



بسم الله الرحمن الرحيم
جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
كلية الدراسات العليا



تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بالتطبيق علي مبيعات
الكهرباء وعدد الزبائن في السودان
(2007 – 2011)

**Multivariate Time Series Analysis by Application On
Electricity Sales and Number of Customers in Sudan**

(2007 – 2011)

رسالة مقدمة الي قسم الاحصاء التطبيقي – كلية العلوم – جامعة السودان
للعلوم والتكنولوجيا لنيل درجة الماجستير في الاحصاء

اعداد:

المشرف الدكتورة:

اسراء جعفر عبدالقادر احمد

امل السر الخضر عبدالرحيم

مايو 2014 م



صفحة الموافقة

اسم الباحث : اسراء هبة عبد لقادر أحمد
عنوان البحث : تحليل السلاسل الزمنية مبدرة المختبرات
التطبيق على صيحات الوباء وفيروس كورونا
البيانات
(٢٠١٧ - ٢٠١٨)

موافق عليه من قبل :

الممتحن الخارجي

الاسم : د. عبد الحليم علي محمد
التوقيع :
التاريخ : ٢٠١٨ / ١٥ / ٢٠١٦

الممتحن الداخلي

الاسم : د. منار محمد مصطفى سعد
التوقيع :
التاريخ : ٢٠١٨ / ١٥ / ٢٠١٦

المشرف

الاسم : د. أمل السوي الحضر عبد الرحيم
التوقيع :
التاريخ : ٢٠١٥ / ٥ / ٢٠٢٠

الاية

قال تعالى:

السَّمَاءُ وَالْأَرْضُ وَمَنْ فِيهِنَّ خَلْقٌ مِثْلُ نُورٍ هِ كَمْ شِدْكَاءٍ فِيهَا مِنْ صُدْبَاحٍ
صُدْبَاحٍ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ
كَاءٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ
نُورُ عِلْمِي سُبُحُورٍ يُزِيلُ اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ
الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ

صدق الله العظيم

سورة النور الآية (35)

الإله

أُمِّي

ياوردة في كل الفصول وسحابة بتمطر
حنان

يافرحة مابتعرف حدود وسعادة مابتعرف
مكان

ياأغلي من كل الوجود ياأُمِّي يامعني
من مليون حرف

أَبِي

حبك شمعة في ليلنا تنور للخطي وتهدي
نحبك ياأبا زي نيلنا عظيم واصيل
وممتدي

الشكر و التقدير

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم : (من لا يشكر الناس لا يشكر الله)

الشكر لله من قبل ومن بعد .

واتقدم بالشكر والتقدير للدكتورة امل السر ومتابعتها المستمرة لهذه الدراسة ولقد كان لها الفضل بعد

الله سبحانه وتعالى بان يخرج هذا البحث بهذه الصورة.

واتقدم بالشكر الى الذين لم يتأخروا في تقديم أي مساعدة لاجراء هذا البحث ، وخص بالشكر

فرح عبدالله .

واخر دعوانا ان الحمد لله رب العالمين

ABSTRACT

The aim of this thesis to find the best model for describing the number of customers and electricity sales in the period (January 2007 –to December 2011) by choosing suitable model for both of them, and using time series analysis of multiple variables so as to use it to predict.

Hypotheses of the study:

1- Bivariate time Series is not stationary .

2- Auto regression regression models not represent an appropriate model of the time series under study.

The analysis showed the following results:

1- The time series of the number of customers is not stationary , which refer to check the first hypothesis.

2-The time series for electricity sales is not stationary , which refer to check the first hypothesis.

3-We reached to not stationary of two series after taking the second difference.

4- The tow series which represent the bivariate time series have the same lag order.

5-Auto - regression model of the first level is the appropriate model for the bivariate time series , which refer to check the second hypothesis.

6- The presence of two time series together in the model BVAR (1) make the residuals distributed normally.

المستخلص

تهدف هذه الدراسة الي معرفة النموذج المناسب لوصف عدد الزبائن ومبيعات الكهرباء في الفترة (يناير 2007م – ديسمبر 2011م) بواسطة نموذج مناسب واحد يشملهما معا وذلك باستخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات ومن ثم استخدامه في التنبؤ.

فرضيات الدراسة:

- 1- السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات غير مستقرة .
- 2- نماذج الانحدار الذاتي المتعدد لاتمثل النموذج المناسب للسلسلة الزمنية تحت الدراسة .

واظهر التحليل النتائج التالية:

1. السلسلة الزمنية لعدد الزبائن غير ساكنة، مما يشير الي تحقق الفرضية الاولى.
2. السلسلة الزمنية لمبيعات الكهرباء غير ساكنة، مما يشير الي تحقق الفرضية الاولى .
3. تحقق السكون للسلسلتين الزمنيتين بعد اخذ الفرق الثاني.
4. السلسلتين الزمنيتين الممثلتين للسلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات ذات فترة ابطاء متساوية.
5. نموذج الانحدار الذاتي المتعدد من الرتبة الاولى هو النموذج الملائم للسلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات، مما يشير الي تحقق الفرضية الثانية.
6. وجود السلسلتين الزمنيتين معا في نموذج $BVAR(1)$ جعل البواقي تتوزع طبيعيا.

فهرس المحتويات

رقم الموضوع	الموضوع	رقم الصفحة
	الاية	أ
	الاهداء	ب
	الشكر والتقدير	ج
	المستخلص باللغة الانجليزية	د
	المستخلص باللغة العربية	هـ

و	فهرس المحتويات	
ز	فهرس الجداول	
ح	فهرس الاشكال	
الفصل الاول		
المقدمة		
1	تمهيد	1-1
1	مشكلة البحث	2-1
1	أهداف البحث	3-1
2	أهمية البحث	4-1
2	فرضيات البحث	5-1
2	بيانات البحث	6-1
2	منهجية البحث	7-1
2	الدراسات السابقة	8-1
3	هيكل تنظيم البحث	9-1
الفصل الثاني		
نبذة تعريفية عن الهيئة القومية للكهرباء		
4	مقدمة	1-2
4	تاريخ صناعة الكهرباء بالسودان	2-2
6	أنواع التوليد	3-2
7	أقسام القطاعات	4-2
الفصل الثالث		
تحليل السلاسل الزمنية ثنائية المتغيرات		
8	مقدمة	1-3
8	السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات	2-3
8	خواص السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات	1-2-3
10	متجه عملية التشويش الأبيض للسلسلة ثنائية المتغيرات	2-2-3
10	نماذج بوكس جينكنز للسلسلة الزمنية متعددة المتغيرات	3-3
10	نماذج الانحدار الذاتي المتعدد (المتجهة)	1-3-3
18	نماذج المتوسطات المتحركة المتعددة	2-3-3

22	نموذج الانحدار الذاتي - الأوساط المتحركة المختلطة الثنائية من الرتبة الأولى	4-3
25	مراحل تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات	5-3
25	التعرف على النموذج (مرحلة التشخيص)	1-5-3
26	اختيار رتبة النموذج	2-5-3
27	مرحلة التقدير	3-5-3
28	التنبؤ	4-5-3
28	مميزات منهجية	6-3
28	عيوب منهجية	7-3
الفصل الرابع الجانب التطبيقي للتحليل		
29	وصف البيانات	1-4
32	مصفوفة الارتباط بين السلسلتين الزمنيتين	1-1-4
32	مصفوفة التغاير المشترك بين السلسلتين	2-1-4
33	تحليل البيانات بتطبيق منهجية بوكس - جنكينز	2-4
33	مرحلة التشخيص	1-2-4
33	التعرف على النموذج	1-1-2-4
41	اختيار رتبة النموذج	2-2-4
42	مرحلة التقدير	3-2-4
42	تقدير النموذج	1-3-2-4
43	تدقيق التشخيص	2-3-2-4
45	التنبؤ باستخدام افضل نموذج	4-2-4
الفصل الخامس النتائج والتوصيات		
49	1-5 النتائج	
49	2-5 التوصيات	
	المراجع	
	الملاحق	

فهرس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
26	سلوك دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي	1-3
29	المقاييس الوصفية للبيانات	1-4
33	دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن خلال الفترة من (يناير 2007 م- ديسمبر 2011 م)	2-4
36	دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات خلال الفترة من (يناير 2007 م- ديسمبر 2011 م)	3-4
41	معايير اختيار رتبة النموذج	4-4

42	نتائج تقدير النموذج (1) BVAR	5-4
42	اختبار السكون لنموذج (1) BVAR باستخدام القيم المميزة	6-4
43	اختبار البواقي بواسطة jargue-b-Bera	7-4
44	اختبار البواقي بواسطة الالتواء	8-4
44	اختبار البواقي بواسطة التقطع	9-4
45	عدد الزبائن المتوقع بها في الفترة يناير 2012م - ديسمبر 2012م	10-4
46	مبيعات الكهرباء بالكيلو واط/ساعة المتوقع بها في الفترة يناير 2012م - ديسمبر 2012م	11-4

فهرس الاشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
30	الرسم البياني للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن خلال الفترة من يناير 2007م - ديسمبر 2011م	1-4
31	الرسم البياني للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات خلال الفترة من يناير 2007م - ديسمبر 2011م	2-4
34	معاملات الارتباط الذاتي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن خلال الفترة من يناير 2007م - ديسمبر 2011م	3-4

35	معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن خلال الفترة من يناير 2007م-ديسمبر 2011م	4-4
37	معاملات الارتباط الذاتي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات خلال الفترة من يناير 2007م-ديسمبر 2011م	5-4
38	معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات خلال الفترة من يناير 2007م-ديسمبر 2011م	6-4
39	معاملات الارتباط الذاتي للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن بعد أخذ الفرق الثاني	7-4
40	معاملات الارتباط الذاتي للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات بعد أخذ الفرق الثاني	8-4
43	اختبار السكون لنموذج $BVAR(1)$ باستخدام دائرة الوحدة	9-4

الفصل الاول

المقدمة

1-1 تمهيد:

يعتبر تحليل السلاسل الزمنية واحداً من الاساليب الاحصائية المهمة، والسلسلة الزمنية عبارة عن متغير أو مجموعة من المتغيرات تؤخذ وفقاً للزمن.

تتلخص أهداف السلاسل الزمنية في بناء نموذج لتفسير سلوك السلسلة الزمنية ومن ثم استخدام النموذج للتنبؤ بالقيم في المستقبل، والتحكم في العملية التي تتولد منها السلسلة الزمنية، ومن أهم أهداف تحليل السلاسل الزمنية توفير وصف دقيق للعملية التي تتولد منها السلسلة الزمنية. ولتحقيق هذه الاهداف لابد من دراسة نماذج تحليل السلاسل الزمنية وتحديد النموذج المناسب للبيانات. ومن أهم النماذج المستخدمة في تحليل السلاسل الزمنية نماذج بوكس جنكز.

وسوف نتناول في هذا البحث تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات (Multivariate Time Series Analysis) بالتطبيق علي بيانات مبيعات الكهرباء وعدد الزبائن في السودان.

1-2 مشكلة البحث:

تتمثل المشكلة الاساسية في عدم وجود نموذج للتنبؤ بكمية الكهرباء المستهلكة وفقاً لعدد الزبائن.

وتعتبر المشكلة ذات الاهمية الكبرى هي كيفية تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات وإيجاد النموذج الملائم للبيانات تحت الدراسة للتنبؤ بالقيم المستقبلية.

1-3 أهداف البحث:

تتمثل أهداف البحث في الاتي:

- 1- وصف وشرح سلوك الظاهرة عبر الفترة الزمنية.
- 2- التعرف علي النموذج المناسب لوصف بيانات الطاقة الكهربائية المستهلكة وفقاً لعدد الزبائن.

