تطبيق نماذج الانحدار الذاتي المتكاملة والمتوسطات المتحركة (*ARIMA*) علي إنتاج مصنع أسمنت المرقب للفترة الزمنية (1993 _ 2013)

Application of Integrated Auto-Regression and ARIMA Models to Production Al-Muraqeb Cement Factory for the period (1993 - 2013)

أ.محمود احمد اشتيوي
جامعة المرقب-الخمس/ كلية العلوم- قسم الإحصاء

د. سالمة عمر بالعيد المقرحي
الجامعة الأسمرية الاسلامية-زليتن/ كلية العلوم- قسم الإحصاء

أ.عبد السلام محمد قنيديلة
الجامعة الأسمرية الاسلامية-زليتن/ كلية العلوم- قسم الإحصاء

الملخص

في هذا البحث تم التعرف وتوضيح مراحل استخدام منهجية بوكس – جينكنز السنوية في التنبؤ على المستوى النظري والتطبيقي , وذلك من خلال بناء نموذج السلاسل الزمنية للتنبؤ بإنتاجية العمل السنوية بمصنع إسمنت المرقب. استخدمت البيانات المتمثلة في إنتاجية العمل السنوية بمصنع إسمنت المرقب للفترة الزمنية (1993 – 2013). تم الحصول عليها من إدارة إنتاج الشركة الأهلية للإسمنت حيث تم تحليل البيانات باستخدام السلاسل الزمنية تبعاً لمنهجية بوكس-جنكنز باستخدام البرنامج الإحصائي(*MINTAB*) حيث تمثلت أهم نتائج البحث في أن السلسلة الزمنية للإنتاج بالمصنع غير ساكنة, وأن النموذج المناسب لتقدير إنتاجية العمل السنوية الخاصة بمصنع إسمنت المرقب هو نموذج الـ*ARIMA*(1,2,1) , وعليه نوصي الجهات المختصة باستخدام نموذج *ARIMA*(1,2,1) للتنبؤ بإنتاجية العمل السنوية للسنوات القادمة.

Abstract

In this research, the stages of using the Box-Jenkins annual methodology for prediction at the theoretical and applied levels have been identified and explained by constructing the time series model for forecasting the annual productivity of the cement factory. The data used in the annual work productivity of the cement factory for the period (1993-2013) were obtained from the production department of the National Cement Company. The data were analyzed using the time series according to the Box-Jenkins method uesing MINTAB program. The most important results of the research are that the time series of production in the factory is not static. The appropriate model for estimating the annual work productivity of the cement factory is ARIMA (1,2,1). Therefore we recommend that the competent authorities use the ARIMA model (1,2,1) to predict labor productivity annual sessions for the coming years.

1-المقدمة

يعتمد كل من التخطيط الاقتصادي والإداري على دراسة توقعات المستقبل، لذا اهتمت كثير من الدراسات و لا سيما الدراسات الاقتصادية والاجتماعية بدراسة السلسلة الزمنية لأن كثيراً من الظواهر إذا ما درست لعدد من السنوات أو الأشهر أمكن معرفة طبيعة التغيرات التي ستطرأ عليها والتنبؤ بما سيحدث لها من تغير في المستقبل على ضوء ما حدث لها بالماضي, مثل هذه الدراسة يطلق عليها دراسة السلسلة الزمنية والتي يقصد بها تحليل السلسلة الزمنية إلى عواملها المؤثرة المتمثلة في الاتجاه العام، التغيرات الموسمية، التغيرات الدورية، التغيرات العرضية.

قام الكثير من الباحثين الإحصائيين بدراسة وتحليل ومعالجة نماذج السلاسل الزمنية، منهم الباحثان بوكس وجينكنز حيث قدما دراسة موسعة وتفصيلية لنماذج السلاسل الزمنية اللاموسمية والموسمية ومراحل بناء هذه النماذج[3].

سيتم في هذا البحث تطبيق نموذج من نماذج بوكس-جينكنز لغرض التنبؤ بإنتاجية العمل السنوية الخاصة بمصنع إسمنت المرقب للفترة *(1993 – 2013)* . قسم البحث إلى جزئيين، الأول يتناول الأسس النظرية لنماذج بوكس-جينكنز ومراحل بناء النموذج، في حين يتناول الجزء الثاني الجزء التطبيقي والذي يتناول بناء النموذج على ضوء البيانات الخاصة بإنتاجية العمل السنوية بمصنع إسمنت المرقب واستخدامه في التنبؤ.

