

استخدام السلاسل الزمنية للتنبؤ في إنتاج الطاقة الكهربائية في العراق

الباحث: م.م كريم خلف عزز/قسم الاحصاء/كلية الادارة والاقتصاد /جامعة سومر
الباحث: م.م علي محمد علي / قسم الاقتصاد /كلية الادارة والاقتصاد / جامعة ميسان

المستخلص

يُعدّ التنبؤ بالسلوك المستقبلي للسلاسل الزمنية من الموضوعات الهامة في العلوم الإحصائية ولذلك فإن التنبؤ بالإنتاج للطاقة الكهربائية في العراق يحتل مكانة هامة باعتبار الحاجة اليومية للطاقة الكهربائية في كافة مجالات الحياة المختلفة . في هذا البحث تم اختيار طريقتين للتنبؤ وهي كل من طريقة بوكس جنكينز وطرائق التمهيد الأسّي حيث تمت المقارنة بين الطريقتين و ذلك لمعرفة الطريقة الأفضل في التنبؤ بطريقتين الأولى بالاعتماد على المعيارين MAPE و MAE والثانية المقارنة بين القيم الحقيقية لعام ٢٠١١ لأنواع الإنتاج والقيم التنبؤية لنفس السنة حسب معيار RMSE .

Abstract

Predicting the future behavior of time series is an important topic in statistical science. Therefore, the forecast of electricity production in Iraq is important as the daily need for electricity in all areas of life

In this study, two methods of prediction were selected, namely the Box Jenkins method and the exponential boot methods, where the two methods were compared to the best method of prediction in the first two methods based on MAPE and MAE and the second comparison between the real values of 2011 forz the types of production and predictive values for the same year according to RMSE.

المقدمة وهدف البحث

١-١ المقدمة

من المعروف أن الطاقة الكهربائية هي عصب الحياة المتمدنة خلال هذا العصر وذلك لما لها من أهمية تتلخص باستعمالها في كافة مفاصل الحياة اليومية من جميع فئات المجتمع ولذلك كان الاهتمام بالكهرباء وطرق توليدها وترشيدها من الأولويات بالنسبة للباحثين لتحقيق أفضل النتائج في هذا المضمار، ففي العراق وضمن مجال الطاقة الكهربائية أولت سياسات التنمية في عقدي السبعينات والثمانينات اهتماماً كبيراً أيضاً لهذا القطاع لأهميته في رفاهية الإنسان ولتحريك الماكينة الانتاجية والنشاط الاقتصادي عموماً.

ففي الثمانينات تم التخطيط لإيصال الطاقة إلى 20000 الف ميغاوات وفعلاً تم تنفيذ عدد من المحطات الحرارية بطاقة تصل إلى 1200 ميغاوات لكل محطة إضافة إلى طاقات توليدية مهمة من خلال المحطات الغازية والكهرومائية، أي أن سياسة توليد الكهرباء اعتمدت مبدأً مختلف الخيارات المتاحة في التوليد ووجود شبكة وطنية للنقل والتوزيع مع العمل (وخاصة في عقد الثمانينات) على نشر محطات التوليد الحرارية التي خطط لها على مختلف محافظات العراق وذلك لتحقيق اقتصاد في نقل الطاقة والتقليل من نسبة الهدر في شبكات النقل والتوزيع. كما وضعت خطط للربط الخماسي مع الدول المجاورة لتحقيق الاستفادة في تجهيز الطاقة الكهربائية للمستهلك وللأنشطة الاقتصادية.

يُعد نشاط الكهرباء المحرك الرئيسي للاقتصاد لدخوله كمستعمل في جميع الأنشطة الاقتصادية والخدمية والصناعية، إذ أن ما يستهلكه الفرد من الكهرباء يُعتبر أحد المؤشرات الرئيسية في تقدير مستوى الرفاهية للمجتمع.

بلغ معدل توليد الطاقة الكهربائية الوطنية في العراق بما يقارب (2958) ميغاواط في مرحلة ما قبل حرب الخليج الثانية عام 1990، حيث كان الإنتاج يغطي كامل الطلب على الطاقة لغاية عام 1994.

وقد بدأ عجز توليد الطاقة بالتزايد بسبب نتائج الحروب والحصار الاقتصادي وتوقف الخطط التنموية وزيادة استهلاك الطاقة من المستهلك مما نجم عنها تزايد فجوة العجز حيث بلغت طاقة التوليد المتحققة كمعدل سنوي (3409) ميغاوات مقابل طلب (4653) ميغاوات خلال عام 2003 أي بنسبة عجز مقدارها. % 27 استمر التدهور في حالة الطاقة الكهربائية إذ بلغ معدل توليد الطاقة الكهربائية في عام 2004 بحدود (3828) ميغاوات ارتفع الى (4526) ميغاوات عام 2008 أي بنسبة تطور مقدارها % 63 في حين تراوح حجم الطلب بين 5442 ميغاوات عام 2004 الى 10000 ميغاوات عام 2008 ، إلا أنه وبالرغم من تلك الزيادة الحاصلة في الإنتاج إلا أن البلد ما زال يعاني من عجز في الطاقة الكهربائية بنسبة % 38 عام 2008 ، ويرجع سبب انخفاض حجم الطاقات الانتاجية من الطاقة الكهربائية إلى جملة أسباب منها :

- عمليات التخريب والتدمير التي لحقت بالمنظومة الكهربائية والمنشآت التابعة لها اضافة إلى عمليات السلب والنهب التي طالت معظم المنشآت الاقتصادية بعد عام 2003 وتدهور نواحي الأمن وعدم الاستقرار بالنسبة للعاملين في هذا النشاط الحيوي وما ترتب من نقص في مستلزمات انتاج النشاط والمتمثلة بنقص الوقود والمشتقات النفطية الى معظم المشاريع الخاصة بإنتاج الطاقة الكهربائية .

- صعوبة الحصول على الأدوات الاحتياطية اللازمة لإدامة عمر المحطات ومنشآت انتاج الطاقة وتدهور وانخفاض مؤشرات الكفاءة الانتاجية اضافة الى تقادم محطات انتاج وتوليد الطاقة الكهربائية.

- شحة المياه خاصة للمحطات الكهرومائية إذ انخفض معدل الانتاج المتحقق لتلك المحطات خلال النصف الأول من عام 2008 مقارنة بعام 2007 بنسب تراوحت ما بين (% 24-59).

١ - ٢ هدف البحث :

يهدف البحث إلى استخدام بعض نماذج السلاسل الزمنية مثل نموذج بوكس جنكينز ونموذج التمهيد الآسي في التنبؤ بإنتاج الطاقة الكهربائية في العراق عام ٢٠١٧, ٢٠١٨ واستخدم الباحث بعض المعايير الاحصائية في المقارنة بين النماذج المستخدمة في التنبؤ لاختيار أفضلها ، والجانب التطبيقي من البحث غاية غايه في الأهمية خصوصاً في ظل الظروف الحالية والمستقبلية في العراق، من أجل دفع عجلة التطور جاء هدف البحث وهو التنبؤ بمقدار الطاقة الكهربائية المنتجة وللوقوف على أفضل طريقة من طرق التنبؤ وذلك عن طريقتين من أكثر طرق التنبؤ شيوعاً وهما :

١ - طريقة بوكس جنكينز (*Box-Jenkins - ARIMA*)

٢- طرائق التمهيد الآسي (*Exponential Smoothing*)

وذلك من خلال جمع بيانات السلسلة الزمنية الممتدة من ٢٠١٠- ٢٠١٨ لمعدل الانتاج العام اليومي المتحقق مقاسة ب (ميغاوات/ساعة) وكذلك الإنتاج حسب نوع محطة توليد الطاقة كهرومائية ومن ثم المقارنة بين انتاج المحطات .

الجانب النظري

٢-١ تعاريف ومصطلحات حول السلسلة الزمنية :

٢-١-١ السلسلة الزمنية Time Series

السلسلة الزمنية عبارة عن قيم ظاهرة من الظواهر في سلسلة تواريخ لاحقة، أياماً أو أشهر أو سنوات والهدف من وراء تحليل سلسلة زمنية هو دراسة التغيرات التي تكون قد طرأت على الظاهرة التي تمثلها خلال الزمن وتحليل أسبابها ونتائجها أو للتنبؤ اعتماداً على قيم الظاهرة التاريخية .

تحتوي السلسلة الزمنية على متغيرين هما الزمن وهو المتغير التفسيري وسنرمز له بالرمز X والثاني هو قيمة الظاهرة وهو متغير الاستجابة وسنرمز له بالرمز Y، ويجب ان تكون الفترات الزمنية للظاهرة متساوية.

ويُمكن القول بشكل عام أن التغيرات التي تطرأ على ظاهرة ما خلال فترة من الزمن هي محصلة عدة عوامل، ولا يمكننا أن نعزوها لعامل واحد من هذه العوامل وإنما يكون نتيجة هذه العوامل متجمعة ، وبتحليلنا للسلسلة الزمنية نتعرف على مقدار

هذه التغيرات وإدراك طبيعتها واتجاهها ويصبح بالإمكان القيام بالتقديرات والتنبؤات المستقبلية الضرورية .