4-1 أهمية البحث:

تطبيق تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات يمكننا من التعرف على النموذج الملائم للبيانات المدروسة ومن ثم تحديد النموذج المناسب للتنبؤ بالقيم المستقبلية. وتأتي أهمية البحث أيضاً في التنبؤ بقيمة الكهرباء المستهلكة والتي تتأثر بالكهرباء المنتجة والسيطرة عليها حتى لا يكون هنالك تأثير سلبي وعدد الزبائن معاً.

5-1 فرضيات البحث:

- 1- السلسلة الزمنية تحت الدراسة هي سلسلة زمنية غير مستقرة.
- 2- نماذج الانحدار الذاتي الخطية لا تمثل البيانات تحت الدراسة.

6-1 بيانات البحث:

بيانات البحث عبارة عن كمية الكهرباء المستهلكة (المبيعات) وعدد الزبائن في الفترة الزمنية (2007 م - 2011م) حيث تم الحصول عليها من الشركة السودانية لتوزيع الكهرباء.

7-1 منهجية البحث:

سوف يتم في البحث استخدام المنهج الوصفي و المنهج التحليلي، لتحليل متغيرات الدراسة ووصفها والوصول الى النتائج وتفسيرها باستخدام الحزمة الاحصائية للعلوم الاجتماعية (SPSS) وبرنامج التحليل (STATA) وبرنامج التحليل (Minitab).

وذلك من خلال عرضها ورسمها ثم التحليل للسلسلة ثنائية المتغيرات للوصول للنموذج المناسب للظاهرة وتفسير النتائج والتنبؤ بها في المستقبل.

8-1 الدراسات السابقة:

- 1- في العام (2009) م، قام الباحث منتصر أحمد عثمان، بتقديم بحث بعنوان استخدام السلاسل الزمنية للتنبؤ بكميات الامطار في ولاية كسلا في الفترة 1960-2007م، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، ماجستير، وعندها توصل الي أن النموذج الملائم لتقدير كمية الامطار السنوية في ولاية كسلا هو نموذج $ARMA(1,1)$.

2- في العام (2009) م، قام الباحث محمود سعيد إسماعيل بتقديم بحث بعنوان دراسة تحليلية لمعدلات التضخم باستخدام نماذج بوكس جنكنز في الفترة 1971 م -2007م، ماجستير، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا وفيها توصل الباحث الي انه يمكن التنبؤ بقيم معدلات التضخم في المستقبل أي تقديرها لسنوات لاحقة باستخدام وتطبيق منهجية بوكس جنكنز علي السلسلة وتم اختيار افضل نموذج وهو $ARIMA(1,1,0)$ الذي يناسب بيانات السلسلة لمعدلات التضخم ذات المتغير الواحد .

3- في العام (2011) م، قامت الباحثة أمل السر بتقديم بحث بعنوان نماذج بوكس جنكنز للسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بالتطبيق علي انتاج الكهرباء ومنسوب النيل في السودان في الفترة من 1 يونيو 2009 م - 30 يوليو 2009 م ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، دكتوراه، ومن النتائج التي توصلت اليها ان السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات يعطي دقة أكبر في التنبؤ وان النموذج الملائم هو نموذج الانحدار الذاتي المتعدد الخطي من الرتبة الاولى .

4- في العام (2011) م قام الباحث مجدي عبد الاله محمد عباس بتقديم بحث بعنوان تطبيق تحليل السلاسل الزمنية لبناء نموذج لتوليد الطاقة الكهروحرارية، ماجستير، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا وتوصل الباحث الي أن استخدام تحليل السلاسل الزمنية مناسب ومفيد في دراسة توليد الطاقة الحرارية المستخدمة في انتاج الكهرباء وأن النموذج الاحصائي لسلسلة توليد الطاقة الكهروحرارية هو نموذج الانحدار الذاتي من الدرجة الاولى $AR(1)$ وهو نموذج كفؤ يمكن الاعتماد عليه .

1-9 هيكل تنظيم البحث:

يشتمل البحث علي خمسة فصول الفصل الاول يحتوي علي خطة البحث والتي تتضمن مشكلة وأهداف وأهمية وفرضيات البحث وبيانات البحث والمنهجية المتبعة والدراسات السابقة وهيكله البحث، أما الفصل الثاني يحتوي علي نبذة تعريفية عن الهيئة القومية للكهرباء أما الفصل الثالث يحتوي علي استعراض السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات مركزين علي السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات، اما الفصل الرابع يتضمن الجانب العملي والتطبيقي، والفصل الخامس يتضمن النتائج والتوصيات ثم المراجع والملاحق.

الفصل الثاني

نبذة تعريفية عن الهيئة القومية للكهرباء

نبذة تعريفية عن الهيئة القومية للكهرباء

1-2 مقدمة:

يتضمن هذا الفصل نبذة تعريفية للشركة السودانية لتوزيع الكهرباء، وأقسام القطاعات (الزبائن) وأنواع التوليد في السودان.

وتتبع أهمية الطاقة الكهربائية من كونها المصدر الرئيسي للتنمية سواء كانت صناعية أو زراعية أو غيرها وهي تلعب دوراً مهماً لنمو كل القطاعات وللطاقة الكهربائية الدور الكبير في تحريك عجلة الاقتصاد.

2-2 تاريخ صناعة الكهرباء بالسودان: {5}

عرف السودان صناعة الكهرباء منذ عام 1908م عندما تم تركيب أول مولد بسعة 100 كيلو واط بمنطقة رى، رفعت لاحقاً إلى 500 كيلو واط.

عندما زاد الطلب على الكهرباء من قبل الافراد بالإضافة إلى الحاجة الماسة لخدمات المياه بمدن العاصمة الثلاث للكهرباء تعاقدت حكومة السودان في عام 1925م مع مجموعة من الشركات البريطانية ولمدة ثلاثين عاماً لتطوير خدمات الكهرباء والمياه والمواصلات معاً داخل العاصمة القومية فأنشأت شركة النور والطاقة، وبعد تأسيسها تم استبدال وحدات التوليد القائمة بأخرى سعة 3000 كيلو واط ببرى.

وفى عام 1952م اشترت حكومة السودان جميع أسهم شركة النور والطاقة مع استمرار الشركة فى إدارة المرفق ومن ثم وضعت خطة لتطوير محطة برى وتم التعاقد على تركيب أربعة مولدات بخارية سعة $10 \times 2 + 5 \times 2$ ميكاواط وبسعة إجمالية قدرها 30 ميكاواط شغل أولها عام 1956م والثانى فى عام 1958 والثالث والرابع فى عام 1961م.

فى عام 1960م أصدرت الحكومة الوطنية قانون الإدارة المركزية للكهرباء والمياه تحت إشراف وزارة الاشغال كما بدأت الحكومة فى تقديم خدمات الكهرباء والمياه الى المدن الكبرى فى البلاد فى شبكات محلية تحت الإشراف المباشر لوزارة الاشغال.

فى عام 1962 تم تشغيل أول محطة مائية لتوليد الكهرباء من الخزان القائم بمدينة سنار بسعة 15 ميكاواط كما بدأت الخطوة الاولى فى إنشاء شبكة النيل الازرق للربط بين سنار ومدنى والخرطوم بتشيد خط ناقل فئة 110 كيلوفولت بدائرة واحدة من سنار إلى كيلو 10 بالخرطوم مروراً بمارنجان لتغذية مدينة ود مدنى والعاصمة بحلول عام 1963م وصلت الطاقة المتاحة بالإدارة المركزية للكهرباء والمياه إلى 42 ميكاواط وطاقة محطات وزارة الأشغال إلى 14 ميكاواط.

فى عام 1964م تم تشغيل محطة توليد خشم القرية بسعة تصميمية 12.6 ميكاواط. فى عام 1966م صدر قانون الهيئة المركزية للكهرباء والمياه لتحل محل الإدارة المركزية للمياه، وتحت مظلة هذا القانون كُون مجلس إدارةٌ خولت إليه سلطات تنفيذية وإدارية ومالية وبرئاسة مدير عام يعين من رأس الدولة بتوصية من وزير الأشغال. وفى عام 1971م تم ضم المرافق التابعة لوزارة الأشغال للهيئة المركزية للكهرباء والمياه لإدارة خدمات الكهرباء والمياه على نطاق القطر تحت إشراف وزير الطاقة والتعدين. فى العام 1982م صدر قانون الهيئة القومية للكهرباء والذى ترتب عليه فصل خدمات المياه عن الكهرباء و تحويل مسئولية الإشراف على المحطات خارج الشبكة القومية للحكومات الإقليمية على أن تقوم الهيئة بالإشراف على الشبكة القومية. فى عام 2001م صدر قانون الكهرباء الذى بموجبه فتح مجال الإستثمار لأى جهة أو شخص محلياً أو أجنبياً فى مجال الطاقة الكهربائية ومن أغراض قانون الهيئة القومية للكهرباء إستغلال مصادر الطاقة المتاحة إقتصادياً لتوفير إحتياجات البلاد من الطاقة الكهربائية للأغراض المختلفة وتحقيق النمو فى أعمالها بما يتناسب مع معدلات نمو تلك الإحتياجات والإستفادة من التطور العالمى فى مجال صناعة وخدمات الكهرباء بالقدر الذى تسمح به ظروف وبيئة السودان لتطوير صناعة وخدمات الكهرباء فى البلاد، العمل على توليد الكهرباء وتطويرها، الدخول فى الإستثمارات التى تمكنها من إدارة أعمالها وتصنيع المعدات المساهمة فى زيادة الدخل القومى وتحسين أداء الخدمات التى تقدمها، إدارة أعمالها على أساس يمكنها من تحقيق عائدات سنوية من إستثماراتها بمعدلات يحددها المجلس لتوفير الأموال اللازمة لتنفيذ خططها الإنمائية، وأى أغراض تتطلبها طبيعة نشاطها.

إعتمدت الهيئة القومية للكهرباء ومنذ عهد الهيئة المركزية للكهرباء والمياه في العام 1966م خطة طموحة لمقابلة الطلب المتنامي علي خدماتها حيث نجحت الدولة والهيئة في إستقطاب التمويل اللازم لزيادة مواعينها في التوليد والنقل والتوزيع كما تمكنت الهيئة من صياغة إحتياجاتها في شكل خطط عرفت بمشروعات الطاقة من الأول(1967م) وحتى مشروع الطاقة الرابع في (1994م) حيث أضافت هذه المشروعات للشبكة القومية 280 ميكاواط توليد مائي بالروصيرص مع 255 ميكاواط حراري بمحطة الشهيد ويري وكذلك 90 ميكاواط للشبكات المحلية بمدن الأقاليم خارج الشبكة القومية، هذا بالإضافة إلي الاف الكيلومترات من خطوط النقل ذات الضغط العالي والمنخفض واإمتداد وتحسينات في شبكات التوزيع وإعادة تعمير وحدات التوليد العاملة وقطارات لنقل الوقود لمحطات التوليد.

تم تمويل مشروعات الطاقة بمنح قروض ميسرة من البنوك ووكالات التنمية الإقليمية والعالمية مثل (البنك الدولي / وكالة التنمية الدولية/ منظمة التنمية لما وراء البحار البريطانية/ بنك التنمية الأفريقي/ صناديق التنمية العربية).

ومنذ تلك الفترة فقد تناقص التمويل المقدم للهيئة وبدأت الفجوة تزداد ما بين الطلب و المتاح من الطاقة الكهربائية ولذلك سعت الهيئة جاهدة لوضع خطط لسد هذا العجز ولإستقطاب التمويل اللازم لتنفيذ هذه الخطط و التي إنتهجت الهيئة القومية للكهرباء منهجاً علمياً في وضعها مما مكنها من الحصول علي التمويل اللازم لتنفيذ هذه الخطط، وإخيراً تم تحويل الهيئة القومية للكهرباء الي وزارة الكهرباء والسدود.

2-3 أنواع التوليد: {5}

هنالك نوعين رئيسيين لتوليد الكهرباء هما:

2-3-1 توليد مائي.