2- الأسس النظرية لنماذج بوكس-جينكنز

من المعروف أن السلسلة الزمنية عبارة عن مجموعة من القيم المشاهدة لظاهرة معينة في فترات زمنية متساوية ولمدة من الزمن. تعتبر السلسلة الزمنية ساكنة من الدرجة الثانية إذا كان لها وسط حسابي ثابت تتجمع حوله البيانات أي خالية من تأثير الاتجاه العام ومن التأثيرات الموسمية , وللسلسلة الزمنية الساكنة وسط حسابي ثابت وتباين وتغاير مشترك ثابتان بمعني أن:

$$\mu = E(X_t)$$

$$\sigma_X^2 = Var(X_t) = E(X_t - \mu)^2$$

$$\gamma_k = Cov(X_t, X_{t+k}) = E(X_t - \mu)(X_{t+k} - \mu) \quad , \quad k = 0,1,2,...$$

فإذا كانت $X_1, X_2, \cdots, X_n$ قيم ملاحظة من السلسلة الزمنية $\{X_t\}$ وكانت $C_k \, , s_X^2 \, , \bar{x}$ تقديرات للمعلمات $\gamma_k \, , \sigma_X^2 \, , \mu$ على التوالي فإن:

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} X_t$$

$$s_X^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{t=1}^{n}(X_t - \overline{X})^2$$

$$C_k = \frac{1}{n-1}\sum_{t=1}^{n}(X_t - \overline{X})(X_{t+k} - \overline{X})$$

ويمكن تمييز السلاسل الزمنية الساكنة عن السلاسل الزمنية غير الساكنة من خلال قيم معاملات الارتباط الذاتي حيث تقترب قيمه من الصفر بعد الفترة الثانية أو الثالثة بالنسبة للسلسلة الساكنة في حين السلسلة غير الساكنة لها فروق معنوية تقترب من الصفر بعد الفترة السابعة أو الثامنة [5].

تعتبر السلسلة الزمنية سلسلة موسمية إذا كانت تعيد نفسها كل فترة زمنية ثابتة أي أن:

$$X_t = X_t + S$$

حيث تمثل S طول الموسم. ويمكن معرفتها وتمييزها من خلال قيم معاملات الارتباط الذاتي التي تكون موجبة وأكبر ما يمكن وتختلف معنوياً عن الصفر عند الفترات الزمنية $S, 2S, 3S, \ldots$.

يقيس معامل الارتباط الذاتي قوة الارتباط بين قيم الظاهرة $\{X_t\}$ في فترات زمنية مختلفة، ويعرف كالآتي:

$$\rho_k = \frac{Cov(X_t, X_{t+k})}{\sqrt{Var(X_t).Var(X_{t+k})}} = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}\ ,\quad k = 1,2,\ldots,\tfrac{N}{4}$$

حيث إن التباين للسلسلة الزمنية الساكنة ثابت ومتساوٍ لكل الفترات الزمنية المختلفة ويقدّر كالآتي:

$$r_k = \frac{C_k}{C_0}$$

2-1 نماذج بوكس–جينكنز

تعتبر نماذج بوكس–جينكنز من الأساليب الإحصائية المهمة لتحليل السلسلة الزمنية، حيث تستخدم هذه النماذج لتمثيل سلسلة زمنية لظاهرة معينة والتنبؤ بقيمها في المستقبل. ولهذه النماذج تطبيقات كثيرة وخاصة في المجالات الاقتصادية, والأرصاد الجوية. هناك نوعان من هذه النماذج, النماذج اللاموسمية والنماذج الموسمية والتي يمكن تعريفها كالآتي:

2-2-1 النماذج اللاموسمية

تستخدم لتمثيل نوعين من السلاسل: الساكنة وغير الساكنة ومن هذه النماذج[6]:

(*a*) : نموذج الانحدار الذاتي(AR) والذي يعرف كالآتي:

$$X_t = \mu + \theta_1 X_{t-1} + \theta_2 X_{t-2} + \cdots + \theta_p X_{t-p} + Z_t$$

حيث إن $\mu, \theta_1, \theta_2, \cdots, \theta_p$ معالم النموذج و Z_t متغيرات عشوائية غير مرتبطة مع بعضها *(white noise)* بوسط حسابي صفر وتباين σ_Z^2 أي أن:

$$E(Z_t)=0$$

$$E(Z_t Z_{t+k})=\begin{cases}0 & k\neq 0\\ \sigma_Z^2 & k=0\end{cases}$$

ويرمز لهذا النموذج بالرمز $AR(p)$ حيث p تمثل درجة النموذج.

