{t+k} فإن دالة التغاير الذاتي تعطى بالعلاقة:

$$\gamma_k = \text{cov}(z_t, z_{t-k}), \cdots k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

$$= E[(z_t - \mu) - (z_{t-k} - \mu)], k = 0, \pm 1, \pm 2 \dots\dots\dots (2-3)$$

تعريف3-4-4: دالة الإرتباط الذاتي Autocorrelation Function (ACF)

وتعرف كالتالي:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}, k = 0 \pm 1 \pm 2 \dots\dots.. (3-3)$$

ولها الخواص التالية:

1. $\rho_0 = 1$
2. $\rho_{-k} = \rho_k$
3. $0 \le |\rho_k| \le 1$

دالة التغاير الذاتي للتشويش الأبيض هي:

$$\gamma_k = cov(a_t, a_{t-k})\{ {}^{\sigma^2, k = 0}_{o} \dots\dots\dots. (4-3)$$

And

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}\{\sigma^2, k = 0 \atop o \quad \dots\dots.(5-3)$$

تعريف 3–4–5: دالة الإرتباط الذاتي الجزئي Partial Autocorrelation Function (PACF)

وتعطي مقدار الإرتباط بين Z_t و Z_{t-k} بعد إزالة تأثير الإرتباط الناتج من المتغيرات $Z_{t-1}, Z_{t-2}, \dots, Z_{t-k+1}$ الواقعة بينهما ويرمز لها عند الإزاحة k بالرمز ϕ_{kk} وأحد طرق حسابها تقوم على حساب معامل الإنحدار الذاتي ϕ_{kk}:

$$z = \emptyset_{k1} z_{t-1} + \emptyset_{k2} z_{t-2} + .. \emptyset_{kk} z_{t-k} + a_t \dots\dots.(6-3)$$

$$z_k = \phi_1 z_{t-1} + a_t$$

حساب ϕ_{11}:

بضرب طرفي العلاقة بـ Z_{t-1} وأخذ التوقع نجد

$$E(Z_{t-1}Z_t) = \phi_{11} E(Z_{t-1}Z_{t-1}) + E(Z_{t-1}a_t)$$

أي

$$\gamma_1 = \emptyset_{11}\gamma_0 \qquad \dots\dots\dots\dots(7-3)$$

بالقسمة على γ_0 نجد

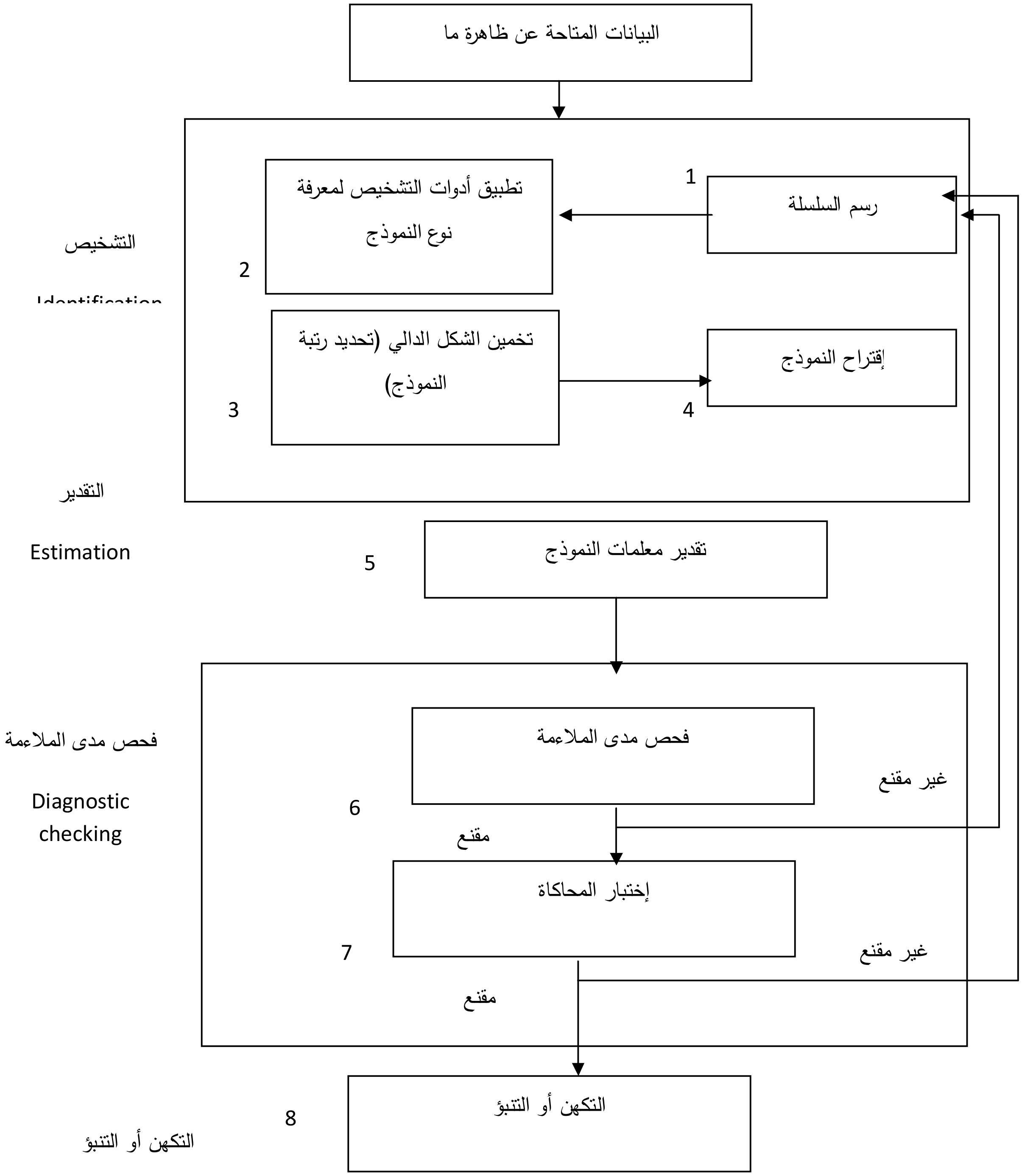
$$\emptyset_{11} = \rho_1 \qquad \dots\dots\dots\dots\dots(8-3)$$

3–5 تحليل السلاسل الزمنية : Time Series analysis

يتكون تحليل السلاسل الزمنية من مراحل متسلسلة تبدأ بمرحلة التشخيص Identification للنموذج والتي تعد المرحلة الأهم. وتليها مرحلة تقدير Estimation معلمات النموذج ، ومن ثم مرحلة فحص مدى الملاءمة Diagnostics Checking للنموذج. وتأتي المرحلة الأخيرة وهي مرحلة التنبؤ Forecasting. ومن الجدير بالذكر أن هناك إتجاهين لتحليل السلاسل الزمنية الأول هو إتجاه الزمن Time Domain والذي يعتمد على دوال الإرتباط الذاتي ودوال الإرتباط الذاتي الجزئي الثانى هو إتجاه التكرارFrequency Domain والذي يعتمد على تحليل الطيفي Spectrum Analysis وهنا سيكون تطبيقنا في هذا البحث على الإتجاه الأول .

و الشكل رقم 2–1 هو مخطط الإنسيابي Flowchart لتحليل السلاسل الزمنية

شكل (3-1): يوضح مراحل تحليل السلسلة الزمنية:{[1]}



المخطط الإنسيابي لتحليل السلسلة الزمنية

3-6 السكون (الإستقرارية): Stationary

من شروط تحليل السلسلة الزمنية أن تكون مستقرة في المتوسط أي أن متوسطها ثابت و لا يختلف باختلاف الزمن . و أيضا يجب أن يكون تباين السلسلة الزمنية ثابت و لا يختلف باختلاف الزمن .

و عدم تحقق أي من الشرطين السابقين يؤدي إلى عدم إمكانية تحليل السلسلة الزمنية و لذلك يجب معالجته أولاً .

3-6-1 معالجة عدم الاستقرار في المتوسط :

تتم معالجة عدم الإستقرار في المتوسط بإيجاد تحويل مناسب للسلسلة غير المستقرة لتحويلها إلى سلسلة مستقرة فإذا كان لدينا النموذج الآتي:

$$z_t = a_0 + a_1 + a_t \ldots . \sim N(0, \sigma^2) \ldots \ldots \ldots . (9-3)$$

نجد إن المتوسط هو

$$\mathrm{E}(z_t) = \alpha_0 + \alpha_1 t$$

وهو غير ثابت بالنسبة للزمن، أي أن شرط الإستقرار الأول غير متحقق في هذه الحالة.

نوجد التحويل ∇z_t و كالتالي:

$$\nabla z_t = z_t - z_{t-1} \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots (10-3)$$

الآن نجد متوسط السلسلة الجديدة w_t

$$E(w_t) = \alpha_1 = constsnt \ldots \forall t$$

أي أن تطبيق التحويل $\nabla = (1-B)$ على السلسلة غير المستقرة (أي أخذ الفرق الأول للسلسلة) حولها إلى سلسلة مستقرة.

و كمثال آخر إذا كان لدينا النموذج الآتي:

$$z_t = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_t \sim N(0, \sigma^2), a_0, a_1, a_2 \in (-\infty, \infty) \dots\dots\dots\dots (10-3)$$

بإيجاد المتوسط

$$E(z_t) = \alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2$$

وهو يعتمد على الزمن، أي أن النموذج غير مستقر. بأخذ التحويل $\nabla^2 z_t$ (أخذ الفرق الثاني) نجد

$$\rho_1 = \phi_1 + \phi_2 \rho_1 + \dots\dots\dots\dots + \phi_p \rho_{p-1}$$

$$(1-2B+B^2) z_t = (1-2B+B^2)(\alpha_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t^2 + a_t)$$

$$w_t = [\alpha_0 - 2\alpha_0 - \alpha_0] + [\alpha_1 t - 2\alpha_1 (t-1) + \alpha_1 (t-2)] + [\alpha_2 t^2 - 2\alpha_2 (t-1)^2 + \alpha_2 (t-2)^2] + [a_t - 2a_{t-1} + a_{t-2}]$$

$$2\alpha_1 + a_t + a_{t-1} + a_{t-2}$$

$$= 2\alpha_1 + E(a_t + a_{t-1} + a_{t-2})$$

وهكذا

$$w_t = \nabla^2 z_t = 2a_1 \dots\dots\dots\dots (11-3)$$

$$E(w_t) = 2\alpha_1 = constsnt \dots \forall t$$

أي أن تطبيق التحويل ∇^2 (أي أخذ الفرق الثاني) على السلسلة غير المستقرة حولها إلى مستقرة.

بشكل عام إذا كان النموذج غير المستقر على الشكل

$$z_t = \alpha_0 + \alpha_1 t \ldots \alpha_s t^s + a_t, a_t \sim N(0, \delta^{2)}, \alpha_0, \alpha_1, \ldots \alpha_s \in (-\infty, \infty)$$

فإن التحويل $\nabla^d z_t$ يحوله إلى نموذج مستقر، أي أن $w_t = \nabla^d z_t$ هو نموذج مستقر.

3-6-2 معالجة عدم الاستقرار في التباين:

تتم معالجة عدم الإستقرار في التباين بإيجاد تحويل مناسب للسلسلة غير المستقرة لتحويلها إلى سلسلة مستقرة فإذا كان لدينا النموذج الآتي:

$$z_t = z_{t-1} + a_t, \quad a_t \sim N(0, \sigma^2) \ldots \ldots \ldots (12-3)$$

نجد من التعويض المتكرر

$$z_t = a_1 + a_2 + \cdots + a_t$$

وبأخذ التوقع والتباين

$$E(z_t) = 0 = \text{constant} \quad \forall t$$
$$V(z_t) = t\sigma^2$$

ونلاحظ إن التباين يعتمد على الزمن t.

بأخذ الفرق الأول

$$w_t = \nabla z_t = z_t - z_{t-1} = a_t \qquad \ldots \ldots \ldots (13-3)$$

وبأخذ التوقع والتباين

$$E(w_t) = 0 = \text{constant} \quad \forall t$$
$$V(w_t) = \sigma^2 = \text{constant} \quad \forall t$$

إذن الفرق الأول حول السلسلة غير المستقرة في التباين إلى سلسلة مستقرة.