2-3-2 توليد حراري.

4-2 أقسام القطاعات: {5}

تصنف الهيئة القومية للكهرباء الزبائن الي قطاعات رئيسية وهي:

- ❖ قطاع سكني.
- ❖ قطاع صناعي.
- ❖ قطاع زراعي.
- ❖ قطاع حكومي.
- ❖ قطاع موحد.

الفصل الثالث

تحليل السلاسل الزمنية ثنائية المتغيرات

تحليل السلاسل الزمنية ثنائية المتغيرات

3-1 مقدمة:

السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات هي سلسلة تحتوي على متغيرين يؤخذان وفقاً للزمن، ويمكن أن تحتوي على أكثر من متغيرين (Multiple Time Series) ويمكن أن تكون سلسلة مفردة أي تحتوي على متغير واحد.

وسوف يتضمن هذا الفصل مفهوم تحليل السلسلة ثنائية المتغيرات وعرض خواصها وعرض لنماذج بوكس جنكيز للسلسلة الزمنية متعددة المتغيرات، ويتضمن أيضاً مراحل تحليل السلسلة الزمنية متعددة المتغيرات.

3-2 السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات Bivariate Time Series:

{1}، {4}، {6}، {7}:

السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات هي عبارة عن سلسلة زمنية مكونة من متجهات ذات بعدين $(Z_{1t}, Z_{2t})'$ وفقاً للزمن (t) حيث $t=1, 2, 3, \dots$ حيث يمكن دراسة كل منهما على حد كما في السلسلة المفردة، وفي حالة السلاسل الزمنية ثنائية المتغيرات كل الخواص من متوسط ودالة التباين المشترك تكون للرتبة الثانية، وتؤخذ السلسلة الزمنية كمتجهات عشوائية كالتالي:

3-2-1 خواص السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات

1. المتوسط (Mean):

$$\underline{\mu}_t = E[Z_t] = E \begin{bmatrix} Z_{1t} \\ Z_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E Z_{1t} \\ E Z_{2t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mu_{1t} \\ \mu_{2t} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

2. مصفوفة التغيرات المشتركة (Covariance's Matrix)

ويعبر عنها:

=

حيث (l) تمثل الإبطاء

$$= \begin{bmatrix} \gamma_{11}(l) & \gamma_{12}(l) \\ \gamma_{21}(l) & \gamma_{22}(l) \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

مع ملاحظة أن العناصر في القطر الرئيسي هي دوال التغيرات الذاتية (*Auto* *Covariance's Functions*) لكل من السلسلتين (Z_{1t}) و (Z_{2t}) بينما العناصر غير القطرية تمثل التغيرات المشتركة بين (γ_{tj}) و (γ_{t+l+i})

Where

$$\gamma_{12}(l) = \gamma_{21}(-l)$$

3. مصفوفة الارتباط (*Correlation Matrix*)

يرمز لها بالرمز $(R_{(l)})$ وتعرف كالتالي:

$$\rho_{(l)} = \begin{bmatrix} \rho_{11}(l) & \rho_{12}(l) \\ \rho_{21}(l) & \rho_{22}(l) \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Where

تكون السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات ساكنة إذا كان المتوسط والتباين ثابتين بمرور الزمن

بمعنى آخر إذا تحقق:

$$1. \quad E(Z_t) = \mu_t \quad \text{for all } t=0, 1, 2, \dots$$

$$2. \quad E[(Z_t - \mu)(Z_{t-l} - \mu)'] = \gamma_{(l)} = \gamma_{(-l)}' \quad \text{for all } l=0, 1, \dots$$

حيث (I) تمثل فترة الإبطاء.

3-2-2 متجه عملية التشويش الأبيض للسلسلة ثنائية المتغيرات (Vector White

(Noise Process for Bivariate Time Series

متجه عملية التشويش الأبيض هو متسلسلة من المتجهات العشوائية المستقلة والتي يرمز

$$\varepsilon_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t})'$$

وخصائصه:

1. المتوسط:

$$E(\underline{\varepsilon}_t) = \underline{0} \quad (3.4)$$

2. التباين:

$$E(\underline{\varepsilon}_t \underline{\varepsilon}_t') = \Sigma \quad (3.5)$$

3. التباين المشترك عند الإبطاء L:

$$(3.6) = \begin{cases} \Sigma & \text{if } L = 0 \\ 0 & \text{if } L \neq 0 \end{cases}$$

3-3 نماذج بوكس جينكنز للسلسلة الزمنية متعددة المتغيرات (Box Jenkins

(Models for Multi- Variate Time

1-3-3 نماذج الانحدار الذاتي المتعدد (المتجهة):

1. الصيغة العامة (Vector Auto Regressive Model)

يمكن التعبير عن نماذج الانحدار الذاتي المتجهة أو المتعددة وذلك إذا افترضنا (K)

سلسلة زمنية (Z_{it}) حيث $(i=1, 2, 3, \dots, K)$ و $(t=1, 2, 3, \dots, T)$ تتمثل الفترة الشائعة

للسلسلة الزمنية (Common Length of the Time Series) ويعبر عنها بصيغة

المصفوفات كالآتي:

$$\underline{Z}_t = \underline{\mu} \phi_1 \underline{Z}_{t-1} + \dots + \phi_p \underline{Z}_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

كما يمكن التعبير عنها كالآتي:

$$(3.8) \quad (\underline{Z}_t - \underline{\mu}) - \sum_{j=1}^p \phi_j (\underline{Z}_{t-j} - \underline{\mu}) \varepsilon_t$$

Or

where

كما يمكن صياغته كالآتي:

أو

Where

كما يمكن التعبير عنه بصيغة المصفوفات آخذين في الاعتبار توليفة الإبطاء

(Lag Polynomial) كالآتي:

عليه:

كما يمكن التعبير عن عملية (VAR) بصيغة المتوسطات المتحركة اللانهائية

:(Infinite VMA(q) Form)

Where

2. السكون لنماذج الانحدار الذاتي المتعدد (**Stationary of the Vector Auto**
Regressive Models) نموذج **VAR (p)**

Where

3. التغايرات المشتركة لعملية الانحدار الذاتي المتعدد (**Auto Covariance's of Vector**
(Autoregressive Process

باستخدام علاقة يوول والكر (*Yule Walker*) لعملية $VAR(p)$

فإن قيمة الإبطاء \underline{Z}_{t-1} بمعلومية القيم السابقة (ε_{t-l}) و (ε_{t-l-1}) يعبر عنها كالاتي، وذلك بصيغة (MA) اللانهائي:

وهذا يتبع:

$$E(\underline{Z}_{t-l} \varepsilon_t) = 0 \quad \text{for } l > 0 \quad .1$$

$$E(\underline{Z}_t \varepsilon_t) = \Sigma \quad .2$$

نجد أن:

$$\Gamma(l) = E(Z_t Z_{t-l})' \quad (3.10)$$

$$= E[Z_{t-l} \sum_{j=1}^p \phi_j Z_{t-j} + \varepsilon_t]' \quad \text{for } l = 1, 2, 3, \dots$$

With

$$\Gamma(0) = \sum_{j=1}^p [(-j)\phi_j' + \Sigma] \quad (3.11)$$

For $l = 0, 1, 2, \dots, p$

هذه العلاقة تستخدم لحل $\Gamma(l)$ بمعلومية مصفوفات المعلمات (ϕ_j) و (Σ) وعموماً لأي

رتبة (p) لأي رتبة (p) المصفوفات $\phi = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p)$ و Σ يمكن حسابها من

$\Gamma(0), \Gamma(1), \dots, \Gamma(p)$ وذلك بحل نظام مصفوفة معادلات يؤول والكر.

$$\sum_{j=1}^p$$

وهذه المعلومات يمكن كتابتها في صفة المصفوفة وكالاتي:

Where

حيث:

$(\Gamma(p))$ هي مصفوفة $(k_p \times k_p)$ بـ $(i, j)th$ وتحسب ϕ_j من المعادلة:

$$\sum_{j=1}^p [(L-j)\phi_j'] = \Gamma(L) \quad (3.12)$$

For $L=1, 2, \dots, p$

وعليه تحسب Σ كالآتي:

$$(3.13) \quad \Sigma = \Gamma(0) - \phi' \Gamma(p) \phi$$

4. مصفوفات الارتباط الذاتي لنماذج الانحدار الذاتي المتعدد (*Auto- Correlation*)

(*Matrices for Vector Auto Regressive Model*)

تأخذ مصفوفات الارتباط الذاتي الصيغة التالية:

$$(3.14) \quad = \rho_0 \left[V^{-\frac{1}{2}} \phi'^l V^{-\frac{1}{2}} \right]$$

من الأمثلة على نماذج الانحدار الذاتي المتعدد نموذج الانحدار الذاتي المتعدد من الرتبة

الأولي (1) *VAR (1)* (*Vector Auto Regressive Model of Order One*)

1. الصيغة العامة للنموذج VAR (1)

$$(3.15) \quad \underline{Z}_t = \phi \underline{Z}_{t-1} + \varepsilon_t$$

2. شرط السكون:

$$\det \{1 - \phi(\beta)\} = 0$$

إذا وفقط إذا كان

With

عليه، فإن شرط السكون لنموذج $VAR(1)$ هو أن جميع القيم المميزة لـ (ϕ) والتي هي عبارة عن محدد $\{\lambda I - \phi\}$ يجب أن يكون قيمتها المطلقة أصغر من الواحد. أي بمعنى:

ولأي عدد عشوائي $n > 0$ (Arbitrary) باستبدالات t^{th} في الطرف الأيمن من المعادلة:

نجد أن:

$$(3.16) \quad \underline{Z}_t = \sum_{j=0}^{t+n} \phi_j \varepsilon_{t-j} + \phi^{t+n+1} \underline{Z}_{-n-1}$$

عليه نجد أن القيمة المطلقة لجميع القيم المميزة لـ (ϕ) أصغر من الواحد، عندما $(n \rightarrow \infty)$ ، والذي يتقارب من نموذج المتوسطات المتحركة اللانهائي، أي أن:

With

والذي هو ساكن في العادة، عليه فإن $VAR(1)$ يوجد من:

With

بالإضافة إلى ذلك فإن هيكلية عملية $VAR(1)$ لكل $(t \geq -n)$ ينتج أو يتخلص من العلاقة:

$$Z_t = \sum_{j=0}^{t+n} \phi^j \varepsilon_{t-j} + \phi^{t+n+1} Z_{-n-1} \quad (3.17)$$

حيث أن التوزيع للقيمة المبدئية لـ (Z_{-n-1}) بافتراض أن Z_{-n-1} مستقلة عن $\{\varepsilon_t\}$ لكل $(t > -n)$ يتم استنباطه من $(ak\text{-} Dimensional\ Vector)$.

As

With

$\phi(\beta)$ يمثل مشغل المعاملات حيث:

ϕ : equal kp companion matrix

أي مصفوفة مركبة في kp

عليه، فإن شرط السكون هو أن جميع القيم المميزة لمركبة $(kp \times kp)$ لمصفوفة (\emptyset) تحت القيمة المطلقة أقل من الواحد.