(b) : نموذج المتوسطات المتحركة(MA) وصيغته كالآتي:

$$X_t=\mu+Z_t-\phi_1 Z_{t-1}-\phi_2 Z_{t-2}-\cdots-\phi_q Z_{t-q}$$

ويرمز لهذا النموذج بالرمز $MA(q)$ حيث q تمثل درجة النموذج, $\mu,\phi_1,\phi_2,\cdots,\phi_p$ معالم النموذج.

(c) : نموذج الانحدار الذاتي و المتوسطات المتحركة($ARMA$) يعرف كالآتي:

$$X_t=\mu+\theta_1 X_{t-1}+\theta_2 X_{t-2}+\cdots+\theta_p X_{t-p}+Z_t-\phi_1 Z_{t-1}-\phi_2 Z_{t-2}-\cdots-\phi_q Z_{t-q}$$

ويرمز لهذا النموذج بالرمز $ARMA(p,q)$ حيث q,p تمثلان درجات النموذج. وإذا كانت السلسلة غير ساكنة فيمكن تحويلها إلى ساكنة وذلك بأخذ الفروق المناسبة فمثلاً الفرق الأول يكون وفقاً للمعادلة الآتية:

$$W_t=X_t-X_{t-1}$$

ثم تمثل بنفس النماذج السابقة ولكن تضاف فقط كلمة متكاملة *integrated* إلى اسم النموذج للدلالة على أن هذا النموذج استخدم لتمثيل سلسلة زمنية غير ساكنة, و يعرف هذا النموذج بنموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة التكاملية ويرمز لهذا النموذج بالرمز $ARIMA(p,d,q)$. حيث إن: p درجة الانحدار الذاتي, q درجة المتوسط المتحرك, d درجة الفروق.

2-2-2 النماذج الموسمية

تستخدم لتمثيل السلاسل الزمنية الموسمية ومن هذه النماذج[6]:

1- نموذج الانحدار الذاتي الموسمي: ويكتب بالشكل الآتي:

$$X_t=\mu+\theta_S X_{t-S}+\theta_{2S} X_{t-2S}+\cdots+\theta_{PS} X_{t-PS}+Z_t$$

ويرمز لهذا النموذج بـ $SAR(P)$ حيث P تمثل درجة النموذج.

2- نموذج المتوسطات المتحركة الموسمي: وصيغته هي:

$$X_t=\mu+Z_t-\phi_S Z_{t-S}-\phi_{2S} Z_{t-2S}-\cdots-\phi_{QS} Z_{t-QS}$$

ويرمز لهذا النموذج بـ $SMA(Q)$ حيث Q تمثل درجة النموذج.

3- نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة الموسمي: ويكتب كالآتي:

$$X_t=\mu+\theta_S X_{t-S}+\theta_{2S} X_{t-2S}+\cdots+\theta_{PS} X_{t-PS}+Z_t-\phi_S Z_{t-S}-\phi_{2S} Z_{t-2S}-\cdots-\phi_{QS} Z_{t-QS}$$

ويرمز لهذا النموذج بالرمز $SARMA(P,Q)$ حيث P,Q تمثلان درجة النموذج.

أما إذا كانت السلاسل الموسمية غير ساكنة فتحول إلى ساكنة عن طريق أخذ الفرق الموسمي وفق المعادلة الآتية:

$$W_t = X_t - X_{t-S}$$

ثم تمثل بنفس النماذج السابقة ولكن تضاف فقط كلمة متكاملة إلى اسم النموذج للدلالة على أن هذا النموذج استخدم لتمثيل سلسلة زمنية غير ساكنة.