٢-١-٢ عناصر السلسلة الزمنية :

إن السلسلة الزمنية تأخذ الاتجاهات التالية :

أ - الاتجاه العام (Secular Trend) :

وهو الحركة طويلة الأمد في قيم السلسلة الزمنية ويعكس تأثير القوى المختلفة التي تؤدي إلى زيادة أو نقصان قيمة الظاهرة على فترة طويلة من الزمن .

ب - التغيرات الموسمية (Seasonal Variation) :

وهي التغيرات صعوداً أو هبوطاً في الاتجاه العام التي تتم خلال فترات زمنية أقصاها سنة وتظهر في نفس الموسم في السنة اللاحقة .

ج - التغيرات الدورية (Cyclical Variation) :

وهي التغيرات التي تظهر على شكل صعوداً أو هبوطاً في الاتجاه العام لقيم السلسلة الزمنية كل بضع سنوات وتقاس غالباً بالزمن بين رخاين أو انكماشين متتاليين أي بين قمتين أو قاعدتين متتاليتين لمنحنى الظاهرة البياني .

د - التغيرات غير المنتظمة أو الطارئة العشوائية (Irregular Variation) :

وهي التغيرات التي تحصل في الاتجاه العام للسلسلة والتي لا يمكن اعتبارها موسمية أو دورية مثل التغيرات الناتجة عن الحروب والكوارث الطبيعية أو غيرها .

٣-١-٢ اهداف السلاسل الزمنية :

يُمكن تلخيص أهداف السلاسل الزمنية بالنقاط التالية :

أ - دراسة العلاقة بين متغير الزمن ومتغير معين لمعرفة التغيرات التي تطرأ على الظاهرة من فترة إلى أخرى للتعرف على خصائصها مثل وجود اتجاه التزايد أو اتجاه التناقص أو الثبات أو وجود نقطة انعطاف أو تغير الاتجاه أو وجود قيم شاذة ... الخ ، إذ يُمكن مقارنة قيم الظاهرة بعضها ببعض لأنها مقاسة بنفس الوحدات وبنفس الطريقة في تواريخ مختلفة .

ب - معرفة أسباب ونتائج هذه التغيرات ومعرفة ما يمكن أن يكون من علاقة بين الظاهرة محل الدراسة والظواهر الأخرى أي الاستفادة من مشاهدة المتغير الأول في تفسير ما يحدث للمتغير الثاني .

ج - تحليل السلسلة الزمنية يؤدي إلى تتبع سلوك الظاهرة في الماضي وتحديد نماذج التغير الحالية ومحاولة الاستفادة من ذلك بما يتوقع أن تكون عليه هذه الظاهرة مستقبلاً والتي تستعمل من قبل الإدارة في التخطيط والضبط والتنبؤ .

٢-١-٤ تحليل السلاسل الزمنية:

يرتكز تحليل السلاسل الزمنية على ثلاث ركائز تتمثل بثلاثة افتراضات رئيسية :

— إن السلسلة الزمنية خطية Linear ، أي يمكن تمثيلها بنموذج رياضي خطي .

— إن السلسلة الزمنية طبيعية Normal، أي أن الأخطاء العشوائية تتوزع توزيعاً طبيعياً .

— إن السلسلة الزمنية مستقرة Stationary، أي أن خصائصها الرياضية والإحصائية لا تعتمد على الزمن .

بالنسبة للافتراض الأول (الخطية) قد تم تجاوزه في العقد الثامن من القرن العشرين بعد ظهور العديد من النماذج اللاخطية ، أما الافتراض الثاني فقد تم تخطيه من خلال بعض الدراسات التي ظهرت والمتعلقة بالسلسلة الزمنية غير الطبيعية، أما الافتراض الثالث (الاستقرارية) فيبقى هو الافتراض المهم نظراً لأن أغلب السلاسل الزمنية الواقعية هي سلاسل غير مستقرة .

٢-٢ نموذج بوكس جنكينز (Box-Jenkins)

من أبرز طرق التنبؤ الاقتصادي هي نماذج (ARIMA) (Auto Regressive Moving Average Integrated) أي نماذج الانحدار الذاتي المتكاملة مع المتوسطات المتحركة ، وتم صياغة هذه المنهجية من قبل Box و Jenkins عام ١٩٧٠. ولذلك تسمى بصيغة (Box-Jenkins)، وتعتمد هذه المنهجية على الدمج بين نماذج الانحدار الذاتي AR والمتوسطات المتحركة MA .

٢-٢-١ مفهوم نماذج (ARIMA) :

يُقصد بنماذج (ARIMA) تلك النماذج التي طبقها كل من بوكس جنكينز على السلاسل الزمنية عام ١٩٧٠ والتي تعتمد في صياغتها على ثلاثة أجزاء هي كالآتي :

أ- نموذج الانحدار الذاتي AR :

يمكن كتابة نموذج الانحدار الذاتي بالشكل الآتي :

$$y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + e_t \quad \dots \quad (2-1)$$

حيث أن :

y_t : تمثل قيم المتغير y_t الحالية .

$y_{t-1}, y_{t-2}, y_{t-p}$: تمثل قيم المتغير y المتأخرة زمنياً خلال الفترة t .

p : رتبة الانحدار الذاتي .

$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$: معاملات النموذج (AR) لبيانات السلسلة .

e_t : يمثل الخطأ العشوائي .

ويشير نموذج الانحدار الذاتي إلى أن القيم الحالية للمتغير y_t تعتمد على قيم

المتغيرات السابقة $y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-p}$.

ب- نموذج المتوسط المتحرك MA:

يُمكن صياغة نموذج المتوسط المتحرك بالشكل الآتي :

$$y_t = e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \dots \dots (2-2)$$

y_t : تمثل قيم المتغير الحالية .

$\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$: معالم النموذج .

q : رتبة الأوساط المتحركة .

$e_t, e_{t-1}, e_{t-2}, \dots, e_{t-q}$: تمثل القيم المقارنة للخطأ من تقدير المتغير y_t

ومن النموذج نجد أن قيم المتغير y_t الحالية تعتمد على القيم السابقة للبواقي .

ج- نموذج الانحدار الذاتي والمتوسط المتحرك (ARMA)

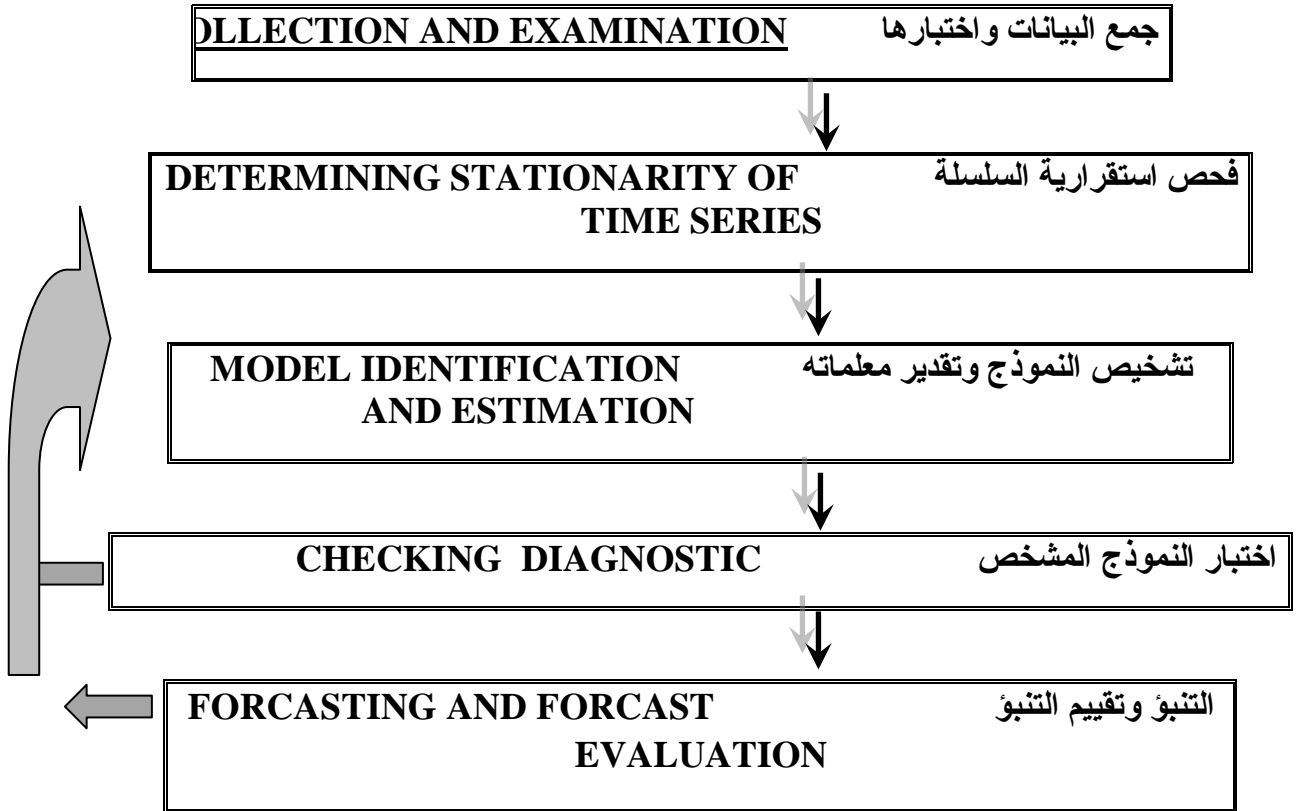
يمكن جمع النموذجين السابقين بنموذج واحد يسمى (ARMA) Auto Regressive Moving Average حيث أنه يمكن قلب معادلة الوسط المتحرك إلى شكل معادلة انحدار ذاتي برتبة محدودة ويصبح النموذج الجديد بالشكل الآتي :

$$Y_t = \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \dots + \phi_p y_{t-p} + e_t - \theta_1 e_{t-1} - \theta_2 e_{t-2} - \dots - \theta_q e_{t-q} \dots (2-3)$$

إن الصيغة العامة للنموذج هي ARIMA (p,d,q) أي رتبة الانحدار الذاتي (p) ورتبة الفروق (d) ورتبة الوسط المتحرك (q).