3. التغيرات المشتركة لنموذج الانحدار الذاتي المتعدد من الرتبة الأولى:

إذا أخذنا على سبيل المثال نموذج $VAR(1)$ عندما $p = 1$:

نجد أن لدينا:

$$[0 = [(-1)\emptyset' + \Sigma \quad (3.18)$$

$$= [(1)'\emptyset' + \Sigma$$

$$[(1) = [(0)\emptyset' \quad (3.19)$$

With

ويتبع ذلك:

$$[(1) = [(0)\emptyset' \quad (3.20)$$

And

$$[(l) = [(-0)\emptyset'' ; \quad L \geq 1 \quad (3.21)$$

4. مصفوفة الارتباط الذاتي لنموذج الانحدار الذاتي المتعدد من الرتبة الأولى

مصفوفة المعاملات لهذا النموذج يمكن التعبير عنها في صيغة (Jordan Connical)

كالآتي:

حيث:

ρ : مصفوفة غير أحادية (non Singular Matrix)

j : تمثل مصفوفة مثلثية عليا (Upper Triangular Matrix)

لها القيم المميزة $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k)$ في العنصر القطري، فإذا كان:

فإن:

$$(3.21) \quad \rho_{(l)} = \rho_0 \left\{ V^{-\frac{1}{2}} \rho_j' V^{-\frac{1}{2}} \right\}$$

حيث تعرف الارتباطات في هذا النموذج كخليط من النمط الأسّي والجيبّي والذي يسلك سلوك دالة الإبطاء (I) اعتماداً على طبيعة القيم المميزة لـ (\emptyset) والتي تكون القيمة المطلقة لها أصغر من الواحد.

2-3-3 نماذج المتوسطات المتحركة المتعددة (Vector Moving Average Models)

خواص النموذج:

1. الصيغة العامة:

يرمز له بالرمز $VMA(q)$ ويعبر عنه كالتالي:

$$(3.22) \quad \underline{Z}_t = -\theta \underline{\varepsilon}_{t-1} + \underline{\varepsilon}_t$$

أو:

$$(3.23) \quad Z_t = M + \theta_{(\beta)} \underline{\varepsilon}_t$$

علماً بأن:

وعملية المتوسطات المتحركة ذات الرتبة المنتهية $VMA(q)$ تعرف بواسطة الصيغة:

$$(3.24) \quad Z_t = \underline{\mu} + \underline{\varepsilon}_t - \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j}$$

والذي هو دائماً ساكناً ويحقق السببية، وذلك لأنه عبارة عن نموذج MA والذي يعبر عنه كآتي:

$$(3.25) \quad = \underline{\mu} + \Psi_{(\beta)} \varepsilon_t$$

حيث أن:

والذي يتجمع تلقائياً (*Convergent*).

2. شرط الانعكاس (*Inevitability Condition*)

عملية المتوسطات المتحركة المتعددة لها قابلية على الانعكاس، إذا كان من الممكن لها أن يعبر عنه بالصيغة التالية:

علماً بأن:

مع الأخذ في الاعتبار أن:

والذي هو عبارة عن منقول المصفوفة، عليه وباستخدام العلاقة:

فإن نموذج $VMA(q)$ ينتج:

والذي يمكن كتابته بصيغة الانعكاس كالآتي:

$$(3.26) \quad [1/d(\beta)\theta^*(\beta)] [\underline{Z}_t - \underline{\mu}] = \underline{\varepsilon}_t$$

كما تحقق \underline{Z}_t شرط الانعكاس إذا كانت السلسلة الزمنية الغير منتهية (Z_t) تتجمع أو تلتقي في نقطة واحدة، وهو نموذج VAR اللانهائي.

$$(3.27) \quad \pi(\beta)(\underline{Z}_t - \underline{\mu}) = \underline{\varepsilon}_t$$

With

حيث:

ثابتاً ومستقراً .

وليكون نموذج $VMA(q)$ قابلاً للانعكاس يجب أن تكون القيمة المطلقة لجميع الجذور المميزة لـ $\theta(\beta)$ أكبر من الواحد، أي أن:

وهو يسمى شرط الانعكاس، والذي يمكن أن يكتب بالصيغة التالية:

$$\pi(\beta)(\underline{Z}_t - \underline{\mu}) = (\underline{Z}_t - \underline{\mu}) - \sum_{j=1}^{\infty} \pi_j (\underline{Z}_{t-j} - \underline{\mu}) \quad (3.28)$$

علماً بأن:

With

مصفوف المعاملات π_j يتحصل عليها بمساواة المعاملات في العلاقة بالواحد:

عندما

$$\theta(\beta)\pi(\beta) = 1 - (\pi_1 + \dots + \pi_j)$$

وبمساواة معاملات المصفوفات بالقوى المختلفة لـ (β^j) في العلاقة

لكل $j=1, 2, 3, \dots$ نحصل على:

$$\pi_j$$

Where

$$\pi$$

3. مصفوفة التغيرات المشتركة:

مصفوفة التغيرات المشتركة المستعرض أو التقاطعي (Cross- Covariance Matrix)

لنموذج $VMA(q)$ نتحصل عليه بمعلومة θ_j, Σ وكالاتي:

$$= E [(a_t - t$$

$$= - \sum \theta'_l$$

$$(3.28) \quad = \sum_{k=0}^{q-1} \theta_k \sum \theta_{k+1}$$

4. مصفوفة الارتباط:

لعملية $VMA(q)$ نجد أن جميع مصفوفات الارتباطات المستعرضة تساوي الصفر عند إبطاءات أكبر في q .

3-4 نموذج الانحدار الذاتي - الأوساط المتحركة المختلطة الثنائية من الرتبة الأولى
(*BARMA (1,1) Models*): {2}

نموذج *BARMA (1,1)* يكون على وفق الصيغة التالية:

$$(3.29) \quad (I - \phi_1 \beta) Z_t = (I - \theta_1 \beta) \varepsilon_t$$

أولاً: إن النموذج مستقر إذا كانت جذور المعادلة $|I - \phi_1 \beta| = 0$ خارج دائرة الوحدة *Unit Circle* أو إذا كانت القيم المميزة في ϕ_1 داخل دائرة الوحدة.

ثانياً: يمكن كتابة النموذج بدلالة الأخطاء العشوائية وحسب الصيغة الآتية:

$$(3.30) \quad Z_t = \sum_{s=0}^{\infty} \Psi_s \varepsilon_{t-s}$$

حيث أن أوزان Ψ_s يتم الحصول عليها من مساواة المعاملات β^j في معادلة المصفوفة الآتية:

(I -

أي أن:

$$\Psi_j = \phi_1 \Psi_{j-1} = \phi_1^{j-1} (\phi_1 - \theta_1) \quad ; \quad j \geq 1 \quad (3.31)$$

ويكون النموذج قابلاً للعكس إذا كانت جذور المعادلة $|I - \phi_1\beta| = 0$ خارج دائرة الوحدة أو إذا كانت القيم المميزة في θ_1 داخل دائرة الوحدة.

ثالثاً : كما ويمكن اشتقاق مصفوفة التباين المشترك على النحو الآتي:

$$E [Z$$

ونلاحظ أن:

$$E[Z_t(\varepsilon'_t$$

$$(3.32) \quad = \phi_1 \sum \theta'_1 - \theta_1 \sum \theta'_1$$

وهكذا نحصل على ما يأتي:

$$[(0) -$$

$$[(k) - [(k-1)' \phi'_1 = 0, \quad k \geq 2 \quad (3.33)$$

$$[(k)$$

النموذج المختلط ثنائي المتغيرات $BARMA(1,1)$:

حيث:

وأن مصفوفة التباين والتغاير المشترك للمتجه $\begin{bmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \end{bmatrix}$ هي:

وعلى فرض أن توزيع المتجه $\begin{bmatrix} Z_{1t} \\ Z_{2t} \end{bmatrix}$ هو توزيع طبيعي ثنائي المتغيرات (Bivariate Normal Distribution)، من الواضح أن لوغاريتم دالة الإمكان للعينة (Z_1, Z_2, \dots, Z_n) يمكن كتابته على وفق الصيغة الآتية:

$$\ln L(\phi, \theta_1, \Sigma / Z) = \text{constant} - \frac{n}{2} \ln |\Sigma| - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^T \Sigma_{\varepsilon_t}^{-1} \quad (3.34)$$

والتي يمكن كتابتها على وفق الصيغة الآتية:

$$(3.35) \quad \ln L = \text{constant} - \frac{n}{2} \ln |\Sigma| - \frac{1}{2} \text{tr} \Sigma^{-1} S(\phi_1, \theta_1)$$

حيث أن:

ومن الواضح أن الخطأ العشوائي ε_t يعبر عنه على وفق الصيغة الآتية:

هكذا فإن مقدرات الإمكان الأعظم لمصفوفات المعلمات ϕ_1, θ_1, Σ يمكن حسابها من تعظيم لوغاريتم دالة الإمكان.

ويعتبر نموذج الانحدار الذاتي ثنائي المتغيرات $BARMA(1, 0)$ حالة خاصة من الصيغة العامة في أولاً، إذ تكون صيغة النموذج على النحو الآتي:

$$(3.36) \quad \begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \phi_{11} & \phi_{12} \\ \phi_{21} & \phi_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t-1} \\ Z_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \end{bmatrix}$$

ويصبح لوغاريتم دالة الإمكان للعينة بالصيغة الآتية:

$$(3.37) \quad \ln L(\phi_1, \Sigma / Z) = \text{constant} - \frac{n}{2} \ln |\Sigma| - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^T \Sigma_{\varepsilon_t}^{-1} \varepsilon_t$$

وباستخدام خصائص المصفوفات يمكن كتابة لوغاريتم دالة الإمكان للعينة (Z_1, Z_2, \dots, Z_n) وفق الصيغة الآتية:

$$(3.38) \quad \ln L = \text{constant} - \frac{n}{2} |\Sigma| - \frac{1}{2} \text{tr} \Sigma^{-1} S(\phi_1)$$

وواضح أن:

ويعبر عن حد الخطأ العشوائي بالصيغة الآتية:

كما أن النموذج المختلط ثنائي المتغيرات $BARMA(0, 1)$ يمكن كتابته وفق الصيغة التالية:

$$(3.39) \quad \begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} \\ \theta_{21} & \theta_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{bmatrix}$$

ويمكن بعد التبسيط كتابة لوغاريتم دالة الإمكان لعينة حجمها n كالآتي:

$$(3.40) \quad \ln L = \text{constant} - \frac{n}{2} \ln |\Sigma| - \frac{1}{2} \text{tr} \Sigma^{-1} S(\theta_1)$$

حيث:

حيث ε_t يعبر عنه بالصيغة الآتية:

3-5 مراحل تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات: {1}، {3}، {5}

يتكون هذا التحليل من أربعة خطوات أساسية وهي:

3-5-1 التعرف على النموذج (مرحلة التشخيص) *Identification*:

ويقصد به التعرف على نوع ورتبة النموذج الذي يصف البيانات.

وهنا يمكن أن يأخذ النموذج أحد الأشكال الثلاثة الآتية:

جدول رقم (3-1): سلوك دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي

النموذج	دالة الارتباط الذاتي (ACF)	دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF)
VAR (p)	تقرب من الصفر تدريجياً	تساوي الصفر بعد الفجوة الزمنية p
VMA (q)	تساوي الصفر بعد الفجوة الزمنية q	تقرب من الصفر تدريجياً
VARMA (p , q)	تقرب من الصفر تدريجياً	تقرب من الصفر تدريجياً

3-5-2 اختيار رتبة النموذج:

هنالك معايير لاختيار هذه الرتبة، يمكن ذكرها كما يلي:

1. مقياس التقدير الأعظمي (Likelihood Ratio Creation)

ويعبر عنه بالصيغة الآتية:

$$(3.41) \quad M_m = - \left(N - M_{k-1} - \frac{1}{2} \right) \log[\det(sm) / \det(sm - 1)]$$

$$N = T - M$$

Where

$Sm-1$ عبارة عن مصفوفة مجموع المربعات للأخطاء

2. مقياس أكايكي للمعلومات (Akaike's Information Criterion)

ويرمز له اختصاراً بالرمز (AIC) وله الصيغة التالية:

$$(3.42) \quad AIC \cong \log(|\hat{\Sigma}_r|) + 2r/T + constant$$

حيث أن:

r تمثل عدد المعلمات

Σ تمثل مصفوفة التباين للبواقي

3. مقياس شوارتز (Schwartz Bayesian Criterion)

يرمز له اختصاراً بـ BIC وصيغته:

$$(3.43) \quad BICr = \log|\hat{\Sigma}_r| + r \log(T)/T$$

4. مقياس (Hannan and Quinn)

يرمز له اختصاراً بالرمز HQ وله الصيغة التالية:

$$(3.44) \quad HQ = \log|\hat{\Sigma}_r| + 2r \log(\log(T)/T)$$

5. مقياس خطأ التنبؤ النهائي (Final Prediction Error Criterion)

يرمز له اختصاراً بالرمز FPE وصيغته:

$$(3.45) \quad FPE_m = \det[1 + (mk/T)\hat{\Sigma}_m]$$

حيث أن:

تشير إلى مصفوفة التباين للبواقي المقدرة ويتم اختيار النموذج اعتماداً على هذه المقاييس،
باختيار النموذج صاحب أقل قيمة للمقياس المستخدم.

