استخدام نماذج Box– Jenkins للتنبؤ بالمبيعات
(دراسة تطبيقية في معمل سمنت كركوك)

م.م. زيان إحسان كريم حمدي / الكلية التقنية كركوك

المستخلص:

تم في هذا البحث تطبيق احد نماذج **Box– Jenkins** للسلاسل الزمنية لغرض التنبو بالمعدلات الشهرية لمبيعات الإسمنت في معمل سمنت كركوك للفترة 2009 – 2003ومن خلال تقدير معاملات الارتباط الذاتي (ACF) Auto Correlation Function والجزئي (PACF) Partial Auto Correlation Function تبين أن السلسلة الزمنية للمبيعات مستقرة تقريبا .بالاعتماد على معيار اكايكي للمعلومات (AIC) لتحديد النموذج الملائم وقد تبين ان النموذج الملائم هو النموذج ARIMA (2،1،2) وقد تم التأكد من إن هذا النموذج جيد ويعطي تنبؤات دقيقة وقريبة من الواقع ، وأخيرا تم عمل التنبؤات للمعدلات الشهرية للمبيعات لغاية نهاية سنة 2013 .

ABSTRACT:

In this paper one of the Box- Jenkins time series models has been applied to forecast the average of the monthly sales in the period 2003 - 2009 in Kirkuk Industry Cement.

From the estimated autocorrelation and partial autocorrelation coefficients it found that the time series of sales are nearly stationary and contains the effect of seasonality.

To select the best model using Minimum value for Mean Squared Error Criterion (Mse) & Minimum value for Akaikes Information Criterion (AIC). It appear that the Model ARIMA (2،1،2), is applicable for predict the monthly sales for the period until 2013.

المقدمة

تعتمد اغلب الدول اليوم في بناء خططها على الاسس والمعايير العلمية الأكثر دقة للوصول الى نتائج اكثر فاعلية في مجالات الحياة المختلفة .

لقد ركزت اغلب الدراسات اهتمامها على تحليل السلاسل الزمنية لدراسة الظواهر المختلفة، لان هذه الظواهر اذا ما استخدمت وتم اخذ التغيرا ت التي طرأت عليها بنظر الاعتبار، وكذلك معرفة اسباب حدوثها ونوع العلاقات وتوضيحها ودراسة قيم هذه المشاهدات بينها يصبح من المتيسر التنبؤ بقيم هذه الظواهر والتغييرات التي سوف تطرأ عليها في المستقبل في ضوء ما حدث عليها في الحاضر والماضي.

ان تحليل السلاسل الزمنية وايجاد الارتبا طات الذاتية والارتباطات الذاتية الجزئية لوصف الظاهرة ومن ثم بناء النموذج باستخدام الاجراءات الخاصة ببناء النموذج من حيث التشخيص والتقدير للوصول الى صيغة لاختيار النموذج من خلال المعايير الشائعة مثل معيار اكايكي للمعلومات AIC والمعايير الاخرى.

ان تحليل السلاسل الزمنية احادية المتغيرات Time Series Univariate تكون ذات فائدة لتمثيل العلاقة لبيانات السلسلة الزمنية ولكن لاياخذ بنظر الاعتبار العوامل الاخرى او الظواهر التي تؤثر في الظاهرة بشكل آخر .

وقام الكثير من الباحثين الاحصائيين بدراسة وتحليل السلاسل الزمنية، منهم الباحثان Box و Jenkins اذ انهما قدما دراسة موسعة وتفصيلية لنماذج السلاسل الزمنية اللاموسمية والموسمية ومراحل بناء هذه النماذج.

قسم البحث الى جانبين ، تناول الاول الاسس النظرية لنماذج Box– Jenkins ومراحل بناء النموذج، في حين تناول الثاني الجانب التطبيقي اذ تم تطبيق النموذج في ضوء البيانات الخاصة بالمعدلات الشهرية للمبيعات واستخدامها في حساب التنبؤات .

منهجية البحث:

هدف البحث : يهدف هذا البحث إلى اعتماد نموذج من نماذج بوكس –جنكنز لغرض التنبؤ بالمبيعات في معمل سمنت كركوك.