بشكل عام إذا كان التباين دالة في متوسط متغير على الشكل

$V(z_t)=cf(\mu_t)$

حيث $c>0$ ثابت و $f(u_t)$ دالة معروفة تعطى قيمة غير سالبة و μ_t متوسط يتغير مع الزمن و بالتالي فإن التباين يعتمد على الزمن وهنا نحاول إيجاد تحويل $T(z_t)$ أي أيجاد دالة $T(u_t)$ لإستقرار التباين.

التحويل

$$y-T(z)-\frac{z_1^{\lambda}-1}{\lambda}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(14-3)$$

يعطي سلسلة مستقرة في التباين حيث $\lambda\in(-\infty,\infty)$ هو معلمة التحويل. الجدول التالي يعطي القيم الأكثر إستخداماً للمعلمة λ مع التحويلات المقابلة لها:

جدول (3-1): يعطي القيم الأكثر إستخداما للمعلم λ مع التحويلات المقابلة لها:

λ	-0.1	-0.5	0.0	0.5	1.0
y_t	$\frac{1}{z_t}$	$\frac{1}{\sqrt{z_t}}$	$\ln z_t$	$\sqrt{z_t}$	z_t

3-7 نماذج تحليل السلاسل الزمنية Time Series analysis models:

تضم نماذج تحليل السلاسل الزمنية بصورة عامة ثلاثة نماذج أساسية تسمى نماذج بوكس جنكز ونستعرض النماذج مع بعض خصائصها :

نماذج الإنحدار الذاتي AR(p) :

و التي تعرف بصورة عامة كالآتي:

$$\phi_p(B)z_t = \delta + a_t \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(8-2)$$

$$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \cdots + \phi_p z_{t-p} + a_t , a_t \sim N(0,\delta^2) \ldots\ldots\ldots(9-2)$$

نموذج الإنحدار الذاتي من الدرجة الأولى $AR(1)$:

وهو على الشكل:

$$\phi_1(B)z_t = \delta + \theta_0(B)a_t$$

$$(1-\phi_1)z_t = \delta + a_t$$

$$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + a_t , a_t \sim N(0,\delta^2) \ldots\ldots\ldots\ldots(10-2)$$

ولكي يتحقق شرط الإستقرارية يجب أن يكون

$$|B| > 1 \Rightarrow |\phi_1| = \frac{1}{|B|} \Rightarrow |\phi| \le 1$$

$$-1 < \phi < 1$$

خصائص نماذج الإنحدار الذاتي:

نستعرض الخصائص الإحصائية التي تميز نماذج الإنحدار الذاتي

و قبل دراسة خصائص تلك النماذج يجب أن نذكر تعريف كل من التغاير الذاتي و الإرتباط الذاتي و الإرتباط الذاتي الجزئي.

تعريف2−4: دالة التغاير الذاتي Auto covariance Function وتعرف كالتالي:

$$\gamma_{t,s} = \text{cov}(z_t, z_s), \cdots \forall t, \forall s$$

$$= E\left[(z_t - \mu)(z_s - \mu)\right] \cdots \forall t, \forall s ....(11-2)$$

وا إذا عرفنا الإزاحة k على إنها الفترة الزمنية التي تفصل بين Z_t وبين Z_{t-k} أو Z_{t+k} فإن دالة التغاير الذاتي تعطى بالعلاقة:

$$\gamma_k = \text{cov}(z_t, z_{t-k}), \cdots k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

$$= E\left[(z_t - \mu)(z_{t-k} - \mu)\right], K = 0, \pm 1, \pm 2, ...(12-2)$$

تعريف2−5: دالة الإرتباط الذاتي Autocorrelation Function (ACF)

وتعرف كالتالي:

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}, K = 0, \pm 1, \pm 2, ...(13-2)$$

ولها الخواص التالية:

1. $\rho_0 = 1$
2. $\rho_{-k} = \rho_k$
3. $0 \leq |\rho_k| \leq 1$

دالة التغاير الذاتي للتشويش الأبيض هي:

$$\gamma_k = \text{cov}(a_t, a_{t-k}) \begin{cases} \delta^2, k = 0 \\ 0 \end{cases} ....(14-2)$$

And

$$\rho_k = \frac{\gamma_K}{\gamma_0}\begin{cases}1, k=0\\0\end{cases} ....(15-2)$$

تعريف 2–6: دالة الإرتباط الذاتي الجزئي Partial Autocorrelation Function (PACF)

وتعطي مقدار الإرتباط بين Z_t و Z_{t-k} بعد إزالة تأثير الإرتباط الناتج من المتغيرات $Z_{t-1}, Z_{t-2}, ..., Z_{t-k+1}$ الواقعة بينهما ويرمز لها عند الإزاحة k بالرمز ϕ_{kk} وأحد طرق حسابها تقوم على حساب معامل الإنحدار الذاتي ϕ_{kk}

$$z_t = \phi_{k1} z_{t-1} + \phi_{k2} z_{t-2} + \cdots \phi_{kk} z_{t-k} + a_t ....(16-2)$$

$$z_k = \phi_1 z_{t-1} + a_t$$

حساب ϕ_{11}:

بضرب طرفي العلاقة بـ Z_{t-1} وأخذ التوقع نجد

$$E\left(Z_{t-1} Z_t\right) = \phi_{11} E\left(Z_{t-1} Z_{t-1}\right) + E\left(Z_{t-1} a_t\right)$$

أي

$$\gamma_1 = \phi_{11} \gamma_0 \qquad ....(17-2)$$

بالقسمة على γ_0 نجد

$$\phi_{11} = \rho_1 \qquad ....(18-2)$$

تعريف2-7: بشكل عام تعرف دالة الإرتباط الذاتي الجزئي كالتالي:

$$\phi_{kk} = \begin{cases} 1, & k=0 \\ \rho_1, & k=1 \\ \dfrac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \cdots & \rho_{k-3} & \rho_2 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \cdots & \rho_1 & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \cdots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \cdots & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}}, & k=2,3,\ldots \end{cases} \qquad ....(19-2)$$

حيث | | ترمز إلي محدد المصفوفة.

التعريف السابق صعب الإستخدام لقيم k الكبيرة وهناك تعريف آخر لحساب دالة الإرتباط الذاتي الجزئي تكرارياً .

تعريف 2-8 : تحسب ϕ_{kk} تكرارياً من العلاقات

$$\phi_{00} = 1, \quad \text{by definition} \qquad ....(20-2)$$

$$\phi_{11} = \rho_1 \qquad ....(21-2)$$

$$\phi_{kk} = \frac{\rho_k - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j}\,\rho_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} \phi_{k-1,j}\,\rho_j}, \quad k = 2,3,... \qquad ....(22-2)$$

حيث

$$\phi_{kj} = \phi_{k-1,j} - \phi_{kk}\phi_{k-1,k-1}, \quad j = 1,2,...,k-1 \qquad ....(23-2)$$

حساب ϕ_{22}:

من تعريف **2-8**:

$$\phi_{22} = \frac{\rho_2 - \phi_{11}\rho_1}{1 - \phi_{11}\rho_1} = \frac{\rho_2 - \rho_1^2}{1 - \rho_1^2} \qquad ....(24-2)$$

وذلك لأن $\phi_{11} = \rho_1$.

أما الإرتباط الذاتي الجزئي للتشويش الأبيض فهو:

من تعريف 2-7:

$$\phi_{00} = 1, \quad \text{by definition} \qquad ....(25-2)$$

$$\phi_{11} = \rho_1 = 0 \qquad ....(26-2)$$

وبالتعويض في تعريف 2-6 عن ϕ_{kk} نجد

$$\phi_{22} = \phi_{33} = \cdots = 0$$

وهكذا:

$$\phi_{kk} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ 0, & k \neq 0 \end{cases} \quad \text{.............}(27-2)$$

تعريف2–9: تحسب r_{kk} تكرارياً من العلاقات

$$r_{00} = 1, \quad \text{by definition} \quad \text{.............}(28-2)$$

$$r_{11} = r_1 \quad \text{..............}(29-2)$$

$$r_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j}\, r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j}\, r_j}, \quad k = 2,3,... \quad \text{.............}(30-2)$$

حيث

$$r_{kj} = r_{k-1,j} - r_{kk}\, r_{k-1,k-1}, \quad j = 1,2,...,k-1 \quad \text{.................}(31\text{-}2)$$

وهي مقدَّر Estimator لدالة الإرتباط الذاتي الجزئي من العينة أي $\hat{\phi}_{kk} = r_{kk}, \quad k = 0,1,2,...$ وبما إنها مُقدِّر فهي إذن تتغير عشوائياً من عينة لأخرى ولهذا فإن لها الخواص التالية:

1- $V\left(r_{kk}\right) \cong \frac{1}{n}, \quad k>0$

2 – لقيم n الكبيرة فإن r_{kk} يكون لها تقريباً توزيع طبيعي وبالتالي نستطيع القيام بالإختبار التالي:

$$H_0 : \phi_{kk} = 0$$
$$H_1 : \phi_{kk} \neq 0$$

وذلك بإستخدام الإحصائية:

$$\frac{\left|r_{kk}\right|}{n^{-\frac{1}{2}}} = \sqrt{n}\left|r_{kk}\right|$$

وذلك عند مستوى معنوية $\alpha = 0.05$ وترفض H_0 إذا كانت $\sqrt{n}\left|r_{kk}\right| > 1.96$

3- تحت الفرضية $H_0 : \phi_{kk} = 0, \forall k$ فأن $corr\left(\phi_{kk}, \phi_{k-s,k-s}\right) \cong 0, s \neq 0$

4-تُقدّر التباينات لدالة الإرتباط الذاتي للعينة كالتالي:

$$\hat{V}\left(r_{kk}\right) \cong \frac{1}{n}, \quad k>0$$

خصائص نموذج الإنحدار الذاتي من الدرجة الأولى AR(1) :

وهو على الشكل:

$$\phi_1\left(B\right) z_t = \delta + \theta_0\left(B\right) a_t$$

$$\left(1-\phi_1 B\right) z_t = \delta + a_t$$
$$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + a_t, \quad a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right) \qquad ....(32\text{-}2)$$

سوف نوجد التوقع (المتوسط) ودالتي الإرتباط الذاتي والإرتباط الذاتي الجزئي:

$$\left(1-\phi_1 B\right) z_t = \delta + a_t$$

$$z_t = \frac{\delta}{\left(1-\phi_1\right)} + \left(1-\phi_1 B\right)^{-1} a_t \qquad ....(33-2)$$

$$E\left(z_t\right) = \frac{\delta}{\left(1-\phi_1\right)} + E\left[\left(1-\phi_1 B\right)^{-1} a_t\right]$$

الحد الثاني في الطرف الأيمن هو

$$E\left[\left(1-\phi_1 B\right)^{-1} a_t\right] = E\left[\left(\sum_{j=0}^{\infty} \phi_1{}^j B^j\right) a_t\right]$$

$$\begin{aligned} E\left[\left(1-\phi_1 B\right)^{-1} a_t\right] &= E\left[\left(\sum_{j=0}^{\infty} \phi_1{}^j B^j\right) a_t\right] \\ &= \left[\left(\sum_{j=0}^{\infty} \phi_1{}^j B^j\right) E\left(a_t\right)\right] \\ &= 0, \quad \forall t \end{aligned}$$

ويكون

$$E\left(z_t\right) = \frac{\delta}{\left(1-\phi_1\right)}$$

أو

$$\mu = \frac{\delta}{\left(1-\phi_1\right)}$$

$$\therefore \delta = \mu\left(1-\phi_1\right) \qquad ....(34-2)$$

وبالتعويض عن δ في صيغة النموذج نجد

$$
\begin{aligned}
z_t &= \delta + \phi_1 z_{t-1} + a_t \\
&= \mu(1-\phi_1) + \phi_1 z_{t-1} + a_t \\
&= \mu + \phi_1(z_{t-1} - \mu) + a_t
\end{aligned}
$$

$$(z_t - \mu) - \phi_1(z_{t-1} - \mu) = a_t$$

نضرب طرفي المعادلة السابقة في $z_{t-k} - \mu$ ونأخذ التوقع أي

$$\mathrm{E}\left[(z_{t-k}-\mu)(z_t-\mu)\right] - \phi_1 \mathrm{E}\left[z_{t-k}-\mu)(z_{t-1}-\mu)\right]\mathrm{E}\left[z_{t-k}-\mu)a_t\right], k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

أي

$$\gamma_k - \phi_1 \gamma_{k-1} = E\left[(z_{t-k} - \mu)a_t\right], \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