3-5-3 مرحلة التقدير Estimation

ولتقدير وتحديد المعلمات الخاصة بالنموذج، هنالك طرق كثيرة لتقدير نماذج السلاسل
الزمنية متعددة المتغيرات ومنها:

1. طريقة المربعات الصغرى Least Square Method

2. طريقة الإمكان الأعظم Maximum Likelihood Method

3. مرحلة الفحص والتدقيق Diagnostic checking

بعد تقدير المعلمات الخاصة بالنموذج، لا بد من التأكد من توافر الافتراضات الخاصة
بالنموذج، ويعد الافتراض الأساسي لهذا النموذج أن البواقي تمثل متغيرات عشوائية مستقلة
بمتوسط صفر وتباين ثابت.

وبعد أشهر الاختبارات التي يتم إجراؤها في هذا الصدد هو اختبار *Box & Peierce*، حيث يتم اختبار الفرضية:

أي أنها تمثل عملية تشويش أبيض أم لا.

كما يفترض أن تكون معاملات الارتباط بين معاملات النموذج ضعيفة وغير معنوية.

3-5-4 التنبؤ *Forecasting*

تمثل هذه المرحلة التطبيق العملي للنموذج المقترح حيث يتم الحصول على القيم المتوقعة للظاهرة محل الدراسة.

وقد أشار *Box Jenkins* إلى فكرة تحديث التنبؤات، بمعنى أنه كلما أمكن الحصول على بيانات جديدة، أو كلما دخلنا بشكل عملي في سنوات التوقع (التحرك للأمام)، فإنه يمكن استخدام النتائج الفعلية لسنة التوقع في تحديد التنبؤ للسنة التي تليها. وذلك بنفس الأسلوب الذي تم به الوصول إلى القيم المقدرة للمشاهدات الفعلية وفي تحديد توقعات المشاهدات المستقبلية.

3-6 مميزات منهجية *Box-Jenkins*

1. أنها منهجية شاملة بمعنى أنها تقدم حلولاً جيدة لجميع مراحل التحليل بالأساليب.
2. تعطي فترات ثقة ذات مصداقية عالية للقيم المستقبلية إذا ما قورنت بالأساليب التقليدية الأخرى كالانحدار والتمهيد الأسّي.

3-7 عيوب منهجية *Box-Jenkins*

1. يتطلب توافر 50 مشاهدة على الأقل للحصول على نموذج جيد.
2. عدم توافر آلية لتحديث التقديرات عندما تتوافر بيانات إضافية.

الفصل الرابع

الجانب التطبيقي للتحليل

4-1 وصف البيانات:

بالرجوع للبيانات في الملحق رقم (1) والتي تمثل عدد الزبائن (X) والمبيعات (Y) ، تم استخدام برامج التحليل Spss , Minitab , Stata كالاتي:

جدول رقم (4-1): المقاييس الوصفية

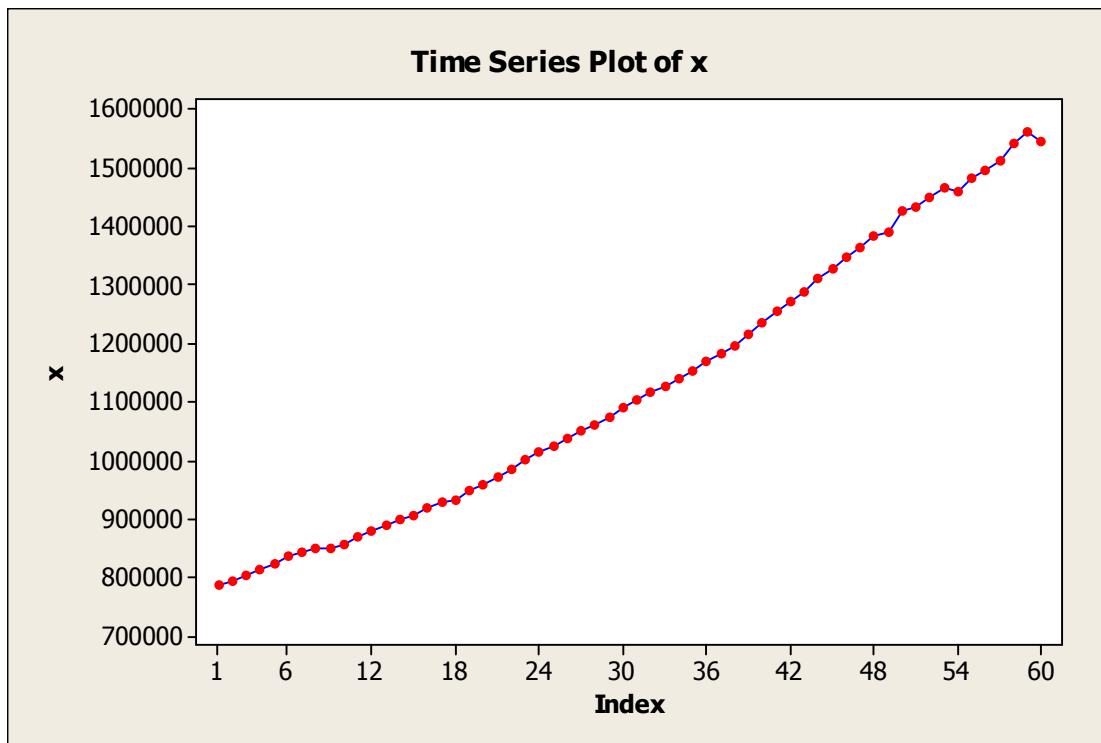
	المتوسط	الانحراف المعياري	أكبر قيمة	أصغر قيمة
عدد الزبائن	1127729.05	238938.849	1563041	786459
المبيعات	220789319.63	60379823.183	368936519	104743900

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج spss

من الجدول أعلاه نلاحظ أن متوسط عدد الزبائن هو (1127729.05) بانحراف معياري (238938.849) واكبر قيمة لعدد الزبائن خلال الفترة الزمنية من 2007م الي 2011م هو (1563041) واصغر قيمة (786459).

بينما متوسط المبيعات هو (220789319.63) كيلوواط/ساعة بانحراف معياري (60379823.183) كيلوواط/ساعة واكبر قيمة (368936519) كيلوواط/ساعة واصغر قيمة (104743900) كيلوواط/ساعة في الفترة من 2007م-2011م.

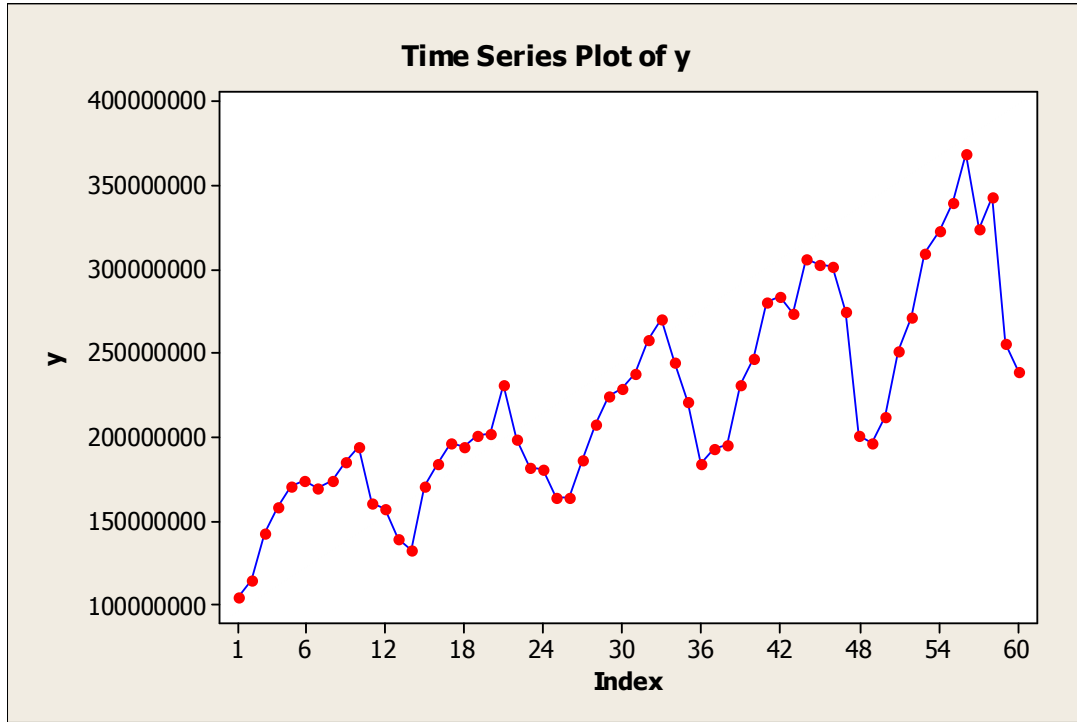
الشكل (4-1): الرسم البياني للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن خلال الفترة من يناير 2007م -ديسمبر 2011م



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الشكل أعلاه والذي يوضح السلسلة الزمنية الشهرية لعدد الزبائن نلاحظ انه خلال هذه الفترة عدد الزبائن في تزايد مستمر مع الزمن ، أي ان نمط التغير يمثل اتجاه عام موجب يتزايد عبر الزمن .

الشكل (4-2): الرسم البياني للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات خلال الفترة
من يناير 2007م -ديسمبر 2011م



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الشكل أعلاه والذي يوضح السلسلة الزمنية الشهرية لمبيعات الكهرباء ، نلاحظ انه خلال هذه الفترة المبيعات في تذبذب (تتناقص وتزيد) مع الزمن ، إضافة الي ملاحظة ان المبيعات نقل في شهري يناير وفبراير وتزيد في شهري أغسطس وسبتمبر في الاعوام بالتوالي تبعا للطقس .

4-1-1 مصفوفة الارتباط بين السلسلتين الزمنية:

المتغير	عدد الزبائن	المبيعات
عدد الزبائن	1	0.822
المبيعات	0.822	1

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من المصفوفة اعلاه والتي تمثل معاملات الارتباط بين السلسلتين نجد ان قيمة معامل الارتباط بين عدد الزبائن والمبيعات خلال الفترة الزمنية 2007م – 2011م بلغت (0.82) مما يشير الي وجود علاقة طردية بين المبيعات وعدد الزبائن .

4-1-2 مصفوفة التغير المشترك بين السلسلتين:

المتغير	عدد الزبائن	المبيعات
عدد الزبائن	57091773326	11863707095545
المبيعات	11863707095545	3645723047649582

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من المصفوفة اعلاه والتي تمثل التغير المشترك بين المتغيرين ، نجد ان قيمة التغير الذاتي للسلسلة الزمنية عدد الزبائن هو (57091773326) بينما بلغت قيمة التغير الذاتي للسلسلة الزمنية للمبيعات (3645723047649582) ، في حين بلغت قيمة التغير المشترك بين السلسلتين الزمنية عدد الزبائن والمبيعات (11863707095545) .