مشكلة البحث : تتركز مشكلة البحث في الإجابة على التساؤل الآتي:

هل يحقق اعتماد النماذج الرياضية في معمل سمنت كركوك دقة أكثر لتنبؤات الإدارة لأرقام مبيعاتها؟

أهمية البحث : تتمثل أهمية البحث في كونه يساهم في تقدير أرقام المبيعات في المنشآت وبالتالي في التخطيط السليم لمجمل أنشطتها.

فرضية البحث : يستند البحث إلى فرضية أساسية هي إن استخدام الطرق الإحصائية يعزز من قدرة الإدارة على ألتنبؤ بأرقام مبيعاتها بشكل أكثر دقة.

أولا –الجانب النظري

السلسلة الزمنية :وهي مجموعة القراءات أو البيانات التي تأخذها ظاهرة ما عند فترات زمنية متعاقبة غالبا ما تكون متساوية .وتختلف هذه الفترات حسب طبيعة الظاهرة قد تكون يومية او أسبوعية او شهرية او سنوية .

وان اية سلسلة زمنية تحتوي على متغيرين احدهما مستقل وهو الزمن (t) والآخر التابع وهي قيمة الظاهرة (Zt) ويسمى التمثيل البياني للسلسلة بالمنحني التاريخي للسلسلة الزمنية (.كموجه ،:2001,انترنت).

1-1 تصنيف السلاسل الزمنية Types of time series

هنالك عدة أصناف للسلاسل الزمنية نذكر منها:

اولا -السلاسل الزمنية المستقرة Stationary time series

لتقدير أية سلسلة زمنية يتم التحقق من استقرارية البيانات التي تسهل عملية التنبؤ للمستقبل . (Cryer,1986: 20)، فالسلسلة الزمنية تكون مستقرة إذا كانت في موازنة إحصائية أي إن السلسلة الزمنية تمتلك وسطا حسابيا مع تباين ثابتين مع استمرار الزمن.

وكذلك تكون السلسلة الزمنية مستقرة عند عدم ظهور أي اتجاه عام وتذبذبات مختلفة في شكل السلسلة (Box- Jenkins,1976:22). ويمكن تقسيم السلاسل الزمنية المستقرة الى نوعين هما:

أ -سلاسل زمنية ذات استقرارية تامة Strictly Stationary Time series

اذا كانت دالة التوزيع للمتغيرات العشوائية لاتتغير مع الزمن، وبعبارة اخرى ان التوزيع الاحتمالي المشترك لقيم السلسلة الزمنية تعتمد على الازاحة بين قيم السلسلة ولا تعتمد على القيم الحقيقية لها، أي ان $Zt_1, Zt_2, \ldots\ldots\ldots, Zt_n = Zt_1+k, Zt_2+k, \ldots\ldots\ldots, Zt_n+k$

وتكون السلسلة الزمنية تامة الاستقرارية اذا تحققت فيها الشروط الآتية:

- قيمة المتوسط (Mean) او القيمة المتوقعة الثابتة أي إنها لا تعتمد على الزمن

$$E(Zt) = \mu$$

- ان يكون التباين (Variance) ثابت لا يعتمد على الزمن

$$E\{(Zt - \mu)^2 \} = \sigma^2$$

$$Var(Z t) = \sigma^2$$

- التغاير الذاتي (Auto covariance) يعتمد على الازاحة (K) بغض النظر عن قيمة (t)أي ان:
-

$$\gamma(k) = E \{(Zt - \mu)^2\} = cov (Zt, Zt+k)$$

$$\gamma(k) = E \{(Zt - \mu) (Zt+k - \mu)\} , k = 0,1, 2,\ldots$$

حيث ان .:

μ: يمثل الوسط الحسابي

K: يمثل الفترات المزاحة (Lags Time)

ب –السلاسل الزمنية ضعيفة الاستقرارية Weakly Stationary Time Series

ان السلسلة الزمنية تكون ذات استقرارية ضعيفة او ذات استقرارية من الدرجة الثانية Second Order Stationary اذا كان الوسط لها ثابتا ودالة التغاير الذاتي Auto Covariance Function تعتمد فقط على الازاحة (K) ولهذا فان (Chatfield,1984:25):

القيمة المتوقعة Zt ثابتة:

E(Zt) = μ

- دالة التغاير الذاتي تعتمد على الازاحة (K)

Cov{Z(t), Z(t+k) } = zk

ويمكن معرفة الاستقرارية من خلال الرسم البياني للمشاهدات وكذلك يمكننا التحقق من استقرارية السلسلة الزمنية عن طريق استخدام دوال الارتباطات الذاتية (Auto Correlation Functions) من خلال اخذ قيم معاملات الارتباط الذاتي فاذا كانت السلسلة مستقرة فان قيم معاملات الارتباط الذاتي تقترب من الصفر بعد الازاحة (Lag) الثانية او الثالثة، اما اذا كانت السلسلة غير مستقرة فانها تقترب من الصفر في عدد كبير من الازاحات (Lags) قد تصل الى السابعة او الثامنة وقد لا تقترب من الصفر.

ثانيا–السلسلة العشوائية)التشويش الأبيض $\{a_t\}$ White Noise Series (هي عبارة عن سلسلة من المشاهدات العشوائية غير المترابطة) واحيانا نفترض انها سلسلة من المتغيرات العشوائية التي تكون مستقلة ولها توزيعات متطابقة Independent, Identically Distributed (IID) بمتوسط صفري وتباين ثابت σ^2 أي:

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

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

ويرمز لها بالرمز

$$a_t : WN(0, \sigma^2)$$

دالة التغاير الذاتي Auto covariance Function وتعرف كالآتي:

$$\begin{aligned} \gamma_{t,s} &= \operatorname{cov}(Z_t, Z_s), \forall t, \forall s \\ &= E\left[(Z_t - \mu)(Z_s - \mu)\right], \forall t, \forall s \end{aligned}$$

وإذا عرفنا التخلف k *علي انه الفترة الزمنية التي تفصل بين* Z_t *وبين* Z_{t-k} *أو* Z_{t+k} *فإن دالة التغاير الذاتي تعطى بالعلاقة:*

$$\begin{aligned}\gamma_k &= \operatorname{cov}\left(Z_t, Z_{t-k}\right), \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots \\ &= E\left[\left(Z_t - \mu\right)\left(Z_{t-k} - \mu\right)\right], \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots\end{aligned}$$

ملاحظة :سوف نستخدم التعريف الثاني دائما

ثالثا –دالة الارتباط الذاتي (Autocorrelation Function (ACF وتعرف كالاتي:

ان دالة الارتباط الذاتي هو المقياس الذي يقيس العلاقة بين السلسلة ذاتها ولفترات زمنية مختلفة وتعد من المقاييس التي تستخدم في تحليل السلسلة الزمنية وتكون بالصيغة الآتية :(بري، ٢٠٠٢ :٢٠)

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0}, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots$$

ولها الخواص الآتية:

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

رابعا –دالة الارتباط الذاتي للعينة Sample Autocorrelation Function SACF لمشاهدات السلسلة الزمنية $z_1, z_2, \ldots, z_{n-1}, z_n$ *ويرمز لها بالرمز* $r_k,\ k = 0,1,2,\ldots$ *وتعطى بالعلاقة:*

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k}\left(z_t - \bar{z}\right)\left(z_{t+k} - \bar{z}\right)}{\sum_{t=1}^{n}\left(z_t - \bar{z}\right)^2}, \quad k = 0,1,2,\ldots$$

حيث أن

$$\bar{z} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} z_t$$

وهي مُقدِّر Estimator لدالة الارتباط الذاتي أي $\hat{\rho}_k = r_k, \quad k = 0,1,2,\ldots$ وبما انها مُقدِّر فهي إذن تتغير عشوائيا من عينة لأخرى ولهذا فإن لها الخواص العينية الآتية:

إذا كانت $\rho_k = 0, \quad k > q$ فإن

$$V\left(r_k\right) \cong \frac{1}{n}\left(1 + 2\sum_{k=1}^{q}\rho_k^2\right), \quad k > q$$