4- النموذج الموسمي المضاعف: هو خليط من النماذج اللاموسمية والموسمية ويكتب بالشكل الآتي:

$$\theta_p(B)\theta_P(B^S)\nabla^d\nabla^D X_t = \phi_q(B)\phi_Q(B^S)Z_t$$

حيث إن: p درجة الانحدار الذاتي الاعتيادي، P درجة الانحدار الذاتي الموسمي q درجة المتوسط المتحرك الاعتيادي، Q درجة المتوسط المتحرك الموسمي, D: درجة الفروق الاعتيادية، d : درجة الفروق الموسمية, S: طول فترة الموسم. ويرمز للنموذج **أعلاه** بالرمز $ARIMA(p,q,d)\times(P,Q,D)_S$

3-2-2 مراحل بناء النموذج

هناك أربع مراحل لبناء نموذج لتمثيل سلسلة زمنية ساكنة نبينها كالآتي :

المرحلة الأولى: يتم تشخيص النموذج وتحديد درجة النموذج من خلال دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الجزئي، ويحتوي الجدول رقم (1) على ملخص للأنماط المختلفة لدالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للنماذج غير الموسمية الساكنة المختلفة.

جدول 1: تشخيص رتب نماذج *ARIMA*[2]

النموذج	دالة الارتباط الذاتي *ACF*	دالة الارتباط الذاتي الجزئي *PACF*
AR(1)	تتنازل هندسيا ابتداء من P_1	صفرية بعد P_{kk1}
AR(2)	تتنازل هندسيا ابتداء من P_2	صفرية بعد P_{kk2}
AR(p)	تتنازل هندسيا ابتداء من P_P	صفرية بعد P_{kkp}
MA(1)	صفرية بعد P_1	تتنازل بعد P_{kk1}
MA(2)	صفرية بعد P_2	تتنازل بعد P_{kk2}
MA(q)	صفرية بعد P_q	تتنازل بعد P_{kkq}
ARMA(p,q)	تتنازل هندسيا ابتداء من P_1	تتنازل بعد P_{kk1}
$ARIMA(p,d,q)$	تتنازل هندسيا ابتداء من P_P	صفرية بعد P_{kkp}

حيث إن : P_k معامل دالة الارتباط الذاتي, P_{kk}معامل دالة الارتباط الذاتي الجزئي.

المرحلة الثانية: بعد أن يحدد النموذج وتحدد درجة النموذج يتم تقدير معالمه، وهناك عدة طرق تستخدم في التقدير من أهمها طريقة الدالة الأرجحية العظمى. حيث استخدمت هذه الطريقة لتقدير معالم النموذج المختلط *ARMA* و تعرف الدالة التجميعية بثبات البيانات كالتالي:

$$L(\theta,\phi,\sigma_Z^2 \mid X_t) = (2\pi)^{-\frac{N}{2}} (\sigma_Z^2)^{-\frac{N}{2}} Exp\left[-\frac{1}{2\sigma_Z^2} S(\theta,\phi)\right]$$

حيث إن $S(\theta,\phi)$ تمثل مجموع مربعات الأخطاء أي:

$$S(\theta,\phi) = \sum_{t=1}^{n} \hat{Z}_t^2(\theta,\phi)$$

$$\ln L(\theta,\phi,\sigma_Z^2) = -\tfrac{n}{2}\ln(2\pi\sigma_Z^2) - \frac{S(\theta,\phi)}{2\sigma_Z^2} \qquad (1)$$

وبأخذ التفاضل الجزئي للدالة رقم (1) بالنسبة للمعالم σ_Z^2,θ,ϕ ومساواة التفاضلات بالصفر نحصل على تقديرات الاحتمال الأعظم $\hat{\sigma}_Z^2,\hat{\theta},\hat{\phi}$ على التوالي.

المرحلة الثالثة: قبل استخدام النموذج لحساب التنبؤات المستقبلية يجب اختباره للتأكد من صحته وكفاءته ويتم ذلك باستخدام معاملات الارتباط الذاتي للبواقي حيث:

$$r_k(\hat{Z}_t) = \frac{\sum_{t=1}^{n} \hat{Z}_t \hat{Z}_{t+k}}{\sum_{t=1}^{n} \hat{Z}_t^2}$$

وقد أثبت كل من *Box* و *Pierce*[8] سنة (1970) أن معاملات الارتباط الذاتي للبواقي تتوزع توزيعاً طبيعياً بمتوسط صفر وتباين $\frac{1}{n}$ حيث *n* تمثل حجم العينة، وعليه فإن:

$$Q = n\sum_{t=1}^{m} r_k^2(\hat{Z}_t)$$

تتوزع توزيع χ^2 بدرجة حرية $(m-p-q)$ حيث تمثل *m* أكبر عدد لمعاملات الارتباط الذاتي، فإذا كانت قيمة *Q* المحسوبة أقل من χ^2 الجدولية فهذا يشير إلى كفاءة وملائمة النموذج للبيانات.