٢-٢-٢ منهجية بوكس جنكنز (ARIMA) : Box – Jenkins Approach

تتضمن منهجية بوكس – جنكنز خمس خطوات موضحة حسب المخطط التالي :



الشكل (١) خوارزمية بوكس – جنكنز Box – Jenkin's Algorithm

ولتوضيح المخطط أعلاه علينا معرفة الآتي :

أولاً - جمع البيانات واختبارها DATA COLLECTION AND EXAMINATION

إن منهجية بوكس - جنكنز ذات الانتشار الواسع في تحليل وبناء نماذج السلاسل الزمنية توفر نموذج تنبؤ يعكس سلوك السلسلة الزمنية ومن الأفضل توفر على الأقل (٥٠) مشاهدة لتحليل وبناء نموذج للسلسلة الزمنية والاختبارات التي تساعد في تشخيص السلسلة هي رسم السلسلة والسلوك العام للسلسلة واختباري دالة الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي .

ثانياً - فحص استقرارية السلسلة (DETERMINING STATIONARITY OF TIME SERIES)

هناك افتراض شائع في العديد من أساليب تحليل السلاسل الزمنية ألا وهو أن البيانات تكون مستقرة وعملية الاستقرار تعني أن المتوسط والتباين وتراكيب الارتباط الذاتي لا تتغير مع الزمن والاستقرارية يُمكن التعبير عنها بحدود رياضية دقيقة ولكن بالنسبة للسلاسل الزمنية إذا انعدم وجود المركبة الاتجاهية فإن لها تباينًا ثابتًا مع الزمن وكذلك ارتباطًا ذاتيًا ثابت وللاغراض العملية يمكن حساب الاستقرارية من التمثيل البياني للسلسلة وإذا كانت السلسلة الزمنية غير مستقرة فيمكن تحويلها إلى مستقرة باستعمال أحد الأساليب الآتية:

— يمكن إجراء فروق (Differences) للبيانات فإذا كانت البيانات يرمز لها بـ Z_i فيمكن استخراج سلسلة جديدة منها حيث :

$$Y_i = Z_i - Z_{i-1} \dots \dots \dots (2 - 4)$$

وعملية الفروق والتي يرمز لها (d) للبيانات تجعل السلسلة الجديدة أقل من السلسلة القديمة بنقطة واحدة وهي أول قراءة ويُمكن إجراء عدة فروق للبيانات ولكن عادة فرق واحد يكفي، وفي بعض عمليات التحويل للسلاسل الزمنية يجرى طرح متوسط السلسلة الزمنية من جميع البيانات وبذلك تتحول السلسلة إلى سلسلة ذات وسط يساوي صفرًا وعمل هذا الإجراء يعتمد على نوع البيانات وبرنامج الحاسوب المستعمل.

— إذا وجد للسلسلة الزمنية تباين غير ثابت تحول البيانات إلى الصيغة اللوغاريتمية أو يؤخذ لها الجذر التربيعي وهذا قد يؤدي إلى ثبات التباين وإذا وجدت بيانات سالبة يمكن إضافة ثابت يجعل السلسلة الزمنية موجبة بالإضافة لطرق أخرى.

— يجب أن تكون السلسلة الزمنية مستقرة ، حتى يمكن تطبيق طريقة Box-Jenkins ويقصد بالاستقرارية هنا من الناحية الاحصائية بأن يكون الوسط الحسابي والتباين ثابتي Stationary .

وتستعمل دالة الارتباط الذاتي Auto Correlation Function ودالة الارتباط الذاتي الجزئي Partial Auto Correlation Function للكشف عن استقرارية أو عدم استقرارية السلسلة الزمنية :

أ- دالة الارتباط الذاتي Auto Correlation Function :

تُعرف دالة الارتباط الذاتي بأنه مقياس لدرجة العلاقة بين قيم السلسلة مع نفسها لفترة زمنية مزاحة مختلفة، وهي ذات أهمية كبيرة لأنها احدي أساليب تحديد فيما إذا كانت العملية العشوائية مستقرة أم لا، إن الصيغة الرياضية لإيجاد دالة الارتباط الذاتي للعملية العشوائية بفرق ازاحة هي :

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(Y_t, Y_{t+k})}{\sqrt{\text{var}(Y_t) \text{var}(Y_{t+k})}} = \frac{E(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)}{\sqrt{E(Y_t - \mu)^2 E(Y_{t+k} - \mu)^2}}$$

.....(2-5)

والسلسلة المستقرة تحتوي المشاهدات (Y_1, Y_2, \dots, Y_n) لـ n من الأزمنة المتعاقبة .

ب- تحليل الارتباط الذاتي Auto Correlation Analysis :

يُمكن الاستفادة من تحليل الارتباط الذاتي في هذه المجالات :

١- بواسطة معاملات الارتباط الذاتي يمكن تحديد فيما إذا كانت مجموعة المشاهدات عشوائية أم غير عشوائية إذ يتم اختبار معاملات الارتباط الذاتي لفترات الازاحة العديدة لمعرفة مدى اختلافها معنوياً عن الصفر وكذلك عن طريق رسم معاملات الارتباط الذاتي لتحديد وجود الاتجاه (Trend) أو عدم وجوده في المشاهدات وبعد ايجاد النموذج الملائم للسلسلة، يُمكن حساب معاملات الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي (الخطأ) (Residual) لتحديد مدى عشوائيتها.

2. وجود الاستقرارية أو عدم الاستقرارية في السلسلة والمقصود بالاستقرارية عدم وجود نمو أو هبوط في المشاهدات بعبارة أخرى إنَّ المشاهدات تكون أفقية حول محور السينات.

3. تحديد الموسمية في السلسلة الزمنية ويُقصد بالموسمية وجود نمط معين في السلسلة يُعيد نفسه خلال فترات زمنية محددة، مثل ازدياد مبيعات سلعة معينة في الشتاء وانخفاضها في الصيف، إذ تُشير هذه المبيعات إلى وجود نمط الموسمية طوله (١٢) شهراً.

ج - دالة الارتباط الذاتي الجزئي Partial Auto correlation function :

هناك دالة أخرى تُسهم في تشخيص النموذج المناسب، تُعرف هذه الدالة بدالة الارتباط الذاتي الجزئي ويُشار إليها اختصاراً (PACF) وتُعتبر هذه الدالة مؤشراً يقيس العلاقة بين Y_t و Y_{t+k} للسلسلة نفسها مع افتراض ثبوت بقية قيم السلسلة الزمنية ويساعد في عملية تحديد رتبة النموذج ونوعه، لذلك فهو أحد الأدوات المستخدمة في تحليل السلاسل الزمنية ويمكن تقديره بواسطة المربعات الصغرى أو مجموعة المعادلات التقريبية لتقدير الارتباط الذاتي الجزئي.

حيث أن الحالة العامة لمعادلات الارتباط الذاتي الجزئي ϕ_{kk} وكما هو آت:

$$\phi_{kk} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_1 \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_2 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \cdot & \dots & \rho_1 & \rho_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & \rho_1 & \rho_2 & \dots & \rho_{k-2} & \rho_{k-1} \\ \rho_1 & 1 & \rho_1 & \dots & \rho_{k-3} & \rho_{k-2} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot & \cdot \\ \rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \cdot & \dots & \rho_1 & 1 \end{vmatrix}} \dots\dots\dots(2-6)$$

إنّ المعلمات $(\phi_{kk}; k = 1, 2, \dots)$ تسمى بدوال الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) إنّ (PACF) اداة مهمة أخرى اضافة إلى دالة (ACF) في تحليل السلاسل الزمنية إذ تساعدنا في تحديد درجة النموذج (AR) أو (MA) وكذلك النموذج المختلط غير المستقر (ARIMA) الملائم لتمثيل بيانات السلسلة الزمنية.