وذلك من تعريف 2−5 و نحل هذه العلاقة تكراريا ً كما يلي:

$$k = 0: \quad \gamma_0 - \phi_1 \gamma_1 = E\left[(z_t - \mu)a_t\right]$$

لأيجاد الطرف الأيمن نقوم بالتالي:

$$
\begin{aligned}
&E\left[a_t(z_t - \mu)\right] - \phi_1 E\left[a_t(z_{t-1} - \mu)\right] = E(a_t a_t) \\
&E\left[a_t(z_t - \mu)\right] - \phi_1 \times (0) = \sigma^2 \\
&\therefore E\left[a_t(z_t - \mu)\right] = \sigma^2
\end{aligned}
$$

إذن

$$\gamma_0 - \phi_1 \gamma_1 = \sigma^2$$

$$k = 1: \quad \gamma_1 - \phi_1 \gamma_0 = E\left[(z_{t-1} - \mu)a_t\right] = 0$$

بما أن

$$\gamma_k - \phi_1 \gamma_{k-1} = 0, \quad k = 1, 2, \cdots$$

بقسمة المعادلة الأخيرة على γ_0 نجد

$$\rho_k - \phi_1 \rho_{k-1} = 0, \quad k = 1, 2, \cdots$$

أو

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1}, \quad k = 1, 2, \cdots$$

وبما أن $\rho_0 = 1$ فإن:

$$\rho_1 = \phi_1 \rho_0 = \phi_1$$
$$\rho_2 = \phi_1 \rho_1 = \phi_1^{\ 2}$$
$$\vdots$$
$$\rho_k = \phi_1^k$$

أو بشكل دالة

$$\rho_k = \phi_1^{|k|}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots \qquad \text{.................}(35\text{-}2)$$

وذلك لأن $\rho_{-k} = \rho_k, \quad \forall k$ يتم النظر من الآن وصاعداً للشق الموجب من ρ_k أي

$$\rho_k = \phi_1^k, \quad k = 0, 1, 2, \cdots$$

نشتق الآن دالة الإرتباط الذاتي الجزئي

من التعريف 2−6 نجد

$$\phi_{00} = 1, \quad \text{by definition}$$
$$\phi_{11} = \rho_1 = \phi_1, \quad \text{by definition}$$
$$\phi_{22} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & \rho_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \phi_1 \\ \phi_1 & \phi_1^2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \phi_1 \\ \phi_1 & 1 \end{vmatrix}} = \frac{0}{1-\phi_1^2} = 0$$
$$\vdots$$
$$\phi_{kk} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \cdots & \rho_2 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \cdots & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \cdots & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \cdots & \rho_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \cdots & 1 \end{vmatrix}} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \phi_1 & \cdots & \phi_1 \\ \phi_1 & 1 & \cdots & \phi_1^2 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \phi_1^{k-1} & \phi_1^{k-2} & \cdots & \phi_1^k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \phi_1 & \cdots & \phi_1^k \\ \phi_1 & 1 & \cdots & \phi_1^{k-1} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \phi_1^{k-1} & \phi_1^{k-2} & \cdots & 1 \end{vmatrix}} = \frac{0}{|\ | > 0}$$

محددة البسط تساوي صفر لأن العمود الأخير يساوي العمود الأول مضروباً في ϕ_1 ونكتب دالة الإرتباط الذاتي الجزئي على الشكل الدالي:

$$\phi_{kk} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ \phi_1, & k = 1 \\ 0, & k \geq 2 \end{cases} \qquad \text{.......................(36-2)}$$

خواص نموذج الإرتباط الذاتي

1- عندما تكون $|\phi_1| < 1$ (شرط الإستقرار) فإن $E(z_t) = \delta/(1-\phi_1)$ وهوثابت لجميع قيم t.

2- دالة الإرتباط الذاتي تتناقص أسياً في إتجاه واحد إبتداءاً من ρ_1 عندما تكون $1 > \phi_1 > 0$ وتتناقص أسياً مترددة بين القيم الموجبة والسالبة عندما تكون $-1 < \phi_1 < 0$.

3- دالة الإرتباط الذاتي الجزئي لها قيمة واحدة غير صفرية (مع عدم النظر الي ϕ_{00}) ويكون إتجاهها حسب إشارة ϕ_1 ومقدارها يساوي $|\phi_1|$.

2-1-6-2 نموذج الإنحدار الذاتي من الدرجة الثانية $AR(2)$:

وهو على الشكل:

$$\phi_2(B) z_t = \delta + \theta_0(B) a_t$$

$$(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2) z_t = \delta + a_t$$

$$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + a_t, \quad a_t \sim N(0,\sigma^2) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(37-2)$$

خصائص نموذج الإنحدار الذاتي من الدرجة الثانية AR(2) :

ويكتب على الشكل:

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + a_t$$

$$\phi(B) = (1-\phi_1 B - \phi_2 B^2)$$

$$1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 = 0$$

$$\phi_2 B^2 + \phi_1 B - 1 = 0$$

ولكي يتحقق شرط الإستقرارية يجب أن تكون جذور المعادلة خارج دائرة الوحدة وهى

$$\phi_1 < 2$$

$$\phi_2 < 1$$

نوجد المتوسط ودالتي الإرتباط الذاتي والإرتباط الذاتي الجزئي:

$$\left(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2\right) z_t=\delta+a_t$$

$$z_t=\frac{\delta}{\left(1-\phi_1-\phi_2\right)}+\left(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2\right)^{-1} a_t$$

$$E\left(z_t\right)=\frac{\delta}{\left(1-\phi_1-\phi_2\right)}+E\left[\left(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2\right)^{-1} a_t\right]$$

الحد الثاني في الطرف الأيمن مجموع لانهائي على الشكل $E\left(\sum_{j=0}^{\infty} \psi_j a_{t-j}\right)$ ولكي ندخل

التوقع داخل المجموع اللانهائي يجب أن تحقق معلمات الإنحدار الذاتي الشروط التالية:

$$\begin{aligned}
&\phi_2-\phi_1<1 \\
&\phi_2+\phi_1<1 \\
&-1<\phi_1<1 \\
&-1<\phi_2<1
\end{aligned}$$

والتي تسمي بشروط الإستقرار و إذا تحققت شروط الإستقرار فإن

$$E\left[\left(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2\right)^{-1} a_t\right]=\left[\left(1-\phi_1 B-\phi_2 B^2\right)^{-1} E\left(a_t\right)\right]=0, \forall t$$

ويكون

$$\mu=E\left(z_t\right)=\frac{\delta}{\left(1-\phi_1-\phi_2\right)}$$

$$\delta=\left(1-\phi_1-\phi_2\right) \mu \qquad ....(38-2)$$

و بالتعويض عن δ في صيغة النموذج نجد

$$\begin{aligned}
z_t &=\left(1-\phi_1-\phi_2\right) \mu+\phi_1 z_{t-1}+\phi_2 z_{t-2}+a_t \\
&=\mu+\phi_1\left(z_{t-1}-\mu\right)+\phi_2\left(z_{t-2}-\mu\right)+a_t
\end{aligned}$$

$$\left(z_t-\mu\right)-\phi_1\left(z_{t-1}-\mu\right)-\phi_2\left(z_{t-2}-\mu\right)=a_t$$

بضرب المعادلة السابقة في $z_{t-k}-\mu$ وأخذ التوقع نجد:

$$E\left[(z_t-\mu)(z_{t-k}-\mu)-\phi_1(z_{t-1}-\mu)(z_{t-k}-\mu)-\phi_2(z_{t-2}-\mu)(z_{t-k}-\mu)\right]$$
$$=E\left[a_t(z_{t-k}-\mu)\right],k=0,\pm1,\pm2,...$$

أي

$$E\left[(z_t-\mu)(z_{t-k}-\mu)\right]-\phi_1E\left[(z_{t-1}-\mu)(z_{t-k}-\mu)\right]-\phi_2E\left[(z_{t-2}-\mu)(z_{t-k}-\mu)\right]$$
$$=E\left[a_t(z_{t-k}-\mu)\right],k=0,\pm1,\pm2,...$$

أو

$$\gamma_k-\phi_1\gamma_{k-1}-\phi_2\gamma_{k-2}=E\left[a_t(z_{t-k}-\mu)\right],k=0,\pm1,\pm2,...$$

الآن نحل هذه العلاقة تكراريا ً كما يلي:

$$k=0:\gamma_0-\phi_1\gamma_{-1}-\phi_2\gamma_{-2}=E\left[a_t(z_t-\mu)\right]=\sigma^2\Rightarrow\gamma_0=\phi_1\gamma_1-\phi_2\gamma_2+\sigma^2$$

وذلك من القاعدة الآتية:

قاعدة 2- 1:

$$E\left[(z_{t-k}-\mu)a_t\right]=E\left(a_{t-k}a_t\right)=\begin{cases}\sigma^2, & k=0\\ 0, & k=1,2,..\end{cases}$$

إذن

$$k=1:\gamma_1-\phi_1\gamma_0-\phi_2\gamma_1=0\Rightarrow\gamma_1=\phi_1\gamma_0-\phi_2\gamma_1$$

$$k = 2 : \gamma_2 - \phi_1\gamma_1 - \phi_2\gamma_0 = 0 \Rightarrow \gamma_2 = \phi_1\gamma_1 - \phi_2\gamma_0$$

وبشكل عام

$$k \geq 1 : \gamma_k = \phi_1\gamma_{k-1} + \phi_2\gamma_{k-2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (39\text{-}2)$$

بقسمة الطرفين على γ_0 نجد

$$\rho_k = \phi_1\rho_{k-1} + \phi_2\rho_{k-2}, \quad k = 1, 2, \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (40\text{-}2)$$

بوضع المعادلة السابقة على الشكل

$$\rho_k - \phi_1\rho_{k-1} - \phi_2\rho_{k-2} = 0, \quad k = 1, 2, \ldots$$

سوف نحل العلاقة السابقة بالطريقة التكرارية والتي تحتاج الي قيمتين أوليتين:

$$1 - \rho_0 = 1$$
$$2 - \rho_1 = \phi_1\rho_0 + \phi_2\rho_{-1} \Rightarrow \rho_1 = \frac{\phi_1}{1 - \phi_2}$$

ومنها نجد

$$\rho_2 = \phi_1\rho_1 + \phi_2\rho_0 \Rightarrow \rho_2 = \frac{\phi_1^2}{1 - \phi_2} + \phi_2$$

وذلك أيضاً لنفس السبب السابق.

$$\phi_{kk} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ \rho_1, & k = 1 \\ \dfrac{\rho_2 - \rho_1^2}{1 - \rho_1^2}, & k = 2 \\ 0, & k \geq 3 \end{cases} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(41\text{-}2)$$

إذن

2−2−2 نماذج المتوسط التحرك MA(q) :

وهي تأخذ الشكل الآتي:

$$z_t = \delta + \left(1 - \theta_q B\right) a_t$$
$$z_t = \delta - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \ldots - \theta_q a_{t-q} + a_t , a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(42-2)$$

2−5−2−1 نموذج المتوسط المتحرك من الدرجة الأولى $MA\left(1\right)$:

وهو على الشكل:

$$\phi_0\left(B\right) z_t = \delta + \theta_1\left(B\right) a_t$$

$$z_t = \delta + \left(1 - \theta_1 B\right) a_t$$
$$z_t = \delta - \theta_1 a_{t-1} + a_t , a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(43-2)$$

خصائص نموذج المتوسط المتحرك من الدرجة الأولى MA(1) :

و يكتب على الشكل:

$$\phi_0\left(B\right) z_t = \delta + \theta_1\left(B\right) a_t$$
$$z_t = \delta + \left(1 - \theta_1 B\right) a_t$$
$$z_t = \delta - \theta_1 a_{t-1} + a_t , a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(44-2)$$

الآن نوجد المتوسط ودالتي الإرتباط الذاتي والإرتباط الذاتي الجزئي:

$$E\left(z_t\right) = E\left(\delta + a_t - \theta_1 a_{t-1}\right) = \delta$$
$$\therefore \mu = \delta \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(45-2)$$

ونكتب النموذج

$$z_t - \mu = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

بضرب هذه المعادلة في $z_{t-k} - \mu$ وأخذ التوقع نجد

$$E\left[\left(z_t - \mu\right)\left(z_{t-k} - \mu\right)\right] = E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right)a_t\right] - \theta_1 E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right)a_{t-1}\right], k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