المرحلة الرابعة: بعد تحديد رتب النموذج (p,d,q) وتقديره وتحديد النموذج الملائم يتم استخدامه في التنبؤ, وذلك بإحلال القيم الحالية والماضية للمتغير التابع X_t والبواقي e_tكقيم تقديرية لحد الخطأ للحصول على القيم المستقبلية الأولى المتنبأ بها X_{t+1}وهو ما يسمى بالتنبؤ لفترة مستقبلية واحدة. كما يمكن الحصول على القيمة المستقبلية الثانية X_{t+2} بإحلال القيمة المستقبلية الأولى X_{t+1} التي تم التوصل إليها في الخطوة الأولى للتنبؤ في معادلة التنبؤ مع افتراض حد الخطأ خارج العينة للدالة يساوي صفر وهكذا حتى نصل إلى الفترة المطلوبة [7].

3- الجانب التطبيقي

في هذا الجانب تم استخدام البيانات الخاصة بكمية إنتاج الإسمنت بمصنع المرقب للفترة (1993-2013) من إدارة إنتاج الشركة الأهلية للإسمنت بمدينة الخمس، والبيانات مبينة في الجدول الآتي:

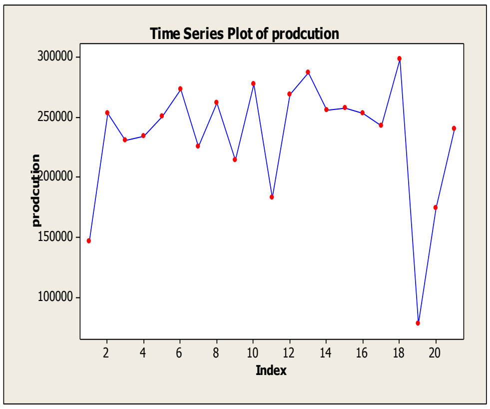
جدول 2: كميات إنتاج الإسمنت لمصنع إسمنت المرقب خلال الفترة 1993-2013

السنوات	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
كمية الإنتاج بالطن	146740	253466	230744	234393	250857	273290	225177
السنوات	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
كمية الإنتاج بالطن	262134	214042	277563	182634	268742	286850	255608
السنوات	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
كمية الإنتاج بالطن	257773	253351	242937	298015	78193	174501	240477

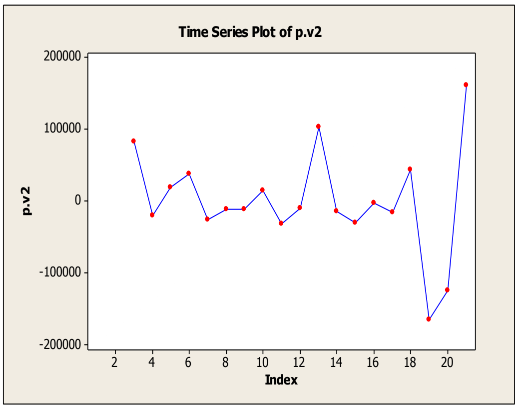
المصدر: إدارة إنتاج الشركة الأهلية للإسمنت بمدينة الخمس

3-1 دراسة استقرارية السلسلة الزمنية

تم التأكد من سكون السلسلة الزمنية لبيانات الجدول رقم (2), وذلك من خلال الرسم البياني المبين في شكل (1), يتضح من الشكل أن السلسلة الزمنية لإنتاج الإسمنت في مصنع إسمنت المرقب لها اتجاه عام يميل للسلبية، وهذا يشير إلى أن السلسلة الزمنية غير ساكنة. ولجعل السلسة ساكنة تم أخذ الفروق للسلسة الزمنية, وقد تبين أن السلسلة تكون ساكنة (مستقرة) وذلك بعد أخذ الفروق الثانية, والشكل البياني رقم (2) يبين ذلك.