ثالثاً – تشخيص وتقدير النموذج MODEL IDENTIFICATION AND ESTIMATION

بعد التأكد من استقرارية السلسلة الزمنية فإن عملية التشخيص تعتمد على دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لتحديد نموذج ARMA وكما في الجدول رقم (١-٢) نلاحظ الجدول التالي الذي يوضح تشخيص العمليات انفة الذكر :

جدول رقم (١-٢) يمثل طريقة تشخيص نموذج ARIMA

النموذج	ACF	PACF
AR (p)	أسّي	يقطع بعد p من الازاحات
MA (q)	يقطع بعد q من الازاحات	أسّي
ARMA(p,q)	أسّي	أسّي

بعد تحديد النموذج فإنه يخضع للاختبار وهو اختبار **Box-Pierce test** لمعنوية معاملات الارتباط الذاتي ككل نستخدم احصاءة Q تحت الفرضية التالية :

$$H_0 : \rho = 0$$

$$H_1 : \rho \neq 0$$

$$Q = T \sum_{k=1}^k \hat{\rho}_k^2 \cong \chi^2(k) \quad \dots\dots\dots(2-7)$$

حيث ان :

Q : قيمة احصاءة **Box-Pierce**

T : الفترة الزمنية .

□ : معامل الارتباط الذاتي .

χ^2 : توزيع مربع كاي .

حيث ان Q لها توزيع مربع كاي بدرجة حرية k (k تمثل فترة الارتداد) .

فإذا كانت القيمة Q المحتسبة أكبر من $\chi^2(k)$ فأنا نرفض H_0 ((أي إن السلسلة غير مستقرة))

وإذا كانت القيمة Q المحتسبة أصغر من $\chi^2(k)$ فأنا نقبل H_0 ((أي إن السلسلة مستقرة)) .

وهناك طرائقُ أخرى لتقييم النموذج ومنها طريقة معيار معلومات بيز Bayesian **: Information Criterion**

وصيغته هي :

$$BIC = 2Ln(\sigma_u^2) + M Ln(N) \quad \dots\dots\dots(2-8)$$

إذ N و M هي عدد مشاهدات السلسلة والعدد الكلي لمعاملات النموذج على التوالي ، و (σ_u^2) يمثل متوسط مربعات الخطأ MSE.

ووفق هذا المعيار فالنموذج الأفضل هو النموذج الذي يعطي اقل قيمة من BIC وفق كل معيار.

رابعاً - التنبؤ وتقييم التنبؤ **FORCASTING AND FORCAST** **EVALUATION**

بعد اجتياز النموذج لاختبارات التشخيص يصبح بالإمكان استعمال النموذج للتنبؤ، ومن ثم يتم التنبؤ بالنموذج المخصص لبيانات خارج السلسلة الزمنية وبعد ذلك يتم تقييم النموذج أو إعادة التشخيص للسلسلة .

خامساً - اختبارات دقة النتائج التنبؤية :

هنالك اختبارات عديدة تعتمد في تقييم النماذج المتنبئ بها ومنها الآتي:

أ. متوسط مطلق الخطأ Mean Absolute Error

هو مؤشر يجعل الأخطاء موجبة يؤخذ القيمة المطلقة لها ثم يأخذ لها المعدل ، وهو عبارة عن معدل الانحرافات عن القيم الحقيقية. و صيغة المستعملة لمتوسط مطلق الخطأ:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \dots \dots \dots (2-9)$$

ب. متوسط مربعات الخطأ Mean Square Error

كلما كانت كمية متوسط الخطأ قريبة من الصفر فهذا مؤشر أن القيم التقديرية للسلسلة هي قريبة من المشاهدات الحقيقية للسلسلة الزمنية ، وصيغته هي :

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \dots \dots \dots (2-10)$$

ويستخدم الاختبار الأول والثاني لمعرفة القوة التنبؤية للنموذج المستخدم .

ج - متوسط مطلق الخطأ النسبي (Mean Absolute Percentage Error)

هو مؤشر يعطي معلومات نسبية لمجموعة البيانات المتوفرة مع اهمال الإشارة ويحسب كالاتي :

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \dots \dots \dots (2-11)$$

حيث أن PE_t تأخذ الشكل التالي :

$$PE_t = \left(\frac{Y_t - e_t}{Y_t} \right) * 100$$

وتستعمل هذه الصيغة للمقارنة بين عدة نماذج تنبؤية .

د - نسبة متوسط الأخطاء Mean Percentage Error

وتحسب بالشكل الآتي :

$$MPE = \sum (e_t^2 / Y_t) / n \dots \dots \dots (2-12)$$

وتستعمل هذه الصيغة لمعرفة التحيز في الأخطاء نحو الاتجاه الموجب او السالب وكلما كانت القيمة قريبة من الصفر يشير هذا إلى دقة التنبؤ .

هـ - الجذر التربيعي لمتوسط مربع الخطأ Root Mean Square Error

وهو مؤشر إحصائي لا يختلف عن MSE وصيغته هي :

$$RMSE = \sqrt{MSE} \dots \dots \dots (2-13)$$

٢ - ٣ طرق التمهيد الأسّي Exponential Smoothing Methods

في هذه الطرق يتم إعطاء المشاهدات السابقة أوزان ذات قيم غير متساوية طالما أن هذه الأوزان تتناقص أسياً من نقاط البيانات الأكثر حداثة إلى الأكثر تباعداً، سُميت

هذه الطرائق بطرائق التمهيد الأسي، لأنها تأخذ المتوسط الموزون للملاحظات السابقة باستعمال الأوزان التي تتناقص أسياً.

تتطلب هذه الطرائق تقدير المعلمات المحددة التي تمثل الأوزان غير المتساوية التي يتم إعطاؤها إلى المشاهدات السابقة وتتراوح قيم هذه المعلمات ما بين الصفر والواحد ويتم إعطاؤها قيم أولية لغرض البدء بعملية التنبؤ، ولاختيار قيمها المثلى يتم ذلك أما عن طريق تصغير متوسط مربعات الخطأ MSE أو متوسط مطلق الأخطاء MAPE .

٢ - 3 - ١ طريقة التمهيد الأسي البسيط (Simple Exponential) Smoothing Method

تمتاز هذه الطريقة بقلّة الحسابات والخرن حيث تكون مفيدة عندما يتم التنبؤ لعدد كبير من المشاهدات على الرغم من أنها تطبق على السلسلة الزمنية التي لا تتضمن اتجاه ولا موسمية حيث تأخذ هذه الطريقة التنبؤ للفترة السابقة وتعده باستعمال خطأ التنبؤ بموجب المعادلة الآتية :

$$F_{t+1} = F_t + \alpha (y_t - F_t) \text{-----} (2-1٤)$$

٢ - 3 - 2 طريقة هولت للتمهيد الخطي (Holt's Linear Method)

تم توسيع طريقة التمهيد الأسي البسيط من قبل Holt في عام (1957) إلى طريقة التمهيد الأسي الخطي لكي يتم التنبؤ بالبيانات المتضمنة اتجاه بمعنى أن القيمة الجديدة تكون إما أكبر أو أقل من القيم السابقة.
والمعادلات الخاصة بهذه الطريقة هي :

$$L_t = \alpha y_t + (1 - \alpha) (L_{t-1} + b_{t-1}) \text{-----} (2-1٥)$$

$$b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \text{-----} (2-1٦)$$

$$F_{t+m} = L_t + b_t \cdot m \text{-----} (2-1٧)$$

حيث :

L_t = قيم التمهيد (مستوى السلسلة) .

y_t = قيم المشاهدات للفترة t .

$b_t =$ تمثل تقدير ميل السلسلة عند الزمن t .

$\alpha , \beta =$ قيم ثابتة تقع بين 0,1 .

٢ - ٣ - 3 طريقة هولت - ونتر Holt-Winter للاتجاه والموسمية Holt-Winter's trend & seasonality

في عام (١٩٦٠) قام Winter بتوسيع طريقة Holt لكي تأخذ بنظر الاعتبار الموسمية، حيث تتضمن طريقة Holt-Winter ثلاث معادلات تمهيدية واحدة إلى المستوى وثانية إلى الاتجاه وثالثة وأخيرة إلى الموسمية فهي مشابهة إلى معادلات طريقة Holt مع معادلة تجميعية واحدة تتعلق بالموسمية.

ومن الجدير بالذكر أن هناك طريقتان مختلفتان لـ Holt-Winter بالاعتماد على أسلوب نمذجة الموسمية ويكون بطريقة خطية (تجميعية) additive أو بطريقة غير خطية (ضربية) multiplicative .

٢ - ٣ - 4 الموسمية الضربية Multiplicative Seasonal

$$\text{Level : } L_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha) (L_{t-1} + b_{t-1}) \text{ ----- (2-18)}$$

$$\text{Trend : } b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \text{ ----- (2-19)}$$

$$\text{Seasonal : } S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-s} \text{ ----- (2-20)}$$

$$\text{Forecast : } F_{t+m} = (L_t + b_t.m) S_{t-s+m} \text{ ----- (2-21)}$$

حيث يمثل s طول الموسمية

L_t يمثل مستوى السلسلة

b_t يمثل الاتجاه

S_t تمثل المركبة الموسمية

F_{t+m} يمثل التنبؤ إلى الفترة القادمة m

$\alpha , \beta , \gamma =$ قيم ثابتة تقع بين 0,1 .