أو

$$\gamma_k = E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right)a_t\right] - \theta_1 E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right)a_{t-1}\right], \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

وبحلها تكرارياً

$$k = 0: \quad \gamma_0 = E\left[\left(z_t - \mu\right)a_t\right] - \theta_1 E\left[\left(z_t - \mu\right)a_{t-1}\right]$$

نوجد كل من $E\left[\left(z_t - \mu\right)a_t\right]$ و $E\left[\left(z_t - \mu\right)a_{t-1}\right]$ كالتالي:

$$E\left[\left(z_t - \mu\right)a_t\right] = E\left(a_t a_t\right) - \theta_1 E\left(a_{t-1} a_t\right) = \sigma^2$$

$$E\left[\left(z_t - \mu\right)a_{t-1}\right] = E\left(a_t a_{t-1}\right) - \theta_1 E\left(a_{t-1} a_{t-1}\right) = -\theta_1 \sigma^2$$

$$\therefore \gamma_0 = \sigma^2 - \theta_1\left(-\theta_1 \sigma^2\right) = \sigma^2\left(1 + \theta_1^2\right)$$

$$k = 1: \quad \gamma_1 = E\left[\left(z_{t-1} - \mu\right)a_t\right] - \theta_1 E\left[\left(z_{t-1} - \mu\right)a_{t-1}\right]$$
$$\therefore \quad \gamma_1 = -\theta_1 \sigma^2 \Rightarrow \rho_1 = \frac{\gamma_1}{\gamma_0} = \frac{-\theta_1}{1 + \theta_1^2}$$

وذلك بإستخدام القاعدة 2−1

$$k=2: \quad \gamma_2 = E\left[\left(z_{t-2}-\mu\right)a_t\right]-\theta_1 E\left[\left(z_{t-2}-\mu\right)a_{t-1}\right]$$
$$\therefore \quad \gamma_2 = 0 \Rightarrow \rho_2 = 0$$

أيضاً من قاعدة 2−1 وبشكل عام فإن

$$k \ge 2: \quad \gamma_k = 0 \Rightarrow \rho_k = 0$$

وهكذا فإن دالة الإرتباط الذاتي لنموذج المتوسط المتحرك من الدرجة الأولى $MA(1)$ هي على الشكل:

$$\rho_k = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ \dfrac{-\theta_1}{1+\theta_1^2}, & k = 1 \\ 0 & k \ge 2 \end{cases} \qquad \text{..........(46-2)}$$

دالة الإرتباط الذاتي الجزئي لنموذج المتوسط المتحرك من الدرجة الأولى $MA(1)$

$$\phi_{00} = 1, \quad \text{by definition}$$
$$\phi_{11} = \rho_1, \quad \text{by definition}$$

وبشكل عام

$$\phi_{kk} = \frac{-\theta_1^k\left(1-\theta_1^2\right)}{1-\theta_1^{2(k+1)}}, \quad k > 0 \qquad \text{...........(47-2)}$$

2−6−2−2 نموذج المتوسط المتحرك من الدرجة الثانية MA(2):

ويأخذ الشكل الآتي:

$$z_t = \delta - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} + a_t, a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right) \qquad ....(48-2)$$

خصائص نموذج المتوسط المتحرك من الدرجة الثانية MA(2) :

ويكتب على الشكل:

$$\phi_0(B) z_t = \delta + \theta_2(B) a_t$$
$$z_t = \delta + \left(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2\right) a_t$$
$$z_t = \delta + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}, \quad a_t \sim N\left(0, \sigma^2\right) \qquad ....(49-2)$$

الآن نوجد المتوسط ودالتي الإرتباط الذاتي والإرتباط الذاتي الجزئي:

$$E\left(z_t\right) = E\left(\delta + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}\right) = \delta$$
$$\therefore \mu = \delta \qquad ....(50-2)$$

ونكتب النموذج

$$z_t - \mu = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2}$$

بضرب هذه المعادلة في $z_{t-k} - \mu$ وأخذ التوقع نجد

$$E\left[\left(z_t - \mu\right)\left(z_{t-k} - \mu\right)\right] = E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right) a_t\right] - \theta_1 E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right) a_{t-1}\right]$$
$$- \theta_2 E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right) a_{t-2}\right], \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

أو

$$\gamma_k = E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right) a_t\right] - \theta_1 E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right) a_{t-1}\right] - \theta_2 E\left[\left(z_{t-k} - \mu\right) a_{t-2}\right], \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

وبحلها تكرارياً نجد

$$\gamma_0 = \left(1+\theta_1^2+\theta_2^2\right)\sigma^2$$
$$\gamma_1 = \left(-\theta_1+\theta_1\theta_2\right)\sigma^2$$
$$\gamma_2 = -\theta_2\sigma^2$$
$$\gamma_k = 0, \quad k>2$$

وبالقسمة على γ_0 نجد

$$\rho_1 = \frac{-\theta_1+\theta_1\theta_2}{1+\theta_1^2+\theta_2^2}$$
$$\rho_2 = \frac{-\theta_2}{1+\theta_1^2+\theta_2^2}$$
$$\rho_k = 0, \quad k>2$$

وتكتب على شكل دالة

$$\rho_k = \begin{cases} 1, & k=0 \\ \dfrac{-\theta_1+\theta_1\theta_2}{1+\theta_1^2+\theta_2^2}, & k=1 \\ \dfrac{-\theta_2}{1+\theta_1^2+\theta_2^2}, & k=2 \\ 0, & k>2 \end{cases} \qquad \text{...........(51-2)}$$

2–6–3 نماذج الإنحدار الذاتي_المتوسط المتحرك Autoregressive-Moving Average Models (ARMA(p,q)):

و هذه النماذج تعتبر الحالة العامة حيث نماذج الإنحدار الذاتي ونماذج المتوسط المتحرك تعتبر حالات خاصة من نماذج الإنحدار الذاتي– المتوسط المتحرك من الناحية النظرية ، أما من الناحية العملية فلكل نموذج صيغته و خصائصه.

و يكتب على الشكل:

$$z_t - \phi_1 z_{t-1} - \phi_2 z_{t-2} - \cdots - \phi_p z_{t-p} = \delta + a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \cdots - \theta_q a_{t-q} \qquad ....(52-2)$$

$$z_t - \phi_1 B z_t - \phi_2 B^2 z_t - \cdots - \phi_p B^p z_t = \delta + a_t - \theta_1 B a_t - \theta_2 B^2 a_t - \cdots - \theta_q B^q a_t$$

$$\left(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p\right) z_t = \delta + \left(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q\right) a_t$$

أو

$$\phi_p\left(B\right) z_t = \delta + \theta_q\left(B\right) a_t \qquad ....(53\text{-}2)$$

حيث $\phi_p\left(B\right) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \cdots - \phi_p B^p$ هو عامل الإنحدار الذاتي Autoregressive Operator و $\theta_q\left(B\right) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \cdots - \theta_q B^q$ هو عامل المتوسط المتحرك Moving Average Operator.

1-3-6-2 نموذج الإنحدار الذاتي_المتوسط المتحرك من الدرجة (1,1) $ARMA\left(1,1\right)$

ويكتب على الشكل:

$$\phi_1\left(B\right) z_t = \delta + \theta_1\left(B\right) a_t$$

$$(1 - \phi_1 B) z_t = \delta + (1 - \theta_1 B) a_t$$

$$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1,} a_t \sim N(0, \delta^2)$$

خصائص نموذج المتوسط المتحرك-الإنحدار الذاتي من الدرجة ARMA(1,1)

ويكتب على الشكل:

$$\phi_1(B)z_t = \delta + \theta_1(B)a_t$$
$$(1-\phi_1 B)z_t = \delta + (1-\theta_1 B)a_t$$
$$z_t - \phi_1 z_{t-1} = \delta + a_t - \theta_1 a_{t-1}$$
$$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}, a_t \sim N\left(0,\sigma^2\right), \phi_1 \neq \theta_1$$

و يجب أن يتحقق شرطان هما شرط الإستقرار Stationary $|\phi_1|<1$ وشرط الإنقلاب Reversion $|\theta_1|<1$.

نوجد المتوسط كالتالي:

$$(1-\phi_1 B)z_t = \delta + (1-\theta_1 B)a_t$$
$$z_t = \frac{\delta}{1-\phi_1} + \frac{(1-\theta_1 B)}{(1-\phi_1 B)}a_t$$
$$E(z_t) = \frac{\delta}{1-\phi_1} + \frac{(1-\theta_1 B)}{(1-\phi_1 B)}E(a_t)$$

وذلك لأن $|\phi_1|<1$ وهكذا

$$E(z_t) = \frac{\delta}{1-\phi_1}\text{...............................}54-2$$

أي $E(z_t) = \mu = \frac{\delta}{1-\phi_1}$ أو $\delta = \mu(1-\phi_1)$ وبالتعويض عن δ نجد

$$z_t = \mu(1-\phi_1) + \phi_1 z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_{t-1}\text{...................}55-2$$

$$(z_t - \mu) - \phi_1(z_{t-1} - \mu) = a_t - \theta_1 a_{t-1}$$

وبضرب طرفي المعادلة بالحد $(z_{t-k} - \mu), k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$ وأخذ التوقع للطرفين نجد

$$E\left[(z_{t-k}-\mu)(z_t-\mu)\right]-\phi_1 E\left[(z_{t-k}-\mu)(z_{t-1}-\mu)\right]=E\left[(z_{t-k}-\mu)a_t\right]-\theta_1 E\left[(z_{t-k}-\mu)a_{t-1}\right],$$
$$k=0,\pm1,\pm2,\ldots$$

و منها نجد

$$\gamma_k-\phi_1\gamma_{k-1}=E\left[(z_{t-k}-\mu)a_t\right]-\theta_1 E\left[(z_{t-k}-\mu)a_{t-1}\right],k=0,\pm1,\pm2,\ldots$$

وبحلها تكرارياً نجد

$$k=0 \quad \gamma_0-\phi_1\gamma_1=E\left[(z_t-\mu)a_t\right]-\theta_1 E\left[(z_t-\mu)a_{t-1}\right]$$

نوجد الآن كل من $E\left[(z_t-\mu)a_t\right]$ و $E\left[(z_t-\mu)a_{t-1}\right]$ بضرب العلاقة

$$(z_t-\mu)-\phi_1(z_{t-1}-\mu)=a_t-\theta_1 a_{t-1}$$

في كل من a_t و a_{t-1} وأخذ التوقع

$$E\left[(z_t-\mu)a_t\right]-\phi_1 E\left[(z_{t-1}-\mu)a_t\right]=E\left[a_t a_t\right]-\theta_1 E\left[a_{t-1}a_t\right]$$

ومن القاعدة 2−1 نجد

$$E\left[(z_t-\mu)a_t\right]-\phi_1(0)=\sigma^2-\theta_1(0)$$
$$E\left[(z_t-\mu)a_t\right]=\sigma^2$$

و

$$E\left[(z_t-\mu)a_{t-1}\right]-\phi_1 E\left[(z_{t-1}-\mu)a_{t-1}\right]=E\left[a_t a_{t-1}\right]-\theta_1 E\left[a_{t-1}a_{t-1}\right]$$
$$E\left[(z_t-\mu)a_{t-1}\right]-\phi_1\sigma^2=0-\theta_1\sigma^2$$
$$\therefore E\left[(z_t-\mu)a_{t-1}\right]=\sigma^2(\phi_1-\theta_1)$$

وبالتعويض في الصيغة السابقة نجد

$$k=0 \quad \gamma_0-\phi_1\gamma_1=\sigma^2-\theta_1\sigma^2\left(\phi_1-\theta_1\right)$$
$$\therefore \gamma_0-\phi_1\gamma_1=\sigma^2\left[1-\theta_1\left(\phi_1-\theta_1\right)\right]$$

و

$$k=1 \quad \gamma_1-\phi_1\gamma_0=E\left[\left(z_{t-1}-\mu\right)a_t\right]-\theta_1E\left[\left(z_{t-1}-\mu\right)a_{t-1}\right]$$
$$\therefore \gamma_1-\phi_1\gamma_0=-\theta_1\sigma^2$$

$$k=2 \quad \gamma_2-\phi_1\gamma_1=E\left[\left(z_{t-2}-\mu\right)a_t\right]-\theta_1E\left[\left(z_{t-2}-\mu\right)a_{t-1}\right]=0$$
$$\therefore k\ge 2 \quad \gamma_k-\phi_1\gamma_{k-1}=0$$