2-4 تحليل البيانات بتطبيق منهجية بوكس - جنكينز :

بعد استخدام مراحل تحليل منهجية بوكس - جنكينز تم التوصل الي الاتي:

1-2-4 مرحلة التشخيص:

1-1-2-4 التعرف علي نوع النموذج:

من خلال سلوك دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي سوف يتم التعرف علي نوع النموذج الملائم لبيانات السلسلة الزمنية (الشهرية) لكل من مبيعات الكهرباء وعدد الزبائن وكالاتي:

جدول رقم (2-4): دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن خلال الفترة من (يناير 2007 م - ديسمبر 2011 م)

الفجوة K	ACF	PACF
1	0.954816	0.954816
2	0.905255	-0.072683
3	0.856371	-0.016001
4	0.808778	-0.012475
5	0.761496	-0.024040
6	0.714598	-0.022526
7	0.667906	-0.025193
8	0.618544	-0.058544
9	0.568747	-0.032447
10	0.518630	-0.035468
11	0.468234	-0.036712
12	0.420480	-0.003980
13	0.372293	-0.041867
14	0.324918	-0.025066
15	0.277897	-0.031120

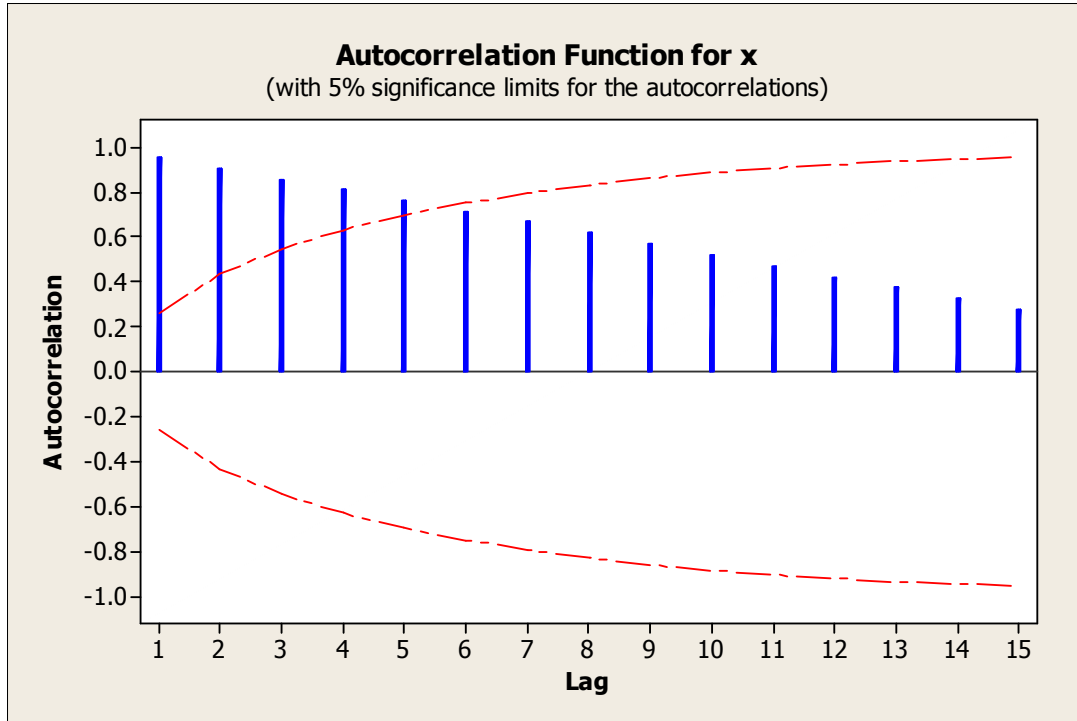
المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

وان 95% فترة ثقة لكل من معاملات الارتباط الذاتي الجزئي ستكون:

$$-0.253 \leq \rho_k \leq 0.253$$

تكون السلسلة الزمنية ساكنة اذا وقعت جميع قيم معاملات الارتباط الذاتي داخل حدي الثقة أعلاه أي بين (0.253) و (-0.253)، ونجد ان كل معاملات الارتباط الذاتي في الجدول اعلاه اكبر من 0.253 دلالة علي ان السلسلة الزمنية غير ساكنة .

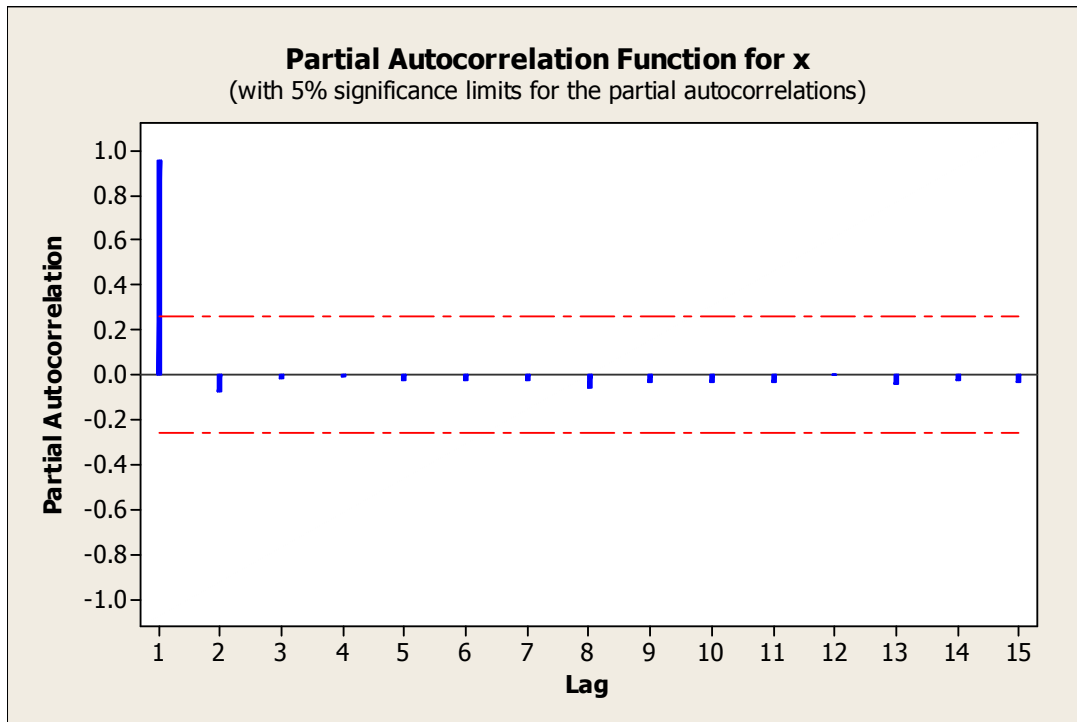
الشكل (4-3): معاملات الارتباط الذاتي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن خلال الفترة من يناير 2007م-ديسمبر 2011م



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الشكل اعلاه نجد ان السلسلة الزمنية التي تمثل عدد الزبائن غير ساكنة بسبب وقوع معاملات ارتباط خارج حدي الثقة .

الشكل (4-4): معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن خلال الفترة من يناير 2007م-ديسمبر 2011م



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الشكل اعلاه يتم تحديد نوع النموذج الملائم للبيانات بمقارنة سلوك الدالتين ACF و PACF مع ماورد في الجدول (3-1) ، عليه نجد ان دالة الارتباط الذاتي تقترب من الصفر تدريجيا ، بينما نجد ان دالة الارتباط الذاتي الجزئي تقطع اوتساوي الصفر بعد الفجوة الزمنية P ، عليه فان النموذج الملائم هو $AR(P)$.

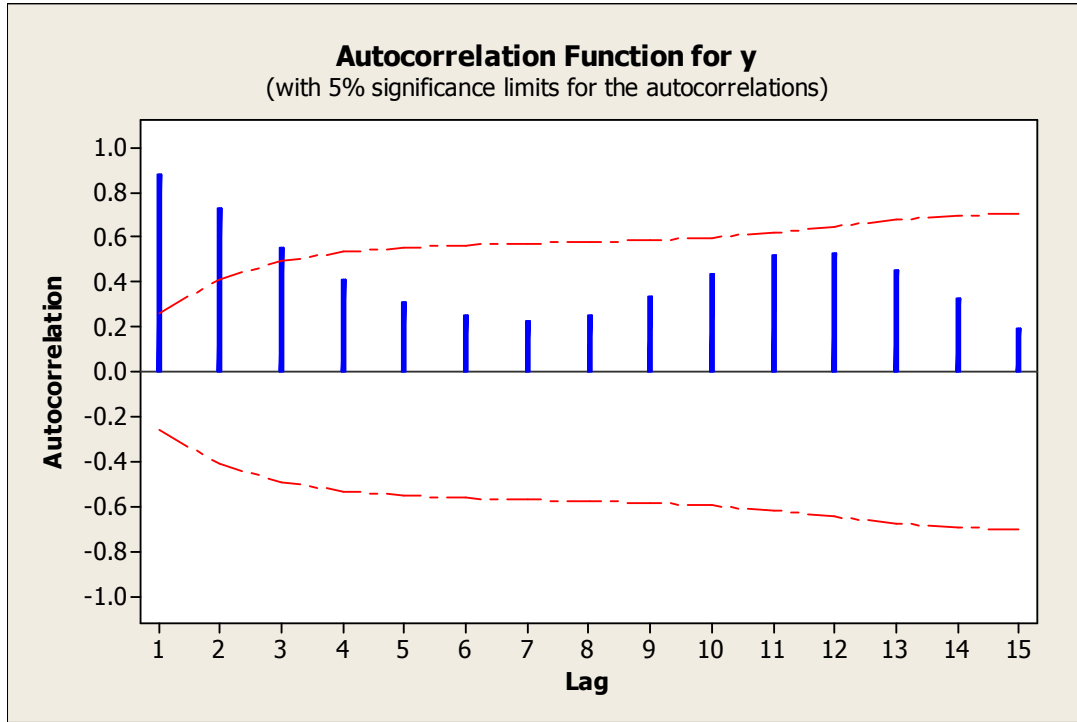
جدول رقم (3-4): دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات خلال الفترة من (يناير 2007 م - ديسمبر 2011 م)

الفجوة K	ACF	PACF
1	0.881275	0.881275
2	0.731231	-0.203324
3	0.553220	-0.200990
4	0.408087	0.068019
5	0.312923	0.117047
6	0.249063	-0.013515
7	0.227483	0.082315
8	0.250114	0.171636
9	0.336512	0.291064
10	0.433928	0.076055
11	0.515446	0.013163
12	0.530704	-0.112193
13	0.449923	-0.279044
14	0.326307	-0.103156
15	0.190092	-0.011650

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الجدول اعلاه نجد ان اغلب معاملات الارتباط الذاتي اكبر من 0.253 دلالة علي ان السلسلة الزمنية التي تمثل المبيعات غير ساكنة .