٢-3-5 الموسمية الجمعية Additive Seasonality

في هذه الطريقة تعامل مركبة الموسمية جمعياً ، على الرغم من أنها قليلة الشيوع ، حيث تكون معادلاتها الرئيسية هي الآتية :

$$\text{Level : } L_t = \alpha(y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha) (L_{t-1} + b_{t-1}) \text{ ----- (2-2٢)}$$

$$\text{Trend : } b_t = \beta (L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_t \text{ -----(2-2٣)}$$

$$\text{Seasonal : } S_t = \gamma(y_t - L_t) + (1 - \gamma) S_{t-s} \text{ -----(2-2٤)}$$

$$\text{Forecast : } F_{t+m} = L_t + b_t.m + S_{t-s+m} \text{ -----(2-2٥)}$$

٢-3-6 فترات التنبؤ لطرائق التمهيد الأسّي (Prediction interval for exponential smoothing methods)

على الرغم من أن مقاييس دقة التنبؤ المتمثلة بمتوسط مربعات الخطأ MSE ، متوسط مربعات مطلق الأخطاء MAPE تعطي دليلاً على عدم الدقة في التنبؤ ولكنها صعبة التفسير للآخرين فالطريقة الأفضل تتمثل بإيجاد فترات التنبؤ التي تمثل المدى الذي يضمن للمتنبئ بأن القيمة الحقيقية تقع ضمنها بشكل أكيد .

ومن الجدير بالذكر أن حسابات فترة التنبؤ الخاصة بطرائق التمهيد الأسّي تكون معقدة والبدائل هو إيجاد النموذج الإحصائي الملائم إلى طريقة التمهيد الأسّي المحددة ثم إيجاد فترات التنبؤ ، على الرغم من أن هناك عدداً من الصعوبات تتلخص بما يأتي :

أولاً – تُعد طرائق التمهيد الأسّي أساليباً للتنبؤ بالسلاسل الزمنية المتنوعة ، ويمكن استخدامها حتى إذا كانت البيانات لا تمثل نموذجاً إحصائياً .

ثانياً – إن النماذج الإحصائية تفترض أن أخطاء التنبؤ غير مرتبطة، هذا هو شرط قاطع في حساب فترات التنبؤ خاصة فترات التنبؤ التي يتم إيجادها لأكثر من قيمة مستقبلية واحدة، حيث أن طرائق التمهيد الأسّي تعطي عادة أخطاء التنبؤ المرتبطة وعليه فإن فترات التنبؤ تكون غير متكافئة .

ثالثاً – لبعض أساليب أو طرائق التمهيد الأسّي لا توجد نماذج إحصائية متكافئة.

الدراسة التطبيقية

١.٣ المقدمة :

يحتوي هذا الفصل على كافة العمليات الخاصة بتطبيق طريقة (Box- Jenkins) من جمع البيانات وتحليلها باستعمال الحاسب الآلي وبالاعتماد على البرنامج الجاهز SPSS الاصدار ٢٣ إذ تم تحليل السلسلة الزمنية (الانتاج العام من الطاقة الكهربائية) وتشخيص النموذج الملائم لها ومن ثم التنبؤ (بالنسبة لطريقة ARIMA) وكذلك بالنسبة للتنبؤ حسب طرق التمهيد الاسي المقارنة.

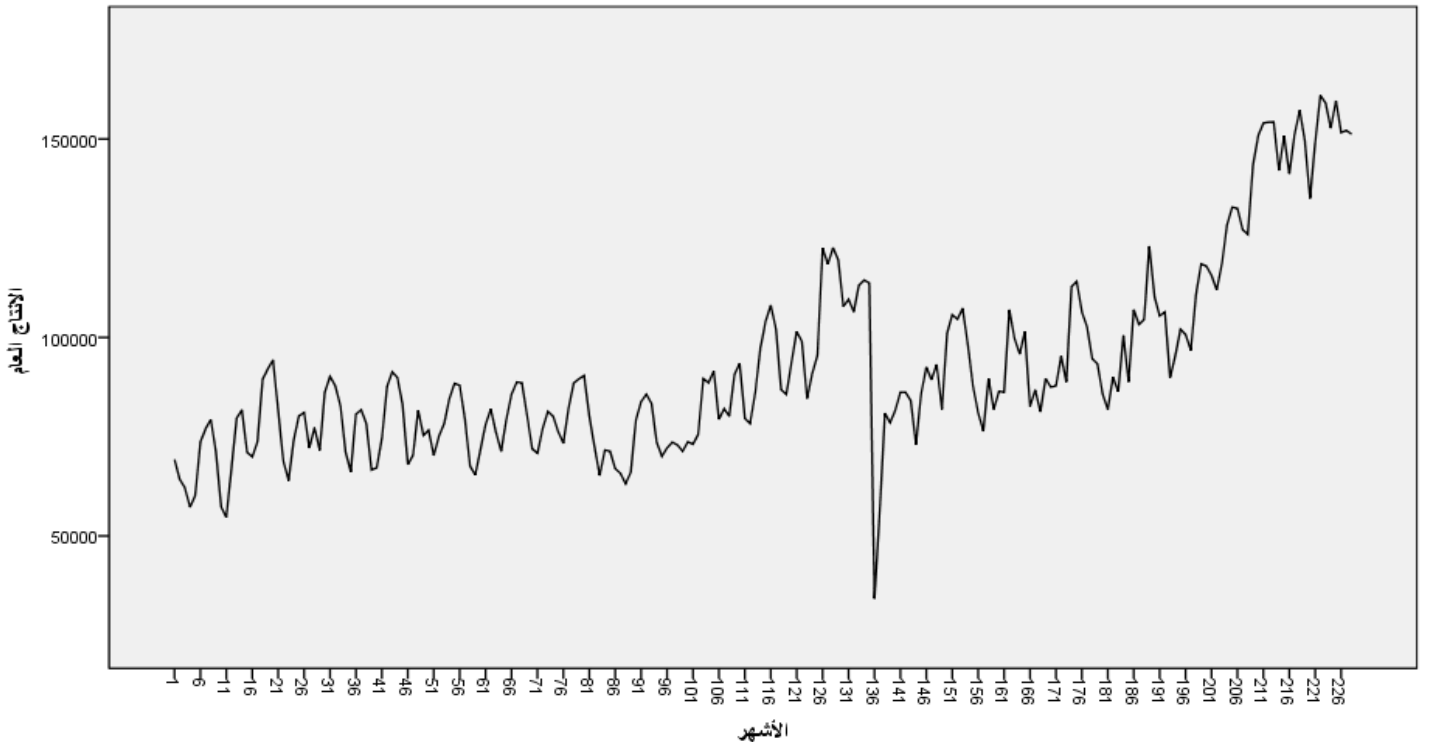
٢-٣ النمذجة وفق طريقة (Box- Jenkins)

إن طريقة (Box- Jenkins) من الطرق الشائعة الاستخدام ذات الكفاءة العالية في نمذجة السلاسل الزمنية التي تعكس سلوك السلسلة، وتم نمذجة السلسلة لنموذج الانتاج وذلك بالاعتماد على معيار BIC وكذلك أقل RMSE إذ كانت كالأتي :

٣-٢-١-٣ نموذج ARIMA للإنتاج العام :

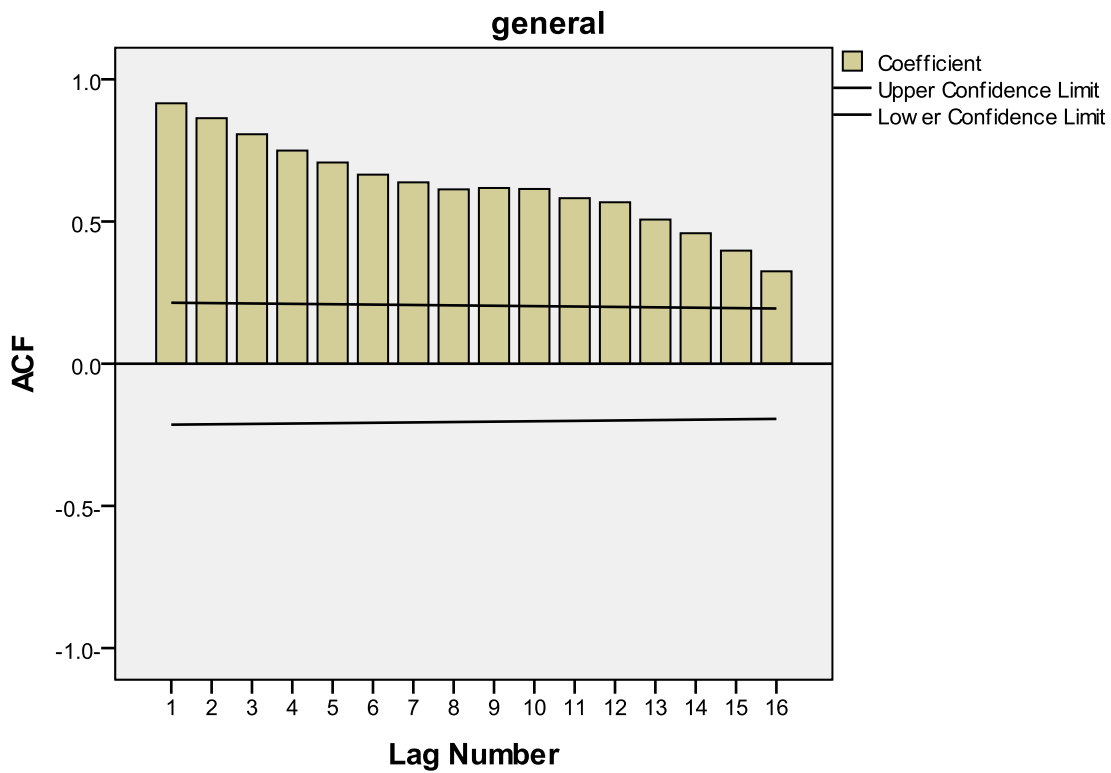
في البداية نرسم سلسلة البيانات للإنتاج العام للتعرف على سلوك السلسلة:

شكل (1-3) رسم السلسلة لقيم الانتاج العام

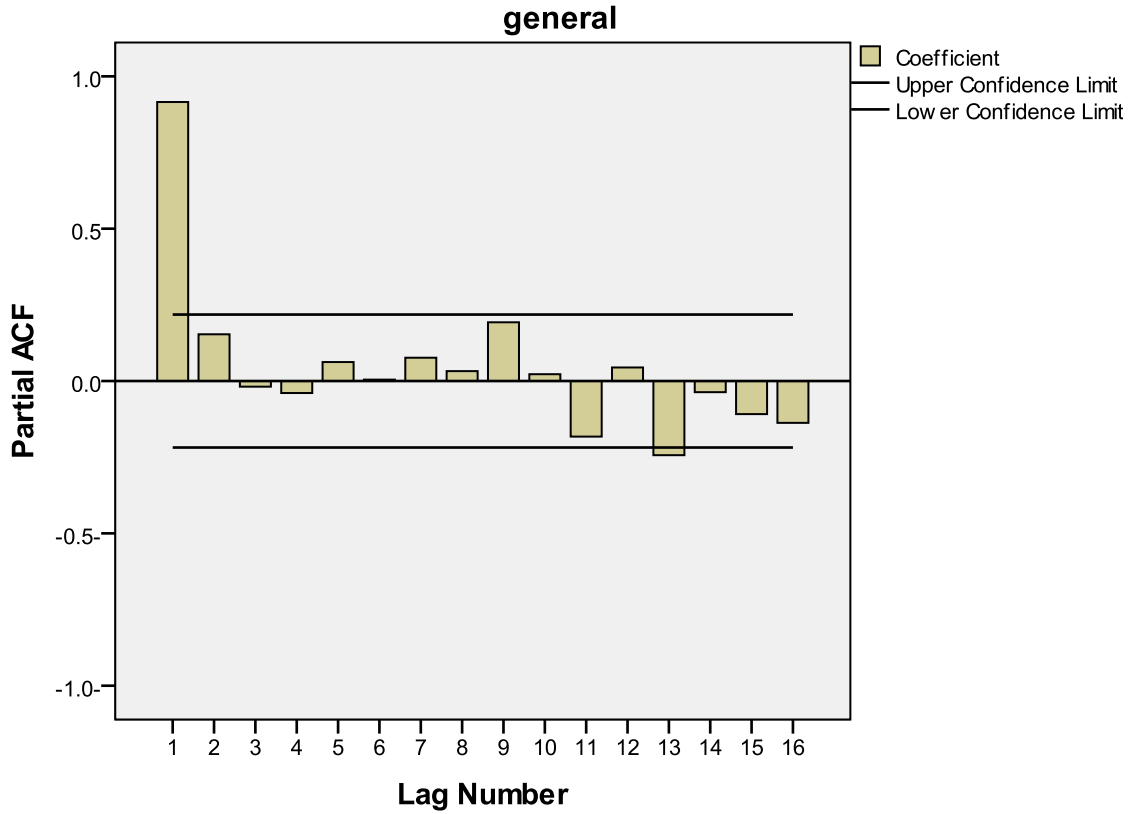


شكل (٣-١) رسم السلسلة لقيم الانتاج العام

ولمزيد من الدقة نرسم كل من دالة الارتباط الذاتي ACF والارتباط الذاتي الجزئي PACF على التوالي :



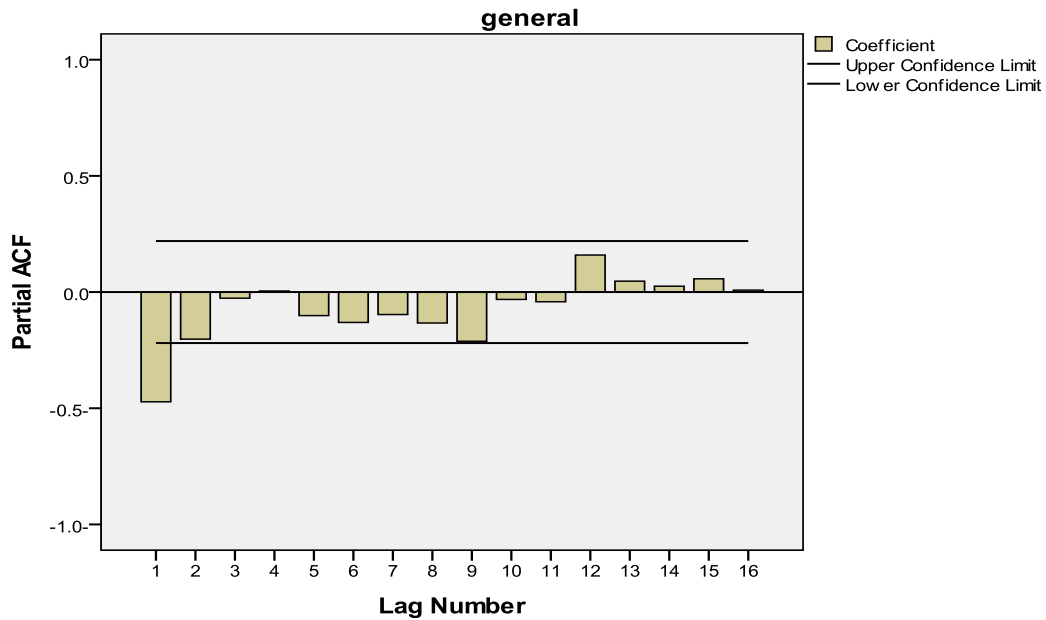
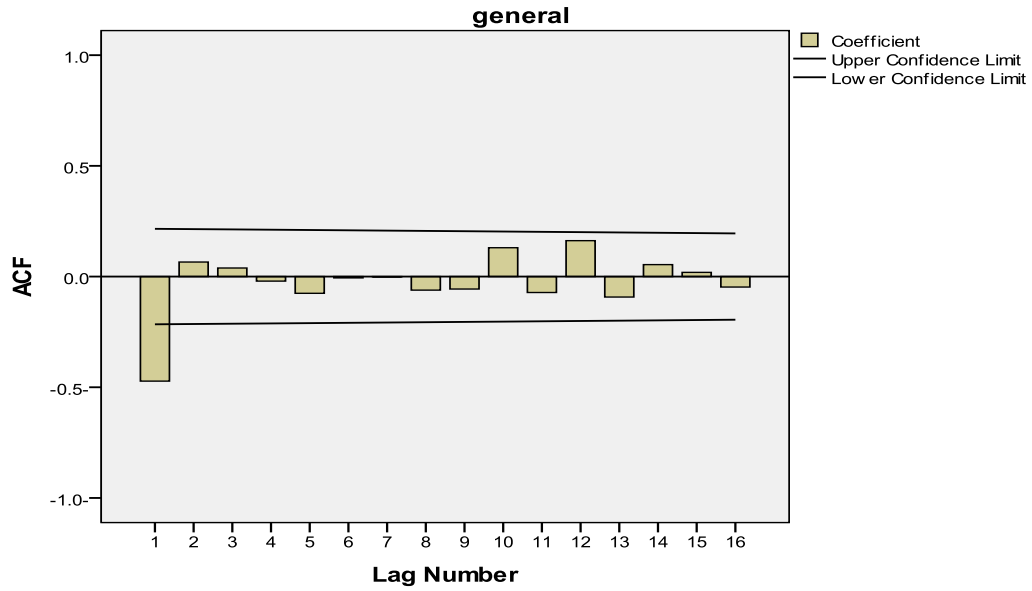
شكل رقم (2-3) رسم دالة الارتباط الذاتي للسلسلة ACF



شكل رقم (3-3) رسم دالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة PACF

حيث نلاحظ عدم وجود استقرارية في السلسلة حسب سلوك معاملات الارتباط الذاتي الجزئي ACF ولذلك نأخذ الفروق حيث تتحقق الاستقرارية بعد أخذ الفرق الأول (dif=1) ورسم كل من دالتي ACF و PACF بعد الفرق الأول كالتالي:

شكل رقم (4-3) رسم دالة الارتباط الذاتي للسلسلة ACF بعد الفرق الأول



شكل رقم (5-3) رسم دالة الارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة PACF بعد الفرق الأول

الأول

أما النماذج المقترحة هي وكما موضحة في الجدول رقم (٣-١) إذ كان أفضل نموذج هو (0,1,1):

الجدول رقم (٣-١) يمثل النماذج المقترحة لسلسلة الانتاج العام

الملاحظات	BIC	MAE	MAPE	RMSE	النموذج
	19.127	8637.54	7.579	13868.086	0,1,0
النموذج المقترح	18.899	8400.05	7.462	12043.072	0,1,1
	18.963	8451.24	7.491	12110.776	0,1,2
	18.94	8518.296	7.429	12294.653	1,1,0
	18.962	8455.921	7.491	12104.869	1,1,1