ومن المعادلات

$$\gamma_0-\phi_1\gamma_1=\sigma^2\left[1-\theta_1\left(\phi_1-\theta_1\right)\right]$$

$$\gamma_1-\phi_1\gamma_0=-\theta_1\sigma^2$$

نجد

$$\gamma_0=\frac{1+\theta_1^2-2\phi_1\theta_1}{1-\phi_1^2}\sigma^2$$
$$\gamma_1=\frac{\left(1-\phi_1\theta_1\right)\left(\phi_1-\theta_1\right)}{1-\phi_1^2}\sigma^2$$

ومن العلاقتين السابقتين نجد

$$\rho_1=\frac{\gamma_1}{\gamma_0}=\frac{\left(1-\phi_1\theta_1\right)\left(\phi_1-\theta_1\right)}{1+\theta_1^2-2\phi_1\theta_1}$$

ومن العلاقة

$$\gamma_k-\phi_1\gamma_{k-1}=0, \quad k\ge 2$$

وبالقسمة على γ_0 نجد

$$\rho_k - \phi_1 \rho_{k-1} = 0, \quad k \geq 2$$

ويمكن حل هذه المعادلة تكرارياً لجميع قيم $k \geq 2$ بإستخدام القيم الأولية $\rho_0 = 1$ و

فمثلاً $\rho_1 = \dfrac{(1-\phi_1\theta_1)(\phi_1-\theta_1)}{1+\theta_1^2-2\phi_1\theta_1}$

$$\rho_2 = \phi_1 \rho_1$$

$$\rho_2 = \phi_1 \frac{(1-\phi_1\theta_1)(\phi_1-\theta_1)}{1+\theta_1^2-2\phi_1\theta_1}$$

$$\rho_3 = \phi_1 \rho_2$$

$$\rho_3 = \phi_1^2 \frac{(1-\phi_1\theta_1)(\phi_1-\theta_1)}{1+\theta_1^2-2\phi_1\theta_1}$$

تكتب دالة الإرتباط الذاتي لنموذج $ARMA(1,1)$ على الشكل

$$\rho_k = \begin{cases} 1, k = 0 \\ \dfrac{(1-\phi_1\theta_1)(\phi_1-\theta_1),}{1+\theta_1^2-2\phi_1\theta,} k = 1 \\ \phi_1\rho_{k-1}, k \geq 2 \end{cases} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 56-2$$

(4-6-2)نماذج الانحدار الذاتي–التكاملي–المتوسط المتحرك Autoregressive-Integrated-Moving Average Models (ARIMA)

وهي تنتمي الى عائلة كبيرة من النماذج التي يطلق عليها نماذج الانحدار الذاتي– المتوسط المتحرك Autoregressive-Moving Average Models ابتدعها العالمين Box وJenkins والتي أثبتت الأبحاث الكثيرة في مختلف الميادين التطبيقية علي تفوقها الهائل علي الطرق التقليدية في التنبؤ (العاني,احمد حسين).

تستخدم هذه النماذج للسلاسل الزمنية غير المستقرة حيث تعطى درجة تفريق d أي $w_t = \nabla^d z_t$ لتحويلها إلى سلسلة مستقرة (بري 2002).

ويمكن نمذجة المتسلسلة المستقرة $w_t = \nabla^d z_t$ على شكل نموذج انحدار ذاتي– متوسط متحرك من الدرجة (p,q) كالتالي (Brockleban, Dickey 2003):

$$\phi_p(B) w_t = \phi_p(B) \nabla^d z_t = \delta + \theta_q(B) a_t, \quad a_t \sim WN\left(0, \sigma^2\right)$$

أو

$$\phi_p(B)(1-B)^d z_t = \delta + \theta_q(B) a_t, \quad a_t \sim WN\left(0, \sigma^2\right)$$

وهذا النموذج يسمى نموذج الانحدار الذاتي–التكاملي–المتوسط المتحرك من الدرجة (p,d,q) حيث $\delta \in (-\infty, \infty)$ ثابت النموذج.

3-8 مراحل تحليل السلاسل الزمنية:

هنالك أربع مراحل يمر بها تحليل السلسلة الزمنية و هي التشخيص ثم التقدير ثم الفحص ثم التنبؤ و كما موضحة بالمخطط الإنسيابي شكل رقم (3-1).

3-8-1 تشخيص النموذج : Model Identification

تعد مرحلة التشخيص المرحلة الأولى لتحليل السلاسل الزمنية. وتشمل معرفة نوع النموذج وتحديد الرتبة للنموذج المحدد من خلال المعايير التي تستخدم للمقارنة بين النماذج لتحديد النموذج الأفضل .

مرحلة التشخيص تتضمن الخطوات الآتية:

3-8-1-1 رسم بيانات السلسلة: ويعد رسم البيانات الخطوة الأولى في تحليل أية سلسلة زمنية ومن خلال الرسم تكون لدينا فكرة جيدة عن إحتواء السلسلة على موسمية أو إتجاه عام أو قيم شاذة أو عدم الإستقرارية الذي يقود إلى التحويلات الممكنة على البيانات، لذلك فإن رسم السلسلة يبين حاجتها إلى التحويل المناسب لتستقر في متوسطها أو تبايناتها إذا لم تكن مستقرة قبل أي تحليل.

3-8-1-2 حساب وفحص PACF,ACF للعينة المسحوبة من السلسلة الأصلية لتحديد درجة الفروق (في حالة عدم الاستقرارية)، فإذا كانت ACF للعينة تنحدر ببطء شديد ، PACF للعينة تقطع بعد الإزاحة الأولى (أو بالعكس) فإن هذا يستوجب أخذ الفرق الأول $(1-B)Z_t$. وللتخلص من عدم الإستقرارية نحتاج إلى أخذ أعلى رتبة من الفروق $(1-B)^dZ_t$ حيث $d>0$ (وغالباً ما تكون $d=0,1,2$) وإن النتائج المترتبة على إستخدام الفروق غير الضروري تكون أقل خطورة من النتائج المترتبة على التقليل من أهمية الفروق.

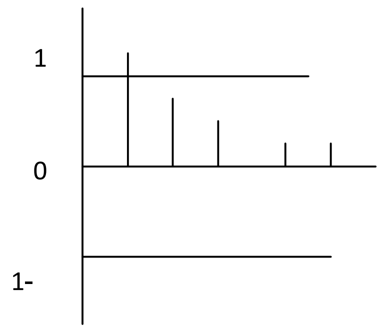
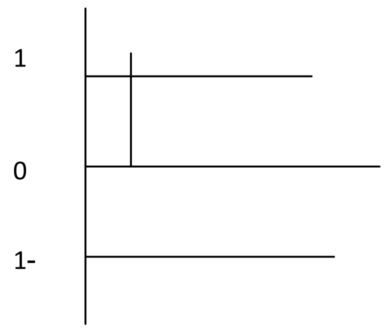
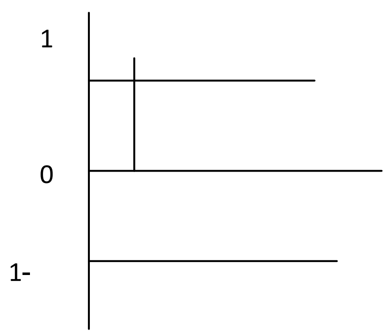
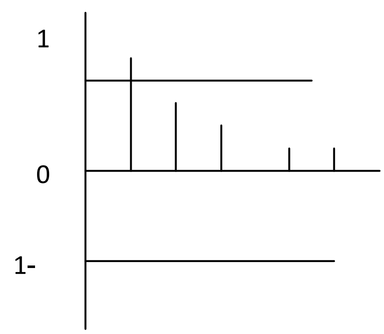
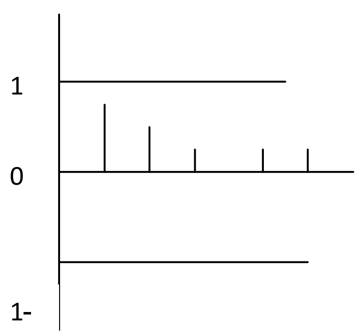
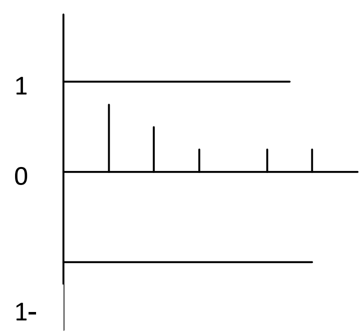
نحسب ونفحص PACF, ACF للعينة لتشخيص النموذج، وتوجد ثنائية ما بين نماذج ARMA(1,0) أو AR(1) ونماذج ARMA(0,1) أو MA(1) وفقاً للدالتين.وتزداد المشكلة تعقيداً في حالة النماذج المختلطة ARMA(p,q) ، لأن الاعتماد على PACF , ACF لتشخيص النموذج وتحديد رتبته لا يكون فاعلاً ، كون الدوال أعلاه في هذه الحالة تسلك سلوكاً متشابهاً هو سلوك التناقص التدريجي.

و الجدول الآتي يبين هذه الخواص.

جدول رقم(2-2) يوضح خواص النمازج حسب الإرتباط الذاتي و الإرتباط الذاتي الجزئي:

الرقم	النموذج	ACF	PACF
1	AR(p)	يقترب من الصفر تدريجياً	يساوي الصفر بعد الإزاحة p
2	MA(q)	يساوي الصفر بعد الإزاحة q	يقترب من الصفر تدريجياً
3	ARMA(p,q)	يقترب من الصفر تدريجياً	يقترب من الصفر تدريجياً
4	AR(1)	يقترب من الصفر تدريجياً	يساوي الصفر بعد الإزاحة 1
5	MA(1)	يساوي الصفر بعد الإزاحة 1	يقترب من الصفر تدريجياً
6	AR(2)	يقترب من الصفر تدريجياً	يساوي الصفر بعد الإزاحة 2
7	MA(2)	يساوي صفر بعد الإزاحة 2	يقترب من الصفر تدريجياً

جدول رقم (2–3) يوضح بعض الاشكال التي من خلالها يمكن تشخيص النموذج

Model	ACF	PACF
AR(1)		
MA(1)		
ARMA(1,1)		

معايير إختبار الرتبة :

و هنالك معايير تستخدم للمقارنة بين النماذج لتحديد رتبة النموذج من هذه المعايير:

1- **معيار أكايكي للمعلومات Akaike's Information Criterion :**

و يرمز له إختصاراً بـ AIC و يحسب من الصيغة الآتية :

$$AIC = n \ln SSR + 2k \;...............(57-2)$$

حيث:

SSR : مجموع مربعات البواقي

n : حجم العينة

$$k = p + d + q$$

و النموذج الأفضل بين النماذج المقارنة هو الذي له أقل قيمة لـ AIC .

2- **معيار شوارتز Schwartz Bayesian Criterion :**

و يرمز له إختصاراً بـ SBC و يحسب من الصيغة الآتية:

$$SBC = n \ln(SSR) + k \ln_{(n)} \;...............(58-2)$$

حيث:

SSR : مجموع مربعات البواقي

n : حجم العينة

و

$$k = p + d + q$$

و النموذج الأفضل بين النماذج المقارنة هو الذي له أقل قيمة لـ SBC

2-8-3 تقدير النموذج: The Model Estimation

بعد تحديد شكل النموذج لابد من تقدير معلمات النموذج و $\hat{b}_1, \hat{b}_0, \sigma^2$ وذلك بإستخدام البيانات التاريخية المتوفرة لدينا. هنالك طرق كثيرة لتقدير المعلمات سنذكر منها طريقة العزوم.

طريقة العزوم The Method of Moments :

تعتمد هذه الطريقة على مساواة عزوم العينة مثل متوسط العينة $\bar{z}$ والإرتباطات الذاتية للعينة r_k بالعزوم النظرية مثل المتوسط μ ودالة الإرتباط الذاتي ρ_k وحل المعادلات الناتجة بالنسبة للمعلمات المراد تقديرها.