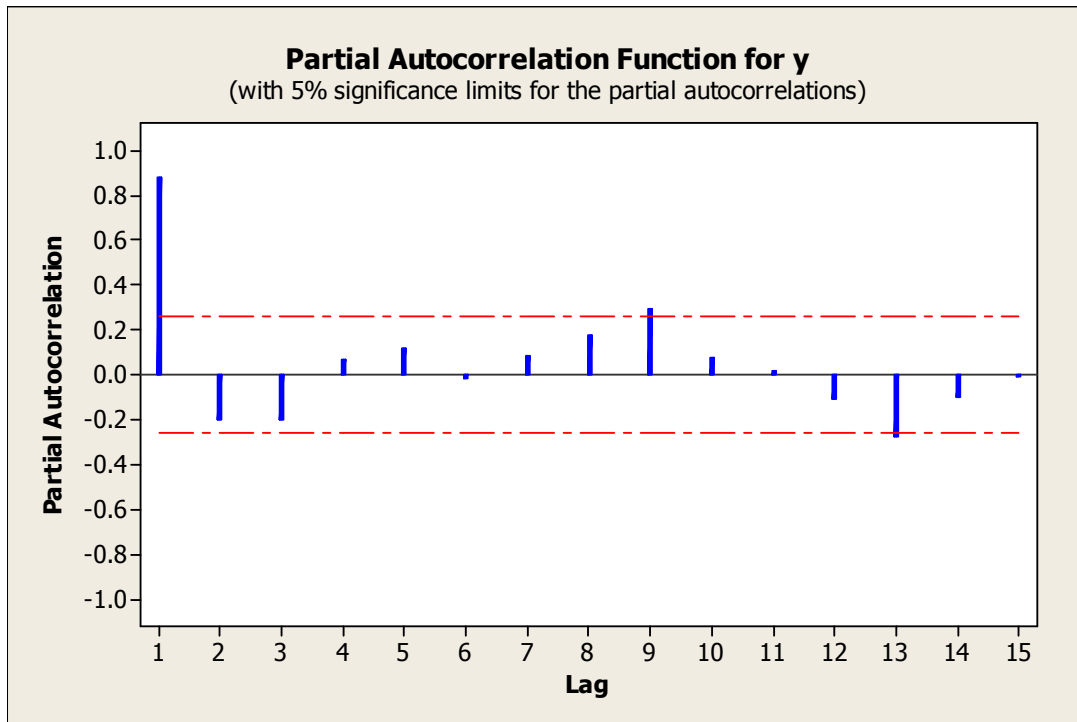
الشكل (4-5): معاملات الارتباط الذاتي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات خلال الفترة من يناير 2007م-ديسمبر 2011م



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الشكل اعلاه نجد ان السلسلة الزمنية التي تمثل المبيعات غير ساكنة بسبب وقوع معامل الارتباط الثالث خارج حدي الثقة .

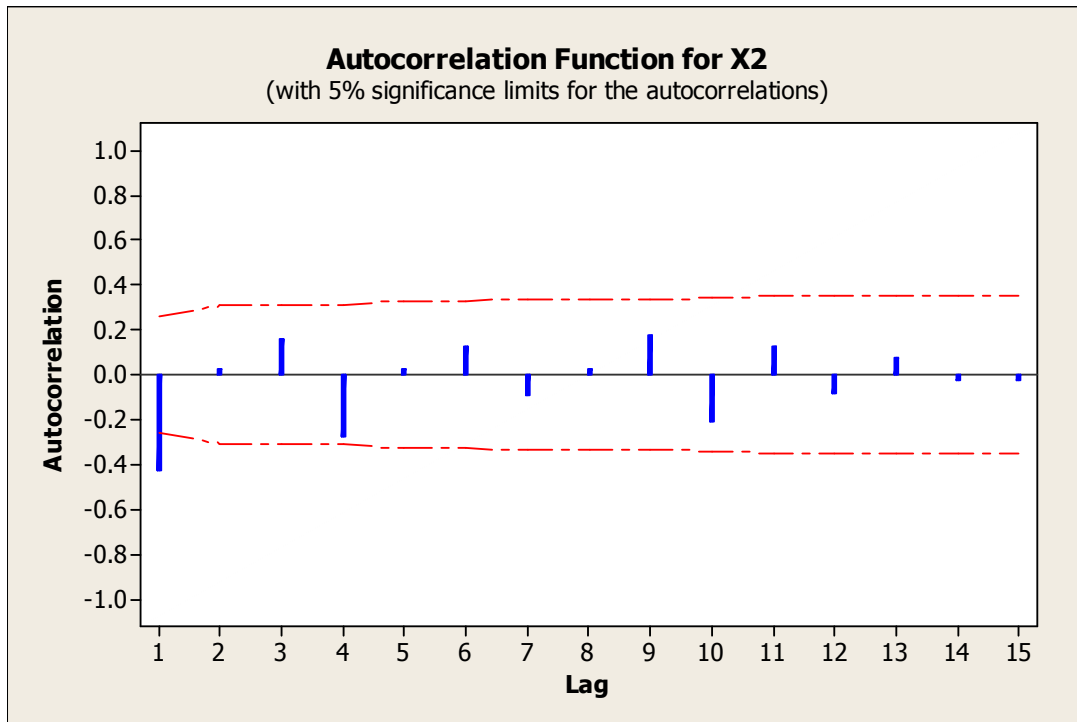
الشكل (4-6): معاملات الارتباط الذاتي الجزئي وحدي الثقة للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات خلال الفترة من يناير 2007م -ديسمبر 2011م



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الشكل اعلاه يتم تحديد نوع النموذج الملائم للبيانات بمقارنة سلوك الدالتين ACF و PACF مع ماورد في الجدول (3-1) ، عليه نجد ان دالة الارتباط الذاتي تقترب من الصفر تدريجيا ، بينما نجد ان دالة الارتباط الذاتي الجزئي تقطع اوتساوي الصفر بعد الفجوة الزمنية P ، عليه فان النموذج الملائم هو $AR(P)$.

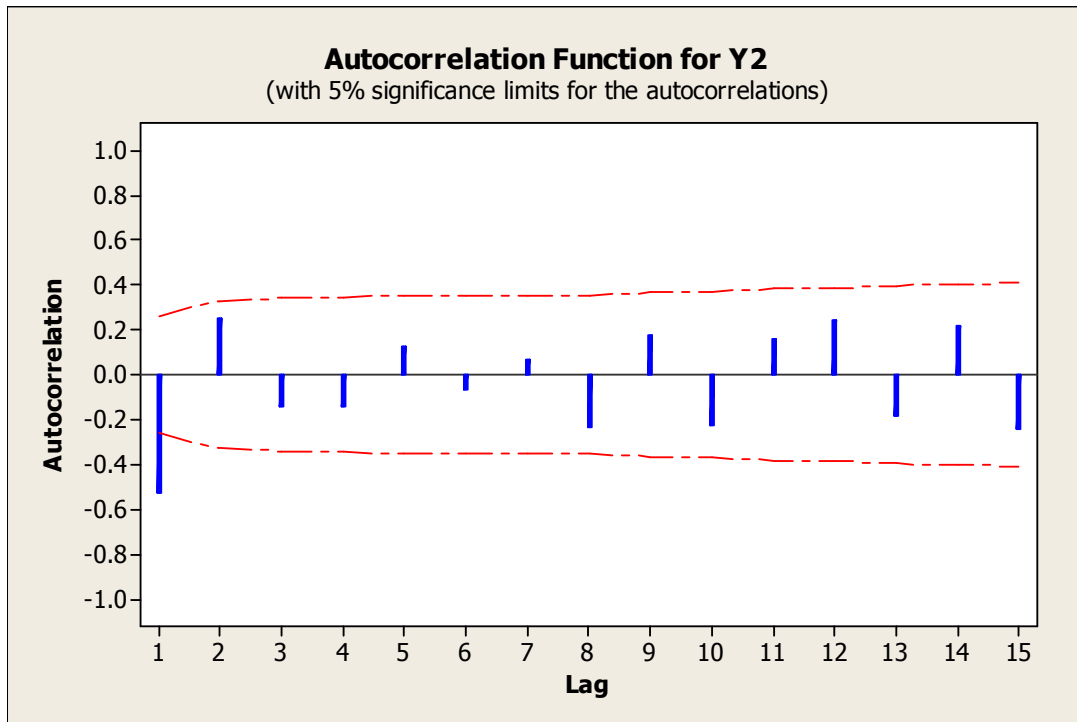
الشكل (4-7): معاملات الارتباط الذاتي للسلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن بعد أخذ الفرق الثاني



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الشكل اعلاه نجد ان السلسلة الزمنية (الشهرية) لعدد الزبائن حققت السكون بعد اخذ الفرق الثاني .

الشكل (4-8): معاملات الارتباط الذاتي للسلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات بعد أخذ الفرق الثاني



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج minitab

من الشكل اعلاه نجد ان السلسلة الزمنية (الشهرية) للمبيعات حققت السكون بعد اخذ الفرق الثاني .

وبما ان النموذج الملائم لسلسلة عدد الزبائن هو $AR(P)$ وكذلك النموذج الملائم لسلسلة المبيعات هو $AR(P)$ ، عليه فإن النموذج المقترح للسلسلتين الزمنيةيتين معاً هو نموذج $BVAR(P)$.

4-2-2 اختيار رتبة النموذج :

لاختيار رتبة النموذج تستخدم معايير اختيار الرتبة كما موضح في الجدول التالي:

جدول رقم (4-4): معايير اختيار رتبة النموذج:

رتبة النموذج	P	FPE	AIC	HQIC	SBIC
1	0.000	5.47e+22	58.0326	58.11618	58.24766
2	0.000	9.92e+22	58.62706	58.7112	58.84407
3	0.000	9.67e+22	58.60092	58.6856	58.8199
4	0.000	8.63e+22	58.48776	58.57299	58.70875

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج stata

من الجدول اعلاه ، نلاحظ ان افضل النماذج هو نموذج الانحدار الذاتي المتعدد ثنائي

المتغيرات من الرتبة الاولى أي $BVAR(1)$ والذي اعطي اقل قيمة لجميع المعايير المستخدمة

مقارنة بباقي النماذج، كما نلاحظ ان هذا النموذج معنوي لان القيمة الاحتمالية (0.000) اقل

من (0.05) .

4-2-3 مرحلة التقدير:

4-2-3-1 تقدير النموذج:

اعتمادا علي الجدول (4-4) وباستخدام معايير اختيار رتبة النموذج المختلفة تم التوصل الي ان افضل نموذج هو $BVAR(1)$ ونتائج تقدير النموذج كالآتي:

جدول رقم (4-5): نتائج تقدير النموذج $BVAR(1)$:

المعامل	المقدر	الخطأ المعياري	قيمة Z	القيمة الاحتمالية
	-0.6043239	0.1308548	-4.62	0.000
	0.0000708	0.0000342	2.07	0.038
	226.0766	439.0727	0.51	0.607
	-0.5829317	0.1146204	-5.09	0.000
Constant1	-194.7385	1051.73	-0.19	0.853
Constant2	-1843847	3528996	-0.52	0.601

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج stata

من الجدول (4-5) يمكن كتابة النموذج المقدر اعتمادا علي صيغة المصفوفات كالآتي:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} const1 \\ const2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \hat{\phi}_{11} & \hat{\phi}_{12} \\ \hat{\phi}_{21} & \hat{\phi}_{21} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{t-1} \\ Y_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \hat{\epsilon}_1 \\ \hat{\epsilon}_2 \end{pmatrix}$$

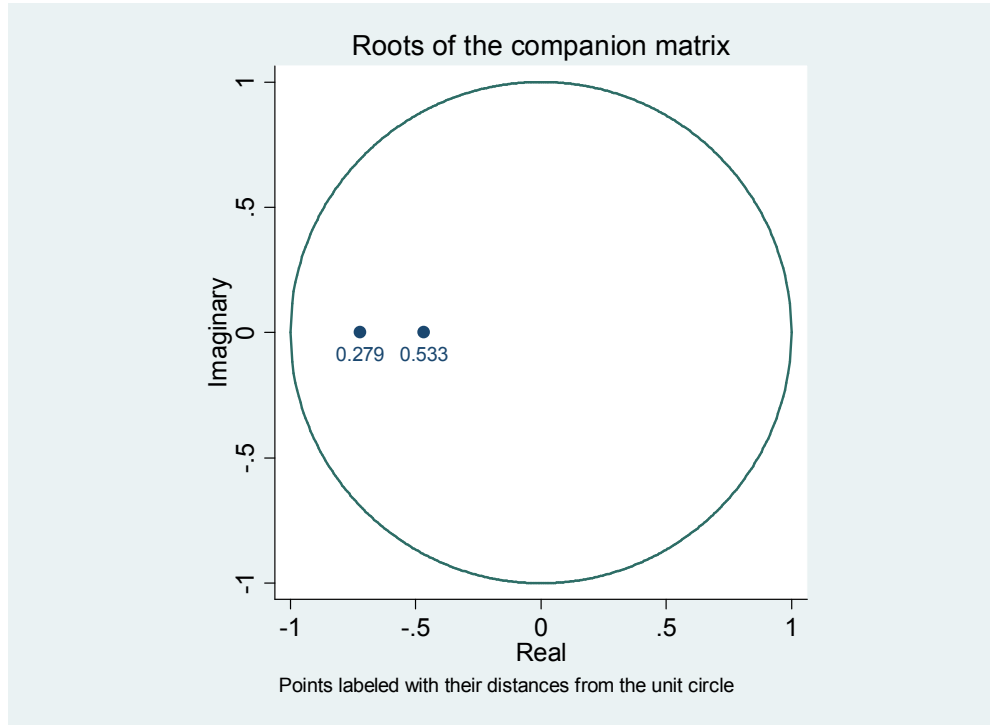
$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -194.7385 \\ -1843847 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -0.6043239 & 0.0000708 \\ 226.0766 & -0.5829317 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{t-1} \\ Y_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \hat{\epsilon}_1 \\ \hat{\epsilon}_2 \end{pmatrix}$$

جدول رقم (4-6): اختبار السكون لنموذج $BVAR(1)$ باستخدام القيم المميزة:

القيم المميزة
0.7205863
0.4666692

نلاحظ ان القيم المميزة اصغر من الواحد ، مما يعني ان النموذج $BVAR(1)$ حقق شرط السكون مما يشير الي امكانية استخدامه في التنبؤ بكمية المبيعات وعدد الزبائن.