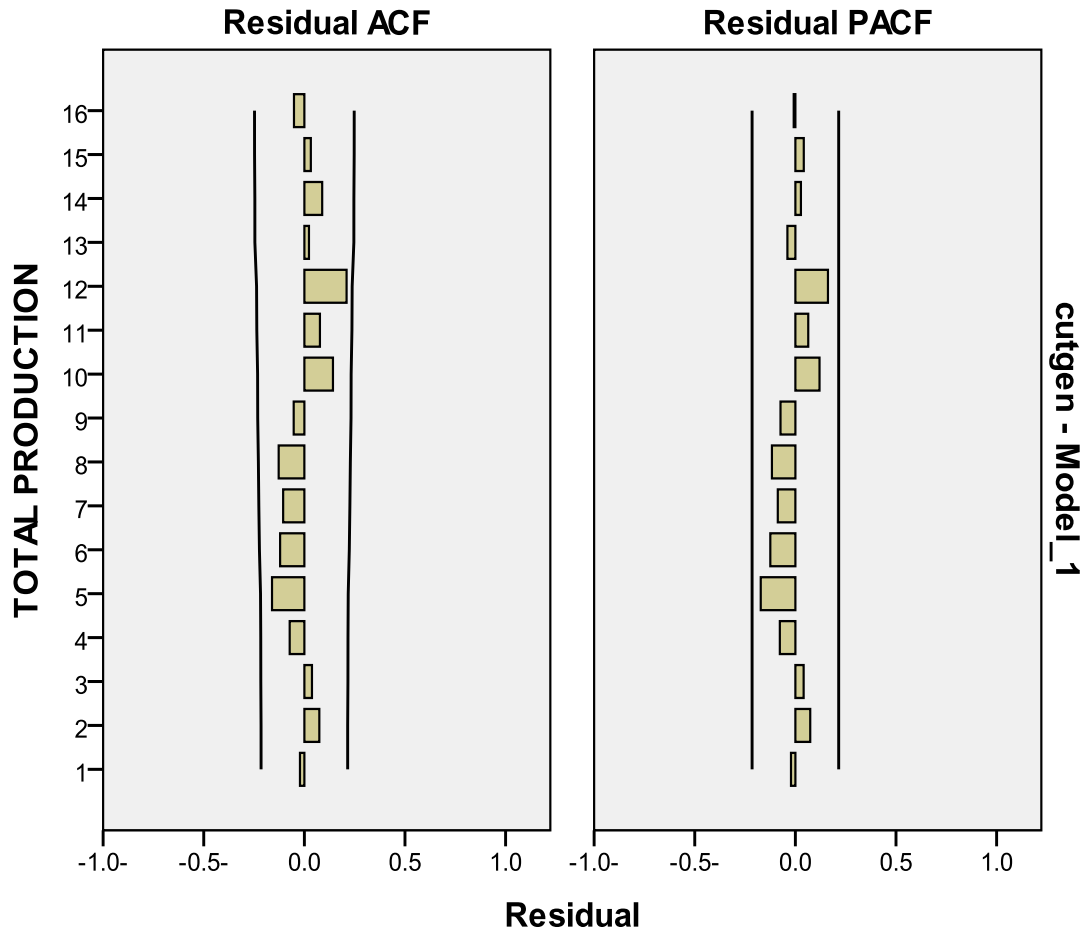
ولاختبار معنوية النموذج وفق الإحصاءة Q (كما في المعادلة السابقة نلاحظ أن $Q=21.936$) وهي أقل من قيمة (χ^2) الجدولية = 27.587 وهذا دليل على إن النموذج معنوي ، والجدول رقم (٣-٢) يمثل معالم النموذج ومعنوية هذه المعالم :

الجدول رقم (٣-٢) يمثل معالم النموذج

		التقدير	SE	T	Sig.
Difference (الفروق)	1				
MA	Lag 1	1.882	0.087	21.759	0.000

شكل رقم (6-3) رسم دالة الارتباط الذاتي ACF والارتباط الذاتي الجزئي PACF

للبيانات



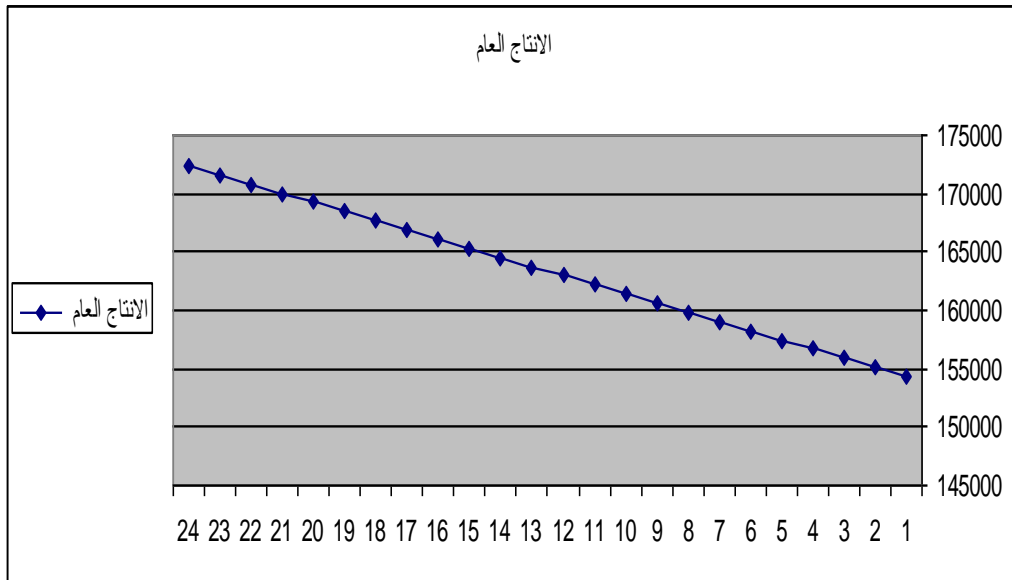
أما الجدول رقم (٣-٣) يمثل القيم التنبؤية للفترة ٢٠١٧ و ٢٠١٨ :

الجدول رقم (٣-3) يمثل القيم التنبؤية للإنتاج العام

السنة	الشهر	القيمة التنبؤية	الحد الأدنى	الحد الأعلى
201٧	1	154302	130350	178254
	2	155088	128958	181218
	3	155874	127734	184014
	4	156660	126644	186676
	5	157446	125664	189227
	6	158232	124778	191686
	7	159018	123971	194064
	8	159804	123234	196374
	9	160590	122558	198622
	10	161376	121936	200816
	11	162162	121362	202962
	12	162948	120832	205063
2018	1	163734	120342	207125
	2	164520	119889	209151
	3	165306	119469	211143
	4	166092	119080	213103
	5	166878	118720	215036
	6	167664	118386	216941
	7	168450	118077	218822
	8	169236	117792	220680
	9	170022	117528	222515
	10	170808	117285	224330
	11	171594	117061	226126
	12	172380	116856	227903

الشكل رقم (7-3) يمثل رسم القيم التنبؤية لسلسلة الإنتاج العام حسب طريقة

(ARIMA)



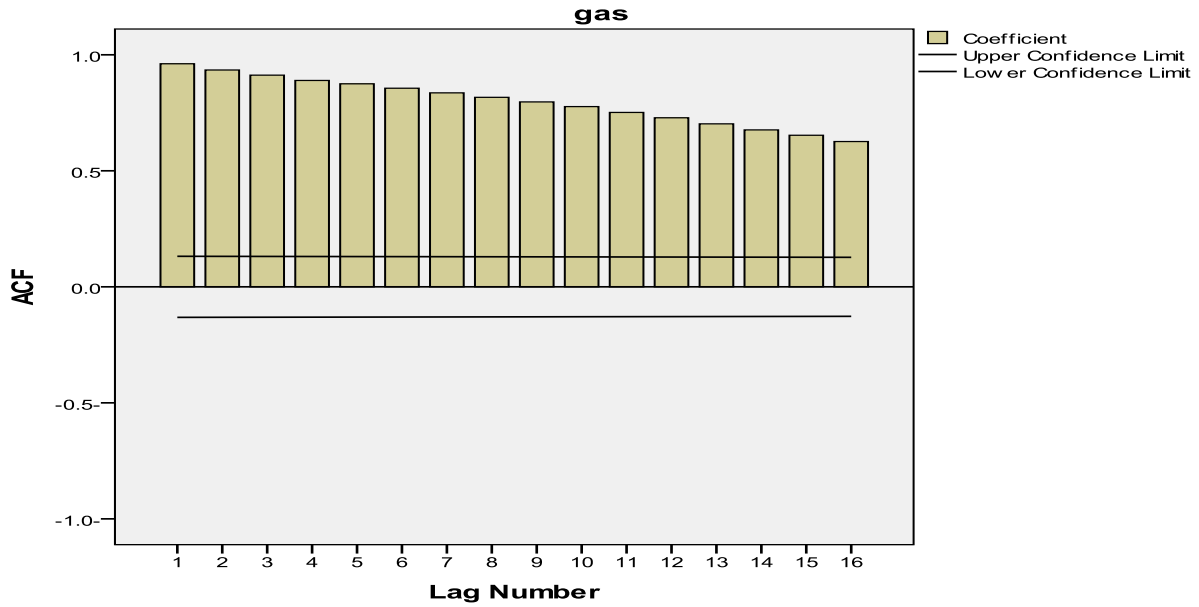
٣-٢-٢ نموذج ARIMA للمحطات الكهربائية :