سوف نستعرض الطريقة للنموذج AR(p) كالتالي:

1- يقدر المتوسط μ بالمقدر $\bar{z}$ أي $\hat{\mu} = \bar{z} = \sum_{i=1}^{n} z_i / n$

2- لتقدير $\phi_1, \ldots, \phi_p$ نستخدم العلاقة:

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} + \cdots + \phi_p \rho_{k-p}, k > 1$$

والتي تنتج من ضرب المعادلة المعرفة لنموذج AR(p) بالحد $z_{t-k}-\mu$ وأخذ التوقع. في المعادلة السابقة بوضع $k=1,2,\dots,p$ نحصل على نظام المعادلات المسمى معادلات يول و ووكر Yule−Walker التالي:

$$\rho_1=\phi_1+\phi_2\rho_1+..........+\phi_p\rho_{p-1}$$

و بالتعويض عن ρ_k بالمقدر r_k نحصل على مقدرات العزوم للمعلمات $\hat{\phi}_1,\dots,\hat{\phi}_p$ كالتالي:

بوضع معادلات يول و ووكر على الشكل المصفوفي:

$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_p \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1 & r_1 & r_2 & \cdots & r_{p-2} & r_{p-1} \\ r_1 & 1 & r_1 & \cdots & r_{p-3} & r_{p-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{p-1} & r_{p-2} & r_{p-3} & \cdots & r_1 & 1 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} \hat{\phi}_1 \\ \hat{\phi}_2 \\ \vdots \\ \hat{\phi}_p \end{pmatrix} \qquad ....(59\text{-}2)$$

وبحل هذه المعادلة للمعلمات

$$\begin{pmatrix} \hat{\phi}_1 \\ \hat{\phi}_2 \\ \vdots \\ \hat{\phi}_p \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1 & r_1 & r_2 & \cdots & r_{p-2} & r_{p-1} \\ r_1 & 1 & r_1 & \cdots & r_{p-3} & r_{p-2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{p-1} & r_{p-2} & r_{p-3} & \cdots & r_1 & 1 \end{pmatrix}^{-1}\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_p \end{pmatrix} \qquad ....(60\text{-}2)$$

تقدر σ^2 كالتالي

$$\hat{\sigma}^2=\hat{\gamma}_0\left(1-\hat{\phi}_1 r_1-\hat{\phi}_2 r_2-\cdots\hat{\phi}_p r_p\right)$$

حيث

$$\hat{\gamma}_0 = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(z_t - \bar{z})^2$$

هو تباين العينة.

تقدير العزوم لنموذج AR(1) :

$$z_t - \mu = \phi_1(z_{t-1} - \mu) + a_t, a_t \sim N(0, \sigma^2)$$

مقدر العزوم للمعلمة ϕ_1 هو

$$\hat{\phi}_1 = r_1 \qquad ....(61\text{-}2)$$

مقدر العزوم للمعلمة μ هو

$$\hat{\mu} = \bar{z} \qquad ....(62\text{-}2)$$

مقدر العزوم للمعلمة σ^2 هو

$$\hat{\sigma}^2 = \hat{\gamma}_0\left(1 - \hat{\phi}_1 r_1\right) \qquad ....(63\text{-}2)$$

حيث

$$\hat{\gamma}_0 = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}(z_t - \bar{z})^2$$

2-6-3 فحص وإختبار دقة النموذج Model Diagnostics Checking :

بعد التعرف على نموذج مبدئي وتقدير معلمات هذا النموذج نجري بعض التشخيصات على البواقي أو الأخطاء المقدرة لنرى مدى مطابقة النموذج للسلسلة المشاهدة ، ويفترض أن البواقي هي مقدرات التشويش الأبيض a_t والتي نفترض إنها موزعة طبيعياً بمتوسط صفري وتباين σ^2. البواقي تعطى بالعلاقة

$$e_t = z_t - \hat{z}_t = \hat{a}_t, \quad t = 1,2,\ldots,n$$

يقوم الفحص والإختبارات على فحص البواقي هل هي تشويش أبيض أم لا ، فإذا كانت تشويش أبيض نعتبر النموذج المطبق مقبولاً أما إذا لم تكن كذلك فيجب علينا إعادة النظر وا ٍقتراح نموذج آخر .

ويمكن إستخدام الإحصاءه الآتية لمعرفة ما إذا كان النموذج المقدر ملائم للبيانات أم لا ، و الإحصائية هي:

$$Q = {(n-d)(n-d+2)\sum_{k=1}^{m} r^2(a^\wedge_t)} \Big/ {(n-d-k)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(80-2)$$

وتسمى الإحصائية Q بإحصائية Ljung–box و هي تتوزع توزيع مربع كاي بدرجة حرية $(m-p-q)$ حيث:

$$m = \frac{n}{4}$$

فإذا كانت قيمة Q أقل من قيمة $\chi^2_{m,\alpha}$ حيث α هي مستوى المعنوية فإن هذا يعني كفاءة و ملاءمة النموذج المقدر للبيانات .

3-8-3-1 إختبار المتوسط للبواقي:

$H_0: E(a_t) = 0$

$H_1: E(a_t) \neq 0$

وهو إختبار من طرفين ونستخدم الإحصائية $U=\frac{e}{se(e)}$ والتي لها توزيع طبيعي قياسي فعند مستوي معنوية $\alpha=0.05$ نعتبر ان $E(at)=0$ إذا كانت $|u|<1.96$ (هذا علي إعتبار ان حجم العينة اكبر من 30وحدة وهذا دائماً متحقق للمتسلسلات الزمنية التي ندرسها).

3-8-3-2 إختبار عشوائية البواقي:

نختبر عشوائية البواقي بواسطة إختبار الجري Runs test حول المتوسط وحول الصفر وهو احد الإختبارات اللامعلمية.

3-8-3-3 إختبار الترابط أو إستقلال البواقي:

يختبر ترابط أو إستقلال البواقي بواسطة إختبار الترابط الذاتي Autocorrelation test وذلك بحساب ورسم الترابطات الذاتية للعينة SACF للبواقي ومقارنتها مع دالة الارتباط الذاتي التشويش الابيض.

$H_0: r_1 = 0$

$H_1: r_1 \neq 0$

حيث الإحصائية $U = \frac{r1}{se(r1)}$ لها توزيع طبيعي قياسي فعند مستوي معنوية $\alpha=0.05$ نعتبر ان $r_1 = 0$ إذا كانت $|u| < 1.96$.

3-8-3-4 إختبار طبيعة البواقي:

نختبر في ما اذا كانت البواقي موزعة طبيعياً وذلك بعدة طرق مثل:

الإختبار اللامعلمي كولموجوروف– سميرنوف Kolmogorov– Smirnov Test

مخطط الإحتمال الطبيعي Normal probability Plot .

3-8-4 التنبؤ : Forecasting

تعتبر مرحلة التنبؤ من أهم مراحل تحليل نماذج السلاسل الزمنية ، و هي الهدف الأساسي لعملية تقدير النموذج ، إذ بعد أن يتم التعرف على النموذج في المرحلة الأولى و هي مرحلة التشخيص و من ثم تقدير معلمات النموذج في المرحلة الثانية و التحقق و فحص النموذج في المرحلة الثالثة ، تأتي المرحلة الرابعة و هي المرحلة الأهم و هي مرحلة التنبؤ حيث يتم معرفة سلوك الظاهرة المدروسة في المستقبل, و يتم عرض التنبؤ بإستخدام طريقة مربع الخطأ الأدنى.

و عند التنبؤ بنماذج السلاسل الزمنية فإن قيمة الخطأ q عند الزمن الذي يتم التنبؤ بقيمة الظاهرة عنده تعطى لها القيمة صفر.

الفصل الرابع
الجانب التطبيقي

4-1 تمهيد:

سوف يتم تطبيق جميع الاساليب التي تم التطرق اليها في الاطار النظري في الفصل الثالث للبحث وذلك بهدف بناء النموذج المطلوب والتأكد من الافتراض الخاصة به ثم إيجاد القيم التنبؤية للطاقة الكهربائية من الشركة السودانية للتوليد الحراري .

4-2 وصف البيانات:-

جدول رقم (4-1)يوضح وصف الطاقة الكهروحرارية

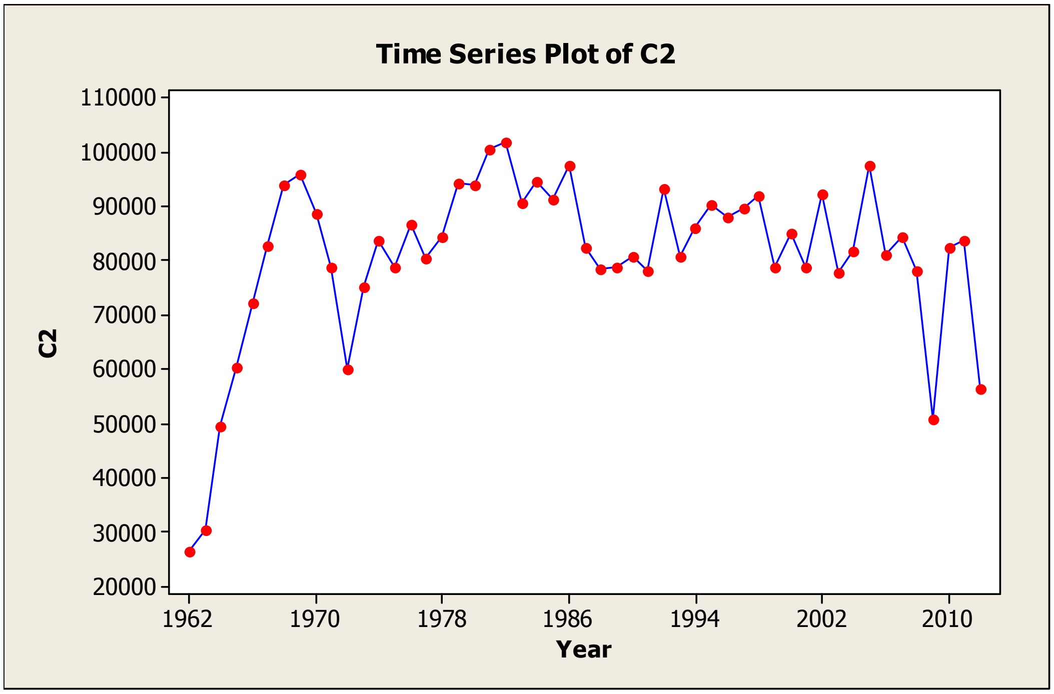
Minimum	Maximum	Range	Std. Deviation	Std. error of Mean	Mean	
26470	101930	75460	15743	2204	80852	الطاقه المنتجه

المصدر:إعداد الباحث بواسطة برنامج SPSS 2014م

من الجدول رقم (4-1) بلغ متوسط التوليد الكهربائي في الفتره من 1962 – 2012 (80852) قيقاواط بإنحراف معياري (15743), وقد بلغت اكبر قيمة للتوليد الحراري(101930) قيقاواط وكان ذلك في العام 1982م كما بلغت إقل قيمة(26470) قيقاواط وكان ذلك في العام 1962.