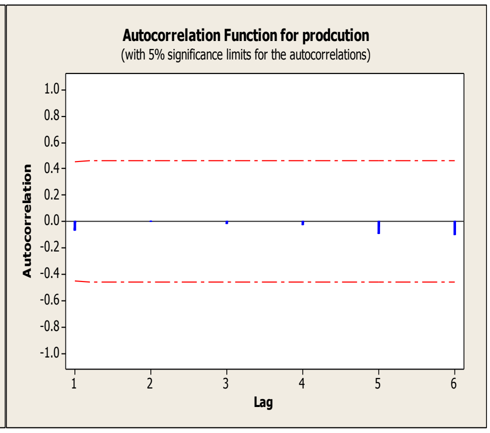


شكل 1 : التمثيل البياني للسلسلة الزمنية الأصلية لإنتاج الإسمنت

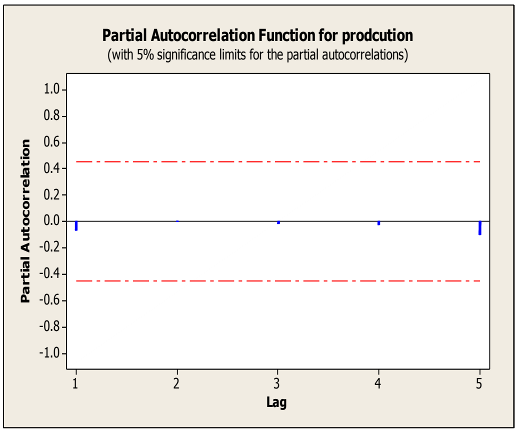


شكل2: التمثيل البياني للسلسلة بعد أخذ الفروق من الدرجة الثانية

يتضح من الشكل رقم (2), أن السلسلة مستقرة وذلك لعدم وجود مركبة الاتجاه العام وكذلك المركبة الموسمية إلا أن اختبار استقراريه السلسلة باستخدام دالة الارتباط الذاتي والجزئي للسلسة الزمنية خطوة لابد من إجرائها.



شكل 3 : دالة الارتباط الذاتي للسلسلة الزمنية لبيانات الدراسة



شكل 4 : دالة الارتباط الجزئي للسلسلة الزمنية لبيانات الدراسة

ومن الشكل رقم (3), يتبين أن المعاملات في دالة الارتباط بداية من المعامل الأول تتذبذب حول الصفر أي أنها تساوي معنويا الصفر , في حين بين الشكل رقم (4) أن معاملات دالة الارتباط الجزئي كذلك تتذبذب حول الصفر بداية من المعامل الأول وهذا دليل على استقرار السلسلة لبيانات الدراسة.

3-2 كيفية التعرف على النموذج المناسب واختباره

التعرف على أي نموذج وفقاً لمنهجية بوكس جينكنز يعني تحديد الرتب p,q للنماذج AR,MA على الترتيب وذلك بالاعتماد على شكل دالة الارتباط الذاتي وشكل دالة الارتباط الجزئي كما هو مبين في الشكل رقم (3) والشكل رقم (4). عند ملاحظة شكل دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الجزئي للسلسلة المعدلة بالفروق من الدرجة الثانية نجد أنها تساوي معنويا الصفر من المعامل الأول وبما أننا قمنا بأخذ الفروق من الدرجة الثانية لضمان استقراريه السلسلة فإن النموذج المناسب لبيانات الدراسة هو *ARIMA(1,2,1)*.

3-3 تقدير معالم النموذج

تم في هذه المرحلة تقدير معالم النموذج المبدئي الذي تم اختياره وهو نموذج *ARIMA(1,2,1)* باستخدام برنامج *Minitab* لبيانات الدراسة, و الجدول رقم (3) يلخص النتائج المتحصل عليها.

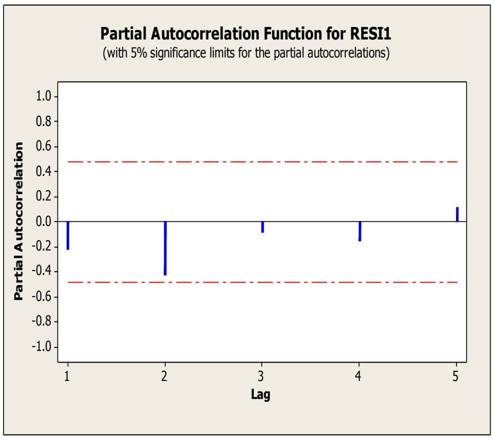
جدول 3: تقدير معالم نموذج الـ*ARIMA(1,2,1)*

Type	Estimate	SE	T	P-value
AR (1)	−0.5607	0.2269	−2.47	0.025
MA (1)	0.8956	0.2764	3.24	0.005
Constant	−1668	2617	−0.64	0.533