الشكل (4-9): اختبار السكون لنموذج $BVAR(1)$ باستخدام دائرة الوحدة



المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج stata

من الشكل اعلاه نلاحظ انه يمكن التأكد من أن نموذج $BVAR(1)$ ساكن باستخدام دائرة الوحدة والذي يتضح من خلاله ان القيم المميزة تقع داخل دائرة الوحدة .

4-3-2 تدقيق التشخيص:

يمكن اختبار ان البواقي تتوزع طبيعيا وذلك باستخدام الاختبارات الاتية:

الجدول (4-7): اختبار البواقي بواسطة $jargue-b-Bera$

Equation		df	Prob> Chi ²
x	84.753	2	0.000
y	1.455	2	0.48323
all	86.207	4	0.000

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج stata

من الجدول (4-7) اعلاه وباستخدام اختبار **jargue-b-Bera** نلاحظ ان المعادلة (النموذج) الذي يحتوي علي المتغيرين معنوي وذلك لان القيمة الاحتمالية (0.000). والذي يشير الي ان البواقي تتوزع طبيعيا مما يدل علي ان $BVAR(1)$ هو النموذج الملائم لبيانات الدراسة.

الجدول (4-8): اختبار البواقي بواسطة الالتواء

Equation	skewness		df	Prob> Chi ²
x	-1.3972	18.544	1	0.00002
y	-0.31179	0.924	1	0.33655
all		19468	2	0.00006

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج stata

من الجدول (4-8) اعلاه وباستخدام اختبار الالتواء نلاحظ ان المعادلة (النموذج) الذي يحتوي علي المتغيرين (all) معنوي وذلك لان القيمة الاحتمالية (0.00006) اقل من (0.000). والذي يشير الي ان البواقي تتوزع طبيعيا مما يدل علي ان $BVAR(1)$ هو النموذج الملائم لبيانات الدراسة.

الجدول (4-9): اختبار البواقي بواسطة التفرطح

Equation	kurtosis		df	Prob> Chi ²
x	8.2799	66.208	1	0.000
y	3.4728	0.531	1	0.46619
all		66.739	2	0.000

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج stata

من الجدول (4-9) اعلاه وباستخدام اختبار التفرطح نلاحظ ان المعادلة (النموذج) الذي يحتوي علي المتغيرين معنوي وذلك لان القيمة الاحتمالية (0.000). والذي يشير الي ان البواقي تتوزع طبيعيا مما يدل علي ان $BVAR(1)$ هو النموذج الملائم لبيانات الدراسة.

4-3-4 التنبؤ باستخدام افضل نموذج:

يمكن استخدام نموذج $BVAR(1)$ للتنبؤ بقيم السلسلتين مستقبلا وذلك كالآتي:

الجدول (4-10): عدد الزبائن المتنبأ بها في الفترة يناير 2012م - ديسمبر 2014م

السنة	الشهر	عدد الزبائن
2012	يناير	28021
	فبراير	20775
	مارس	14804
	ابريل	11029
	مايو	7677
	يونيو	5845
	يوليو	3919
	اغسطس	3126
	سبتمبر	1955
	اكتوبر	1708
	نوفمبر	932
	ديسمبر	971
2013	يناير	401
	فبراير	588
	مارس	124
	ابريل	389
	مايو	19
	يونيو	286
	يوليو	93
	اغسطس	232
	سبتمبر	132
	اكتوبر	204
	نوفمبر	152

190	ديسمبر	2014
163	يناير	
182	فبراير	
168	مارس	
178	ابريل	
171	مايو	
176	يونيو	
172	يوليو	
175	اغسطس	
173	سبتمبر	
174	اكتوبر	
173	نوفمبر	
174	ديسمبر	

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج stata

من القيم المنتبأ بها لعدد الزبائن نلاحظ انها تتفاوت بين الزيادة والنقصان عبر الزمن ، وان التنبؤات اعلاه هي عبارة عن الزيادة لعدد الزبائن الجدد في كل شهر .

الجدول (4-11): مبيعات الكهرباء بالكيلو واط/ساعة المتتبا بها في الفترة يناير 2012م - ديسمبر 2014م

السنة	الشهر	المبيعات
2012	يناير	51522256
	فبراير	34524889
	مارس	26666349
	ابريل	17047744
	مايو	14274944
	يونيو	8213114.3
	يوليو	7952905.9
	اغسطس	3678109.2
	سبتمبر	4694642.1
	اكتوبر	1334728.3
	نوفمبر	3008124.3
	ديسمبر	120422.24
2013	يناير	2133567.2
	فبراير	509559.17
	مارس	1679710.4
	ابريل	83655.92
	مايو	1444102.6
	يونيو	1006321.6
	يوليو	1321776.5
	اغسطس	1094465.5
	سبتمبر	1258261.9
	اكتوبر	1140233.2
	نوفمبر	1225282.9
	ديسمبر	1163997.3
	يناير	1208158.8

1176336.7	فبراير	2014
1199267.3	مارس	
1182743.8	ابريل	
1194650.4	مايو	
1186070.7	يونيو	
1192253.1	يوليو	
1187798.1	اغسطس	
1191008.3	سبتمبر	
1188695.1	اكتوبر	
1190362.0	نوفمبر	
1189160.8	ديسمبر	

المصدر : من اعداد الباحثة باستخدام برنامج stata

من القيم المنتبأ بها لمبيعات الكهرباء نلاحظ انها تتفاوت بين الزيادة والنقصان عبر الزمن .

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

5-1 النتائج:

7. السلسلة الزمنية لعدد الزبائن غير ساكنة، مما يشير الى تحقق الفرضية الاولى.
8. السلسلة الزمنية لمبيعات الكهرباء غير ساكنة، مما يشير الى تحقق الفرضية الاولى .
9. تحقق السكون للسلسلتين الزمنيتين بعد اخذ الفرق الثاني.
10. السلسلتين الزمنيتين الممثلتين للسلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات ذات فترة ابطاء متساوية.
11. نموذج الانحدار الذاتي المتعدد من الرتبة الاولى هو النموذج الملائم للسلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات ، مما يشير الى تحقق الفرضية الثانية.
12. وجود السلسلتين الزمنيتين معا في نموذج $BVAR(1)$ جعل البواقي تتوزع طبيعيا.

5-2 التوصيات:

1. امكانية استخدام نماذج الانحدار الذاتي المتعدد الخطية في التنبؤ بقيم السلسلة الزمنية ثنائية المتغيرات لسنوات قادمة.
 2. استخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات في اجراء دراسات مماثلة.
- عمل دراسات اخري باستخدام تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات لكثر من متغيرين.

المراجع

أولا : المراجع العربية:

- 1- الخضر ، أمل السر ، نماذج بوكس جنكنز للسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بالتطبيق علي انتاج الكهرباء ومنسوب النيل ، (2011 م) ، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا ، بحث دكتوراه .
- 2- الناصر، عبدالمجيد حمزة ، الصفاوي، صفاء يونس، مقارنة بين المقدرات الاعتيادية والحصينة لنماذج السلاسل الزمنية المختلطة الثنائية من الرتب الدنيا ، (2005م) ، المجلة العراقية للعلوم الاحصائية .
- 3- سليمان ، أسامة ربيع امين ، ملخص بحث باسم التنبؤ بمعدلات الخسارة في شركات تأمينات الممتلكات والمسؤوليات باستخدام نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية (ARIMA) لتحليل السلاسل الزمنية ، كلية التجارة جامعة المنوفية .
- 4- شعراوي ، سمير مصطفى ، مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية ، كلية العلوم - جامعة الملك عبد العزيز المملكة العربية السعودية.
- 5- كتيب تعريفى الماضى والحاضر 2008 م ، الهيئة القومية للكهرباء .

ثانياً : المراجع الانجليزية:

- 6 Lutkepohl, Helmut, New Introduction to Multiple Time series analysis , 2005 , New York .
- 7 Reinsel , C, Gregory, Elements of Multivariate Time series analysis , 2003, Verlag New york .

الملاحق

ملحق رقم (1) : عدد الزبائن والمبيعات بالكيلوواط/ساعة في الفترة من 2007م – 2011م

في السودان

السنة	الشهر	المبيعات	عدد الزبائن
2007	يناير	104743900	786459
	فبراير	114491500	793441
	مارس	143168600	803369
	ابريل	158669900	812826
	مايو	170974800	822157
	يونيو	173732000	834979
	يوليو	169405653	841637
	اغسطس	174058362	848831
	سبتمبر	185193664	850488
	اكتوبر	194255743	857250
	نوفمبر	160682329	870838
	ديسمبر	157227946	879030
2008	يناير	139203930	888782
	فبراير	132777543	898549
	مارس	170994122	906445
	ابريل	184287955	918148
	مايو	196819619	928120
	يونيو	194335804	933454
	يوليو	201194202	947541
	اغسطس	202170748	958466
	سبتمبر	231572956	971032
	اكتوبر	198414384	984420
	نوفمبر	181913902	999891

1013937	180648806	ديسمبر	2009
1023478	163554850	يناير	
1036970	163881067	فبراير	
1049790	185995548	مارس	
1060624	207889229	ابريل	
1074456	224818499	مايو	
1090069	229118155	يونيو	
1104586	238503249	يوليو	
1117855	257865115	اغسطس	
1126917	271080761	سبتمبر	
1140580	245342909	اكتوبر	
1153968	221503428	نوفمبر	
1169775	184076512	ديسمبر	
1184040	192976615	يناير	2010
1196973	195553414	فبراير	
1216578	231100188	مارس	
1237122	246771837	ابريل	
1255204	280497331	مايو	
1273462	284599221	يونيو	
1289504	274468780	يوليو	
1310888	307043078	اغسطس	
1328575	302807619	سبتمبر	
1349069	302212315	اكتوبر	
1364496	274878795	نوفمبر	
1383040	200862269	ديسمبر	
1391513	197091638	يناير	2011
1427456	211978649	فبراير	
1434265	251247574	مارس	
1448948	271518664	ابريل	

1466907	310251472	مايو	
1461822	323740642	يونيو	
1481986	339846837	يوليو	
1497591	368936519	اغسطس	
1514476	324935653	سبتمبر	
1541443	343406363	اكتوبر	
1563041	256387941	نوفمبر	
1546186	239678074	ديسمبر	

المصدر : وزارة الكهرباء والسدود قسم الاحصاء والمعلومات