4-3 رسم السلسلة الزمنية:

الشكل رقم(4-1) يوضح الاتجاه العام لمتغير الدراسة



المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج minitab. 2014م

من الشكل رقم (4-1) نلاحظ ان السلسلة الزمنية للتوليد الكهربائي تمثل إتجاه عام يتذبذب مع مرور الزمن

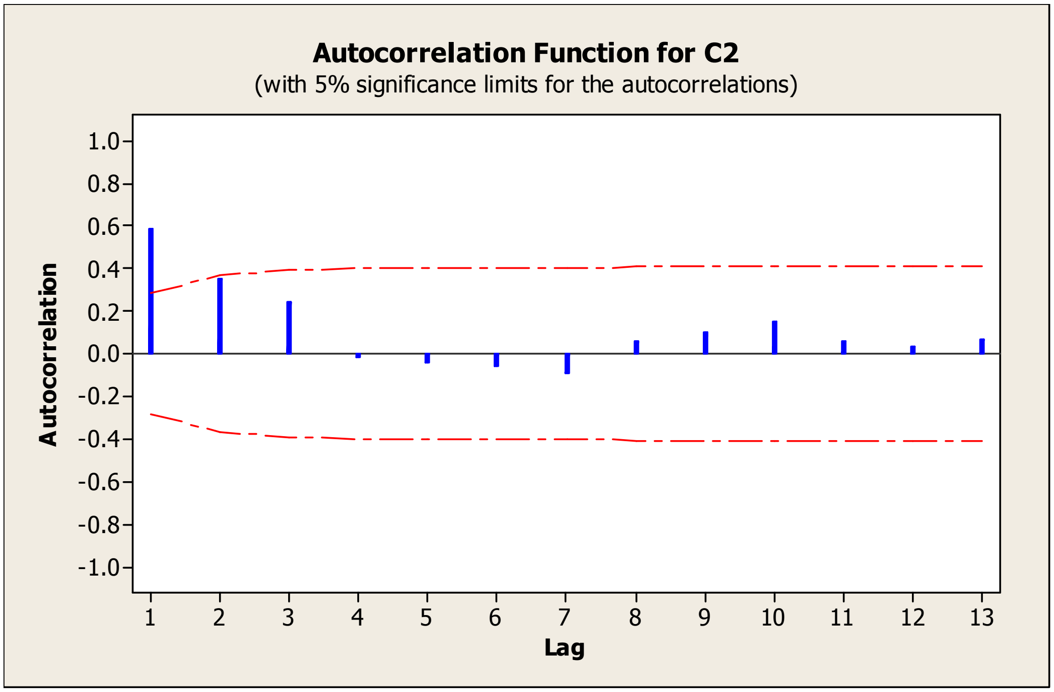
4-4 إختبار السكون:

يتم استخدام إختبار السكون عن طريقة الرسم للارتباط الذاتية

H_0: بيانات الطاقة الكهربائيه عشوائية(ساكنة او مستقرة)

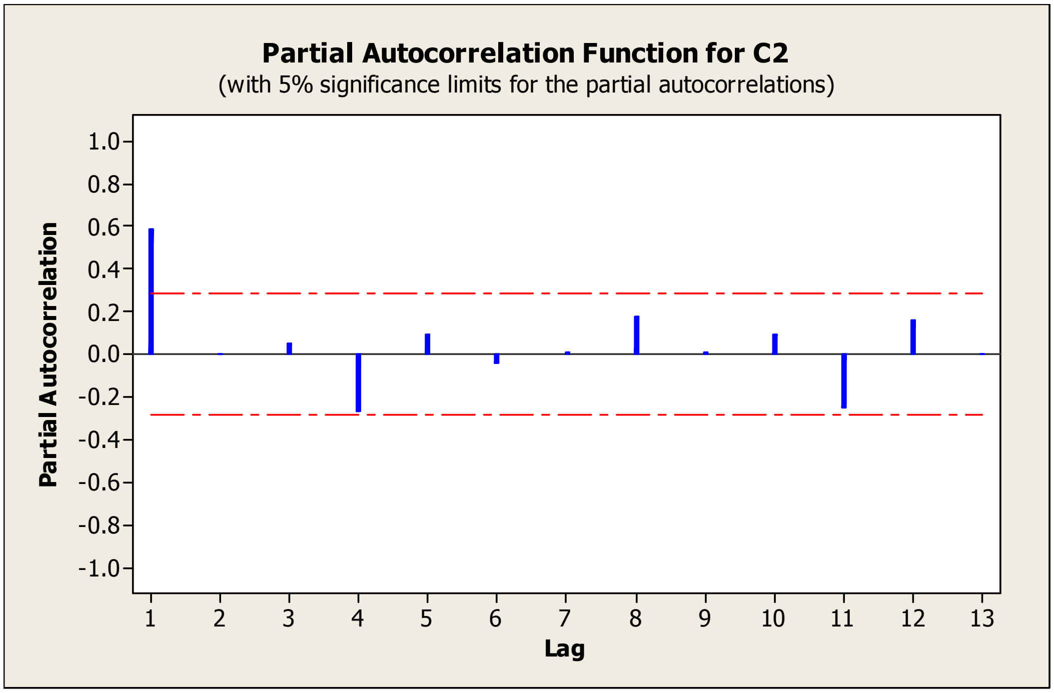
H_1: بيانات الطاقة الكهربائيهغير عشوائية(غيرساكنة اوغير مستقرة)

شكل رقم(4-2) الـ ACF معاملات الارتباطات الذاتية



المصدر : إعداد الباحث بواسطة برنامج minitab 2014م

شكل رقم(4–3) الـ PACF للسلسلة الزمنية



المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج minitab 2014

الشكل رقم (4–2) نجد ان السلسلة الزمنية ساكنة لان الارتباط الذاتي الاول فقط من قيم السلسلة يقع خارج حدود الثقة.

ومن خلال سلوك كل منACF و PACF يتضح لنا النموذج الافضل لهذه البيانات هو

AR (3) وبعد معرفة نوع النموذج تم استخدام المعادلة رقم (2–57) الموضحة فى الفصل الثانى لغرض اجراء تحديد الرتبة .

وتم تقدير معلمات النموذج وفق طريقة المربعات الصغرى وان النموذج بعد تقدير المعلمات هو

$$Zt = 0.8944Zt-1$$

جدول رقم(4–2) :يوضح معلمات النموذج

Estimates of Parameters

Model	B	SEB	T	P- value
AR3	0.8944	0.1289	6.94	0.000
Constant	197.3	191.0	1.03	0.307

4-5إختبار فحص توفيق النموذج:

جدول رقم(4–3): يوضح فحص توفيق النموذج

Ljung-Box

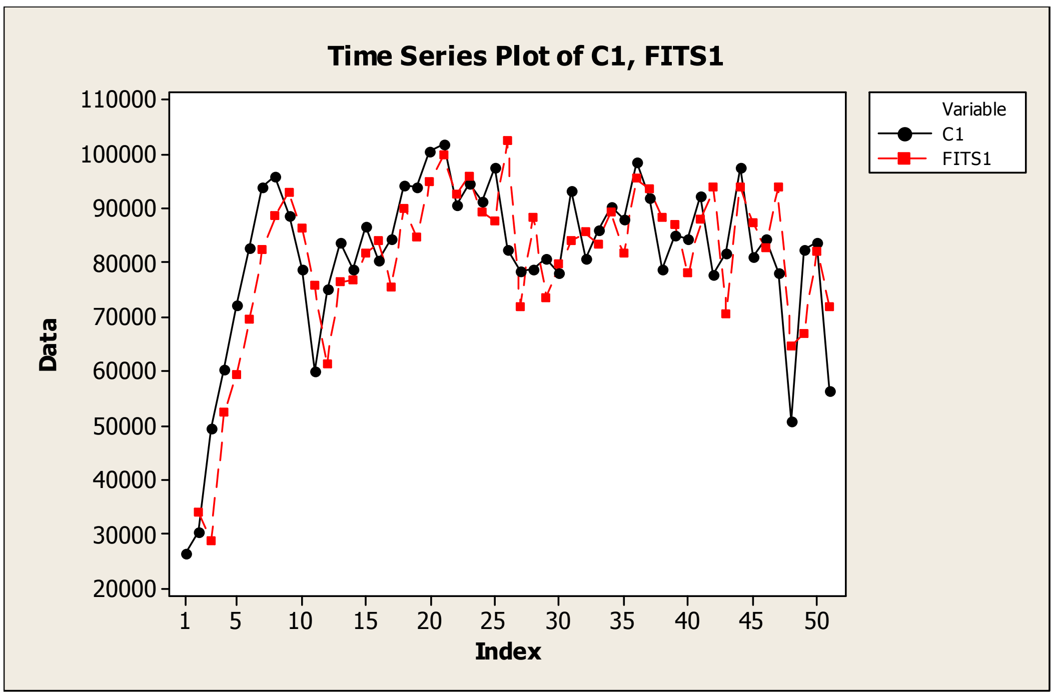
	Chi-Square	DF	P- value
Ljung-Box	13.5	17	0.705

المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج Minitab 2014م

بعد ذلك تم اجراء إختبار الفحص والتوفيق للنموذج اعلاه و وجد ان قيمة P-Value =0.705 وهي اكبر من 0.05 عليه نقبل فرض العدم مما يجعل النموذج ملائم ويمكن الإعتماد عليه.

4-6فحص وا ختبار دقة النموذج : Model Diagnostics Checking

شكل رقم (4-4) للمقارنة بين القيم الحقيقية والقيم المقدرة



المصدر إعداد الباحث بواسطة برنامج MINITAB 2014م

من الشكل أعلاه نلاحظ تقارب القيم المقدرة للقيم الحقيقة وهذا يعني ان النموذج كفؤ ويمكن الاعتماد عليه في التنبؤ.

4-6-1 إختبار متوسط البواقي:

One-Sample Z: RESI1

Test of mu = 0 vs not = 0

The assumed standard deviation = 15743

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	Z	P
RESI1	50	1384	9254	2226	(-2980, 5748)	0.62	0.534

المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج Minitab 2014م

بما ان القيمة الاحتمالية (P-Value) تساوي (0.543) وهي قيمة اكبر من مستوي المعنوية (0.05) عليه نقبل فرض العدم إي ان المتوسط يساوي الصفر.

4-6-2 إختبار عشوائية البواقي:

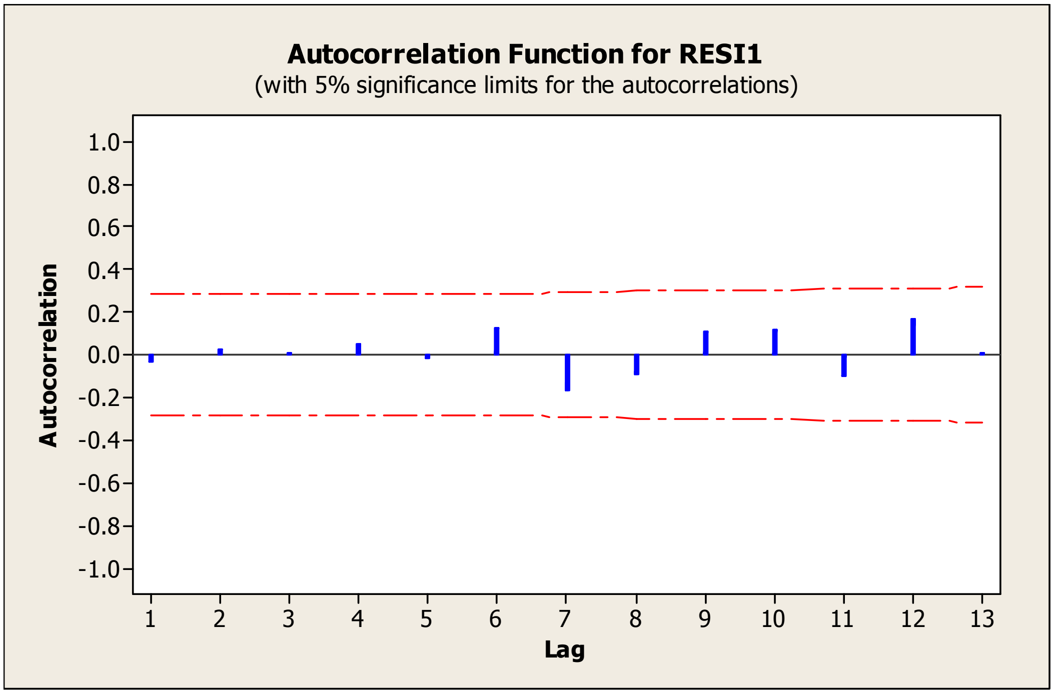
Runs Test: RESI1

```
Runs test for RESI1

Runs above and below K = 1383.91

The observed number of runs = 27

The expected number of runs = 25

30 observations above K, 20 below

P-value = 0.551
```

بما ان القيمة الاحتمالية (P-Value) تساوي (0.551) وهي قيمة اكبر من مستوي المعنوية (0.05) عليه نقبل فرض العدم إي ان البواقى عشوائية.