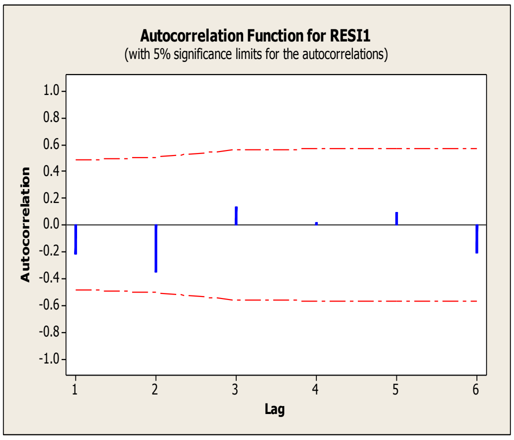
نلاحظ من النتائج أعلاه أن معلمة الانحدار الذاتي $(\theta_1 = -0.5607)$ ومعلمة المتوسطات المتحركة MA $(\phi_1 = 0.8956)$ تختلفاَ معنويا عن الصفر , وهذا يشير إلي أن نموذج الانحدار الذاتي $AR(1)$ ونموذج المتوسطات المتحركة $MA(1)$ ذو دلالة معنوية من الناحية الإحصائية. أي أن النموذج المقترح هو:

$$X_t = -1668 - 0.5607\, X_{t-1} + 0.8956\, Z_{t-1} + e_t$$

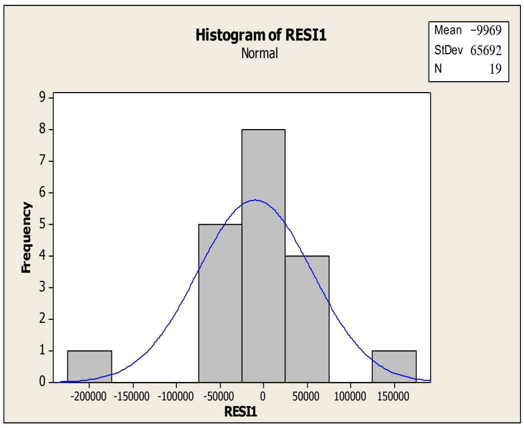
ولغرض التأكد من معنوية النموذج و ملائمته وكفاءته للتنبؤ تم رسم دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الجزئي, والمدرج التكراري , والاحتمال الطبيعي لبواقي النموذج كما هو مبين بالأشكال التالية:



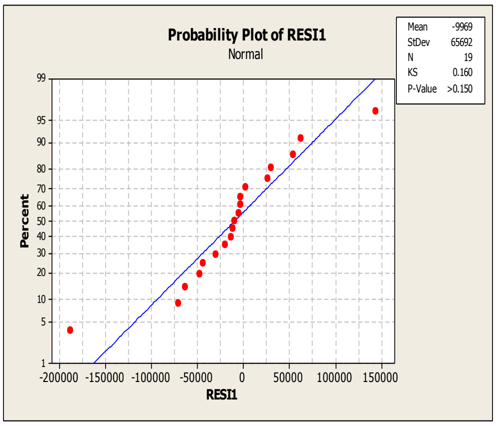
شكل 5 : دالة الارتباط الذاتي لسلسلة البواقي



شكل 6 : دالة الارتباط الجزئي لسلسلة البواقي



شكل 7 : المدرج التكراري لسلسلة البواقي للنموذج المقدر



شكل 8 : الاحتمال الطبيعي لسلسلة البواقي

نلاحظ من الشكل رقم (5) والشكل رقم (6), أن جميع المعاملات تقع ضمن حدود الثقة وهذا يدل على أن سلسلة البواقي عشوائية أي أنها مستقلة , إضافة إلى ذلك عند رسم المدرج التكراري لبواقي

النموذج الموضح بالشكل (7) نلاحظ أنه متناظر وله شكل التوزيع الطبيعي. في حين بيّن الشكل رقم (8) الاحتمال الطبيعي لسلسلة البواقي باستخدام اختبار كلو مجروف – سيمنروف, أن قيمة *p-value* >0.150 أكبر من مستوى المعنوية 5% وهذا يدل على أن البواقي تتوزع توزيعاً طبيعيا .

3-4 اختبار معنوية الارتباطات الذاتية للسلسلة الزمنية

تم استخدام اختبار(*Ljung-Box*) للتأكد من معنوية الارتباطات الذاتية لبيانات الدراسة, والنتائج مبينة بالجدول رقم (4).