في البداية نرسم سلسلة البيانات لإنتاج المحطات الكهربائية للتعرف على سلوك السلسلة:



الشكل رقم (8-3) سلسلة الانتاج للمحطات الكهربائية

أما بالنسبة لرسم كل من دالة الارتباط الذاتي ACF والارتباط الذاتي الجزئي PACF كالآتي :



شكل رقم (9-3) رسم دالة الارتباط الذاتي للسلسلة ACF

الجدول رقم (3-4) يمثل النماذج المقترحة

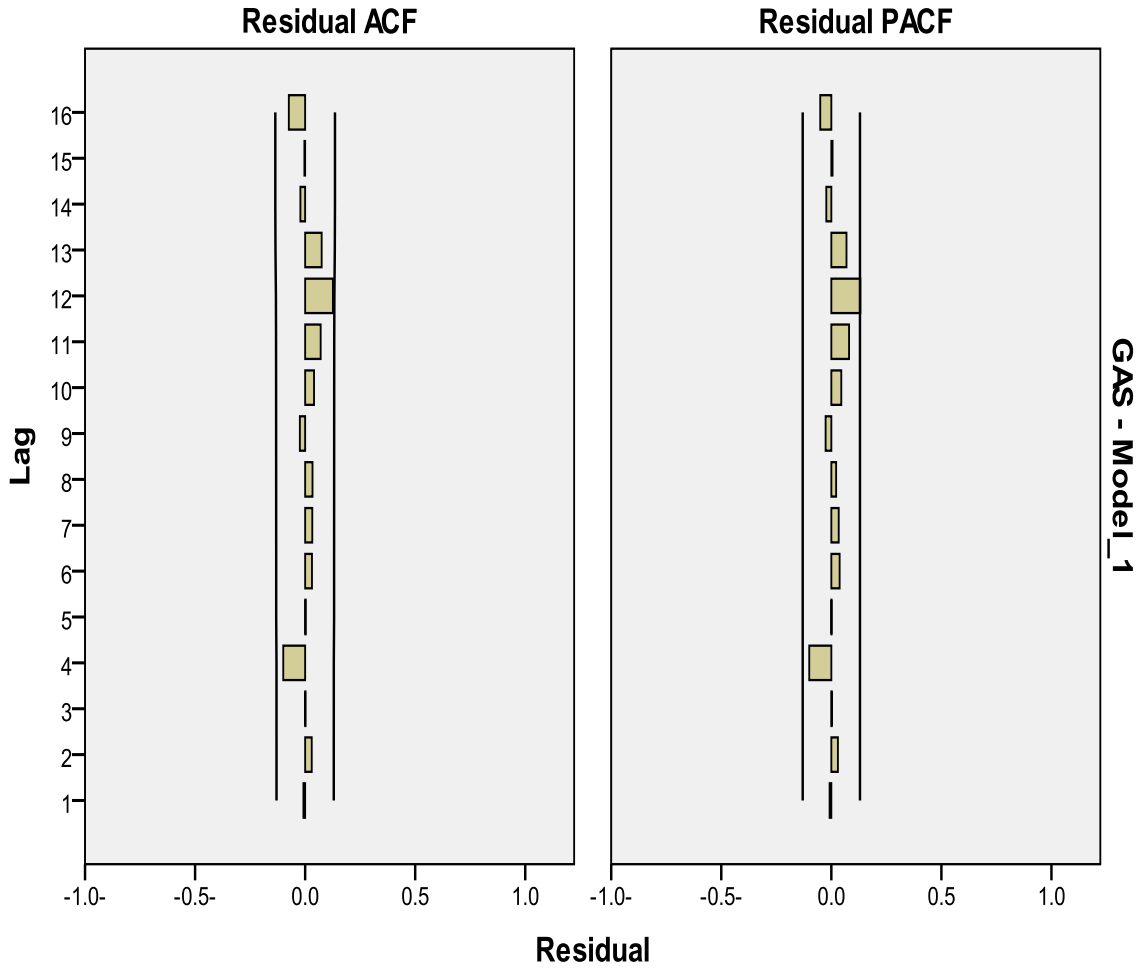
	النموذج	RMSE	MAPE	MAE	BIC	الملاحظات
1	0,1,0	4207.545	13.07	2408.25	16.713	
2	0,1,1	3985.179	12.933	2358.923	16.628	
3	0,1,2	3954.519	12.705	2350.448	16.637	
4	1,1,0	4046.754	13.281	2389.36	16.659	
5	1,1,1	3940.424	12.662	2327.033	16.63	النموذج المقترح
6	1,1,2	3948.503	12.675	2324.13	16.658	
7	2,1,0	4013.111	12.919	2363.318	16.666	
٨	2,1,1	39٧8.272	12.6٩٠	2٦23.344	16.6٨٠	

ولاختبار معنوية النموذج وفق الإحصاءة Q نلاحظ أن (Q= 12.994) وهي Hقل
من قيمة (χ^2) الجدولية = 26.296 وهذا دليل على أن النموذج معنوي
والجدول رقم (٥-٣) يمثل معالم النموذج ومعنوية هذه المعالم :

الجدول (٥-٣) يمثل قيم معالم النموذج

		التقدير	SE	T	Sig.
AR	Lag 1	0.355	0.129	2.749	0.006
Difference (الفروق) (1				
MA	Lag 1	0.717	0.096	7.437	0.000

ورسم دالتي الارتباط الذاتي والذاتي الجزئي للبواقي موضح كالآتي:



شكل رقم (13-3) رسم دالة الارتباط الذاتي ACF والارتباط الذاتي الجزئي

PACF للبواقي

3-3 النمذجة وفق طرق التمهيد الأسّي (Exponential Smoothing

: (Methods

يوضح الجدول التالي طريقة التمهيد المستعملة مع كل صنف من أصناف الانتاج :

جدول رقم (3-13) طريقة التمهيد المستعملة مع أصناف الانتاج

الإنتاج العام			
Winters' Multiplicative	Holt-Winter additive	Simple Seasonal	المؤشرات
8503.222	7665.349	7768.543	RMSE
6.454	5.955	6.05	MAPE
5384.098	4775.277	4895.649	MAE
18.168	17.96	17.963	BIC

٤-١ : الاستنتاجات والتوصيات :

من خلال المقارنات السابقة نلاحظ بأن نماذج التمهيد الأسّي (*Exponential Smoothing Methods*) المقترحة أظهرت تفوقاً على نماذج بوكس - جنكينز (*Box- Jenkins*) والسبب يعود لتأثر قيم بوكس - جنكينز بالقيم الشاذة التي تحصل للسلسلة بعكس التمهيد الأسّي.

٤-٢: التوصيات :

- ١- يوصي الباحث باعتماد طريقة (ARMA) في التنبؤ وذلك لقلّة نسبة الخطأ فيها وأيضاً لقدرتها على معالجة المشاكل التي تحصل للسلسلة الزمنية .
- ٢- يوصي الباحث وزارة الكهرباء بالاهتمام بالجانب التخطيطي وعدم الاكتفاء بالجانب الفني لما لهذا الجانب من أهمية في دفع عملية التنمية في هذا القطاع المهم.
- ٣- التأكيد على ضرورة تدوين البيانات بصورة دقيقة ومستمرة من الوزارة.
- ٤- يوصي الباحث وزارة الكهرباء باعتماد طرق أخرى للتوليد (كاستعمال المحطات الغازية للتوليد) بدلاً من التوليد باستعمال المحطات الكهرومائية وذلك لما أظهره الإنتاج من تناقص خلال الزمن بالنسبة للقيم الحقيقية وأيضاً لتناقص الإنتاج حسب القيم التنبؤية في المستقبل وذلك لشحة المياه التي تعتمد عليها هذه المحطات من أجل توليد الكهرباء .

المراجع

(١) أبو الشعير، د. محمود جواد، ٢٠٠١، "السلاسل الزمنية الموسمية وإيجاد التوقعات المستقبلية – دراسة إحصائية مقارنة"، مجلة كلية الرافدين الجامعة العدد السادس.

(٢) الحديثي، عصام مولود عبد اللطيف عياش، ١٩٩٣ "التنبؤ لإنتاج محصول الذرة في القطر العراقي" رسالة ماجستير، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد .

(٣) خطة التنمية الوطنية ٢٠١٠-٢٠١٤، جمهورية العراق – وزارة التخطيط .

4- Box, G.E.P., & Jenkins, G.M. (1970), "Time series analysis: forecasting and control", Holden-Day, San Francisco.

5- Bone, R., and Asad, M. (2003), "Boosting recurrent neural networks for Time series prediction"m RAFI publication, International conference in Roanne, France, April .

6- Bowerman, B.L. and R.T.O.' Connel (1988), "time series and forecasting: An applied approach", Duxbury press, north scituate, MA.

7- BLOOMFIELD,PETER," FOURIER ANALYSIS OF TIME SERIES " An Introduction,second edition – 2000 .

8- Ledolter J., and B. Abraham (1983), "Statistical methods for forecasting", John Wiley and Sons, New York.