4-6-3 الارتباط الذاتي للبواقي:

شكل رقم(4–5) الـ ACF للبواقي



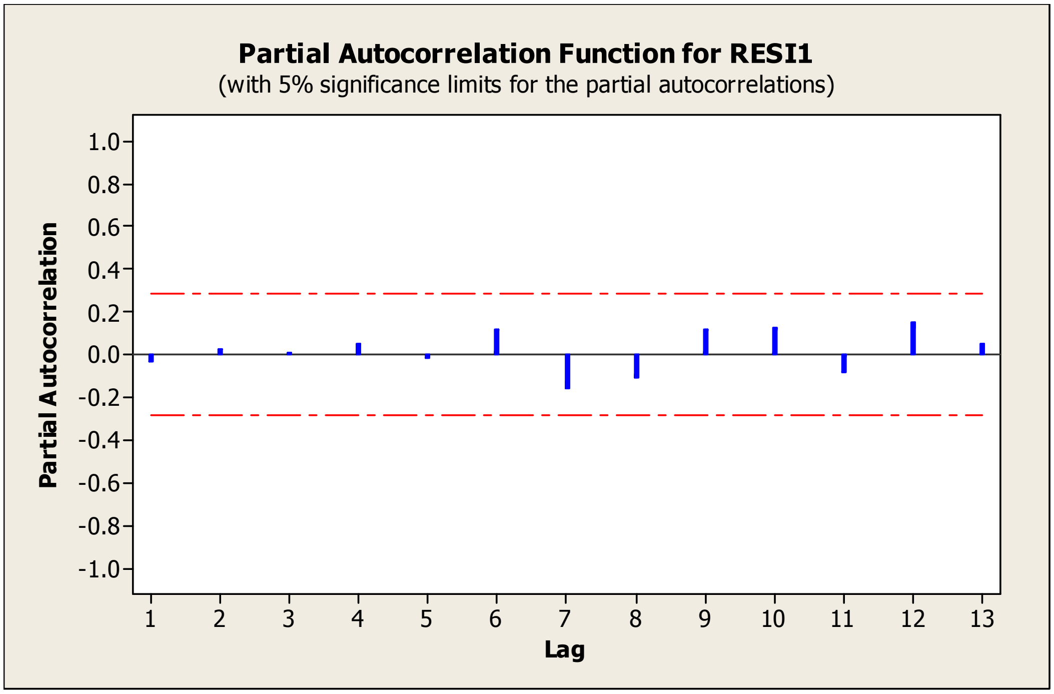
المصدر : إعداد الباحث بواسطة برنامج Minitab 2014م

Autocorrelation Function:

Lag	ACF	T	LBQ
1	-0.033429	-0.24	0.06
2	0.024083	0.17	0.09
3	0.005785	0.04	0.09
4	0.046548	0.33	0.22
5	-0.019862	-0.14	0.24
6	0.121192	0.85	1.11
7	-0.167538	-1.16	2.80
8	-0.091407	-0.62	3.32
9	0.111391	0.75	4.11
10	0.116533	0.77	4.99
11	-0.097986	-0.64	5.63
12	0.166415	1.08	7.52
13	0.006121	0.04	7.53

- الارتباط الذاتي الجزئي للبواقي:

شكل رقم(4-6) الـ PACF للبواقي



المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج Minitab 2014م

Partial Autocorrelation Function:RESI1

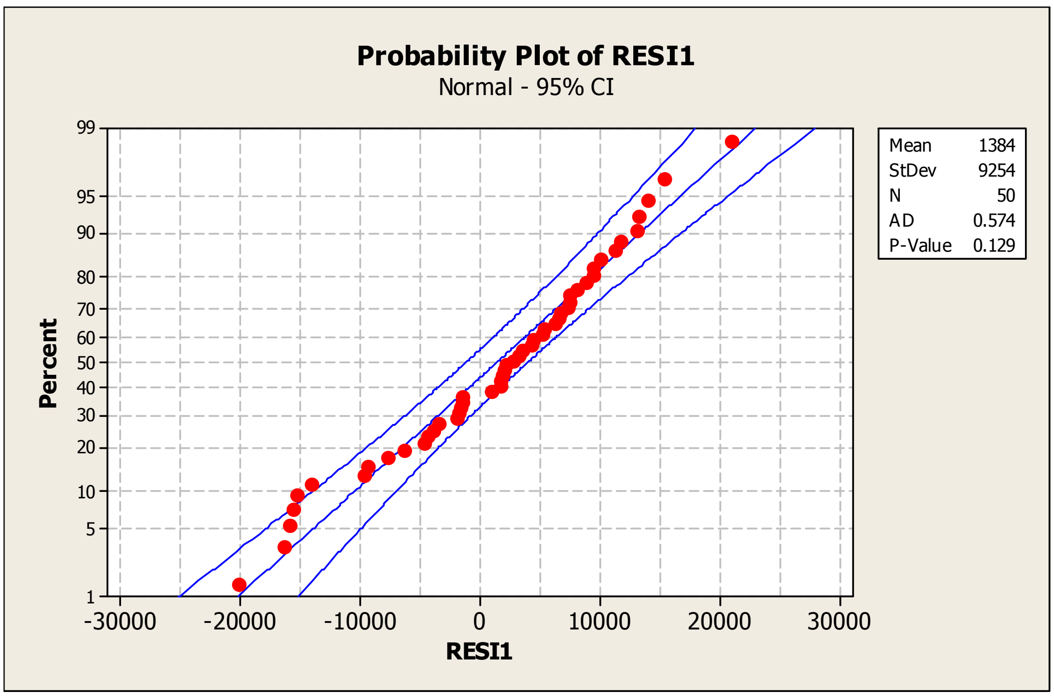
Lag	PACF	T
1	-0.033429	-0.24
2	0.022991	0.16
3	0.007352	0.05
4	0.046503	0.33
5	-0.017171	-0.12
6	0.118268	0.84
7	-0.162826	-1.15
8	-0.109775	-0.78
9	0.119237	0.84
10	0.127230	0.90
11	-0.086888	-0.61
12	0.152574	1.08
13	0.049655	0.35

من الشكل رقم (4–4) والشكل رقم (4–5) نلاحظ ان نمط الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي يتبعان نمط خطأ التقدير.

4-6-4 إختبار طبيعة البواقي:

أ/ رسم الاحتمالي الطبيعي: Normal Probability Plot

الشكل رقم (4–7) يوضح الاحتمال الطبيعي للبواقي



المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامج Minitab 2014م

من الشكل رقم (4–7)نلاحظ ان البواقي تتوزع طبيعياً

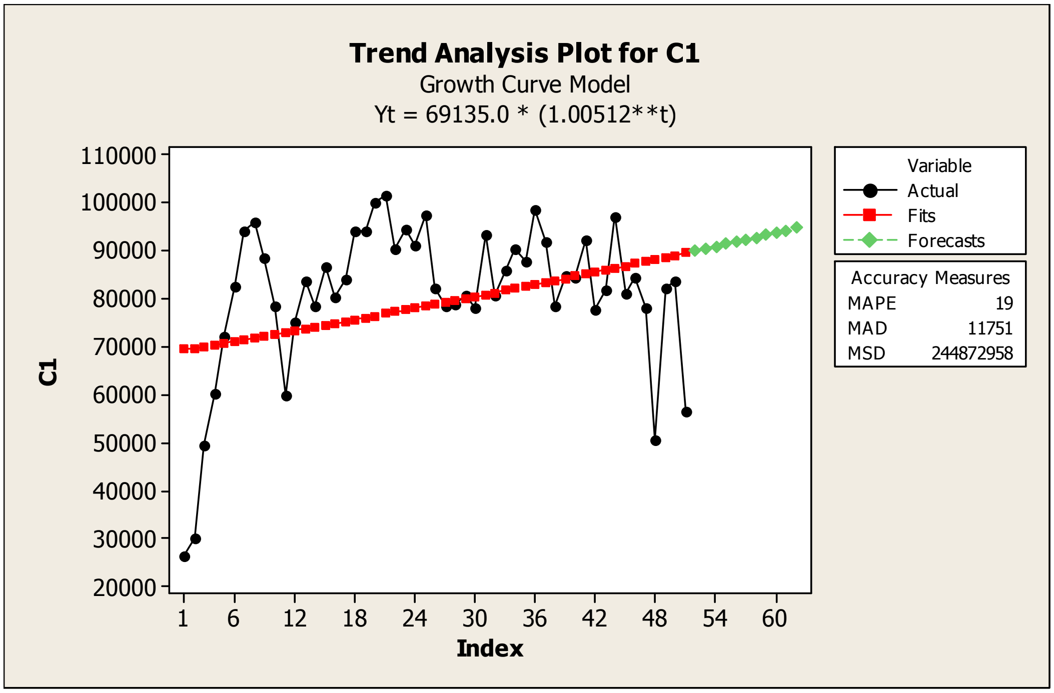
4-7 التنبؤ للطاقة الكهربائيه المنتجة بالقيقاواط للعقد القادم:

جدول رقم (4–4) يوضح التنبؤات المستقبلية للطاقة الكهربائيه

السنوات	القيم المتنبأ بها
2013	77693
2014	67579
2015	68286
2016	84233
2017	66952
2018	81450
2019	83397
2020	70963
2021	91409
2022	78901
2023	80256
2024	94652

المصدر: إعداد الباحث بواسطة برنامجminitab 2014م

شكل رقم (4−8) يوضح التنبوءات المستقبلية للطاقة الكهربائيه



المصدر : إعداد الباحث بواسطة برنامج Minitab 2014م

من الشكل أعلاه نلاحظ أن السلسلة تتذبذب مع مرور الزمن.

الفصل الخامس

الإستنتاجات و التوصيات

أن الإستنتاجات و التوصيات التي تم الوصول إليها من خلال البحث هي :

5-1 الإستنتاجات:

أهم الإستنتاجات التي توصل إليها البحث ما يلي :-

1. ان إستخدام تحليل السلاسل الزمنية مناسب ومفيد في دراسة توليد الطاقة الكهربائيه من خزان سنار.
2. السلسلة الزمنية لبيانات الطاقه الكهربائيه المولده من خزان سنار هى سلسة مستقرة.
3. النموذج الإحصائي لسلسلة توليد الطاقة الكهربائيه هو نموذج الإنحدار الذاتي AR (3).
4. النموذج الذي تم التوصل إليه نموذج كفؤه ويمكن الإعتماد عليه.
5. يمكن إستخدام النموذج الذي توصل إليه البحث لمعرفة إتجاهات السلسلة لإستخدامها من قبل الجهات التخطيطية والتنفيذية لتحليل ودراسة الظاهرة.
6. البيانات تزيد مع مرور الزمن.

5-2 التوصيات:

1- يمكن إستخدام النموذج الذي توصل إليه الباحث من قبل الجهه المستفيدة (محطة توليد الكهرباء خزان سنار) لمعرفة الإتجاهات المستقبلية للظاهرة ووضع الخطط اللازمه لها والاستفادة منها في انتاج الكهرباء وتنمية البلاد.

2- القيام بدراسات وبحوث تأخذ بعين الإعتبار تكلفة الطاقة المولدة بالماء وكمية الطاقة المولدة لمعرفة الزيادة النسبية الحقيقة في الطاقة الكهربائيه لأن بحثنا هذا أخذ واقع حال التوليد المائي دون النظر إلى تكلفة إنتاج الطاقة المولدة بالحرارة أو البخار.

3- إستخدام تحليل السلاسل الزمنية لمتعدد المتغيرات وذلك من خلال أخذ السلسلة لعدة متغيرات مثل تكلفة الإنتاج و سعر إنتاج الوحدة و هذا من شأنه أن يجعل التنبؤات أكثر دقة.

3-5 المراجع :

اولاً : المراجع العربية:-

[1] سليمان, اسامة ربيع _التحليل الإحصائي للبيانات بإستخدام برنامج Minitab_ قسم الإحصاء والرياضة والتامين_كلية التجارة(السادات)_ جامعة المنوفية.

[2] الزوبعي ,عبيد محمود (2008-2009) ((محاضرات السلاسل الزمنية برنامج ماجستير إحصاء)) جامعة السودان للعلوم و التكنوجيا.

[3] الهيئة القومية للكهرباء كتيب تعريفي الماضي والحاضر 2008.

[4] ابراهيم, بسام يونس , يونس, عادل موسي , أمين ,حاجي أنمار (2002) _ الاقتصاد القياسي _ دار عزة للنشر والتوزيع _ الخرطوم_ السودان.

[5] ابراهيم, بسام يونس , يونس ,عادل موسي (2005) مبادئ إحصاء_ قسم الإحصاء التطبيقي_ كلية العلوم_ جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

[6] ماجد ,عدنان عبد الرحمن (2002)، طرق التنبؤ الإحصائى، الجزء الأول، جامعة الملك سعود _ كلية العلوم _ قسم الإحصاء وبحوث العمليات.

ثانياً : المراجع الاجنبية:-

Anderson (1971) The Statistical Analysis Of Time Series-

خزان سنار

الانشاء خزان سنار 1922م

53 *The Sennar Dam under construction, c. 1922. The project employed a combination of the newest technology and, in its use of labour, what a critic called 'Pharaonic methods'*

PARKER COLLECTION PHOTOGRAPHER UNKNOWN

محطة توليد الكهرباء خزان سنار