جدول 4: نتائج اختبار(*Ljung-Box*)

Lag	12	24	36	48
Chi-Square	10.0	*	*	*
DF	9	*	*	*
P-Value	0.348	*	*	*

نلاحظ من نتائج اختبار (*Ljung-Box*) أن قيمة *p-value* أكبر من 5% هذا يشير إلى عدم معنوية دوال الارتباط أي أن الاختبار يعزز اختبار استقلالية البواقي.

4 – التنبؤ

باستخدام النموذج *ARIMA(1,2,1)* لبيانات الدراسة ثم التنبؤ بكميات الإنتاج من مادة الإسمنت بمصنع المرقب لست سنوات قادمة كما في الجدول رقم (5).

جدول 5: التنبؤ بكميات الإنتاج من مادة الإسمنت بمصنع المرقب

السنة	2018	2019	2020	2021	2022	2023
كمية الإنتاج	166016	155634	140683	126626	110399	93721

نلاحظ من الجدول أعلاه أن كميات الإنتاج تقل مع تقدم السنوات ويُعزَى ذلك إلى أن عدم استقرارية الأوضاع الاقتصادية والسياسية للبلاد سيؤثر على الإنتاج المستقبلي للمصنع.

5- النتائج و التوصيات:

من خلال الدراسة التطبيقية لتحليل السلاسل الزمنية وباستخدام نماذج بوكس – جينكنز بغرض التنبؤ بكميات الإنتاج في مصنع الإسمنت المرقب توصلنا إلى الآتي :

1- سلسلة الإنتاج في مصنع المرقب للإسمنت للفترة الزمنية (1993–2013) سلسلة زمنية غير مستقرة وبالتالي تم أخذ الفروق من الدرجة الثانية للسلسة بهدف تحقيق الاستقرارية.

2- من خلال سلوك معاملات الارتباط الذاتي والجزئي أمكن تحديد النموذج الملائم لتمثيل السلسلة وهو النموذج $ARIMA(1,2,1)$.

3- النموذج الذي تم التوصل إليه يعتبر نموذج كفؤ ويمكن الاعتماد عليه في التقدير والتنبأ.

4- تم التنبأ بكميات الانتاج لمصنع إسمنت المرقب للفترة الزمنية (2018–2023).

5- كميات الانتاج المتنبأ بها تقل مع تقدم السنوات وذلك لعدم استقراريه الأوضاع الاقتصادية والسياسية للبلاد.

و من خلال ما توصلنا إليه من نتائج نوصي بالنقاط التالية:

1- يمكن استخدام النماذج التي توصل إليها البحث من قبل الجهة المختصة في منطقة البحث.

2- نوصي باعتماد النموذج الذي تم التوصل إليه في طريقة بوكس – جينكنز بغية الاستفادة منه في التخطيط والتنبؤ للفترات القادمة.

3- من المهم جدا توفير قواعد بيانات تفصيلية لإنتاج الإسمنت على أجهزة الكمبيوتر , ويتم تحديثها باستمرار.

4- بما أن البلد في الوقت الحالي بحاجة إلى عملية إعمار واسعة نوصي بزيادة الطاقة الإنتاجية من هذه المادة .

6- المراجع

1. إبراهيم, بسام (2004) . التنبؤ بدرجات الحرارة في ولاية الخرطوم باستخدام نماذج بوكس– جينكنز للسلاسل الزمنية. مجلة السودان للعلوم والثقافة. السودان

2. احمد حسين بتال العاني استخدام نماذج *ARIMA* في التنبؤ الاقتصادي، مجلة العلوم الإنسانية والاقتصادية جامعة الأنبار، .العدد السادس

3- Box, G. E. P. and Jenkins, G.M. (1979), "Time Series Analysis, Forecasting and Control", Sanfransiscow, Holden-Day.

4- Makridakis, S.; Wheelwright, S. and McGaee, V. (1978), "Forecasting, Methods and Applications", 2nd edition, John Wiley & Sons.

5-Nelson, G. R. (1973), "Applied Time Series Analysis For Managerial Forecasting", Holden-Day, Inc.

6-Vandaele, W. (1983), "Applied Time Series and Box-Jenkins Models", John Wiley & Sons.

7- Box, G. M. P. and Pierce, D. A. (1970), "Distribution of Residual Autocorrelation in Autoregressive Integrated Moving Average Time Series Models", John Wiley & Sons.