وفي الحالة الخاصة عندما $\rho_k = 0, \quad k > 0$ فإن :

$$V(r_k) \cong \frac{1}{n}, \quad k > 0$$

- لقيم n الكبيرة و $\rho_k = 0$ فإن r_k يكون لها تقريبا توزيع طبيعي وبالتالي نستطيع القيام بالاختبار الآتي:

$$H_0 : \rho_k = 0$$
$$H_1 : \rho_k \neq 0$$

وذلك باستخدام المعادلة الإحصائية :

$$\frac{|r_k|}{n^{-\frac{1}{2}}} = \sqrt{n}\,|r_k|$$

وذلك عند مستوى معنوية $\alpha = 0.05$ وترفض H_0 إذا كانت $\sqrt{n}\,|r_k| > 1.96$

- تحت الفرضية $H_0 : \rho_k = 0, \forall k$ فإن $corr(r_k, r_{k-s}) \cong 0, s \neq 0$
- تُقدَّر التباينات لدالة الارتباط الذاتي للعينة كالآتي:

$$\hat{V}(r_k) \cong \frac{1}{n}\left(1 + 2\sum_{k=1}^{q} r_k^2\right), \quad k > q$$

خامسا –دالة الارتباط الذاتي الجزئي للعينة Sample Partial Autocorrelation Function (SPACF) لمشاهدات السلسلة الزمنية $z_1, z_2, \ldots, z_{n-1}, z_n$ *ويرمز لها بالرمز* $r_{kk},\ k = 0,1,2,\ldots$ *تعطى بالعلاقة* (Chan,2002:23) :

$$r_{kk} = \begin{cases} 1, & k = 0 \\ r_1, & k = 1 \\ \dfrac{\begin{vmatrix} 1 & r_1 & \cdots & r_{k-2} & r_1 \\ r_1 & 1 & \cdots & r_{k-3} & r_2 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ r_{k-1} & r_{k-2} & \cdots & r_1 & r_k \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & r_1 & \cdots & r_{k-2} & r_{k-1} \\ r_1 & 1 & \cdots & r_{k-3} & r_{k-2} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ r_{k-1} & r_{k-2} & \cdots & r_1 & 1 \end{vmatrix}}, & k = 2,3,\ldots \end{cases}$$

ولحساب r_{kk} تكراريا من العلاقات

$$r_{00} = 1, \quad \text{by definition}$$
$$r_{11} = r_1$$
$$r_{kk} = \frac{r_k - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_{k-j}}{1 - \sum_{j=1}^{k-1} r_{k-1,j} r_j}, \quad k = 2,3,...$$

حيث

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

وهي ايضا مقدَّر Estimator لدالة الارتباط الذاتي الجزئي للعينة أي $\hat{\phi}_{kk} = r_{kk}, \quad k = 0,1,2,...$

وبما انها مُقدِّر فهي إذن تتغير عشوائيا من عينة لاخرى ولهذا فإن لها الخواص العينية الآتية:

١-

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

٢- لقيم n الكبيرة فإن r_{kk} يكون لها تقريبا توزيع طبيعي وبالتالي نستطيع القيام بالاختبار التالي:

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

وذلك باستخدام الإحصائية :

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

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

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

٤- تُقدّر التباينات لدالة الارتباط الذاتي للعينة كالآتي:

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

٣- نماذج Box– Jenkins للتنبؤ :

إن نماذج Box– Jenkins تستخدم في تحليل السلاسل الزمنية في مجال الزمن، وتنقسم الى قسمين : (Box–Jinkins,1976:15)

اولا –النماذج الموسمية Seasonal Models وسوف لن ندخل في تفاصيلها لاعتماد النماذج من النوع الثاني.

ثانيا –النماذج اللاموسمية Non – seasonal Models

النماذج اللاموسمية : وتستخدم لتمثيل نوعين من السلاسل ، المستقرة وغير المستقرة، ومن هذه النماذج (جميل, 26 : 2007):

- نموذج الانحدار الذاتي :ويكتب بالشكل الآتي:

$$Z_t = Ø_1 Z_{t-1} + Ø_2 Z_{t-2} + \ldots\ldots. + Ø_\rho Z_{t-\rho} + a_t$$

$$Z_t = \sum_{j=1}^{\infty} \phi_j z_{t-j} + a_t$$

$J = 1, 2, \ldots, p$

حيث ان:

$Ø_j$: تمثل معلمات النموذج

a_t : الخط العشوائي

$j = 1,2,\ldots\ldots,p$ تمثل رتبة النموذج

وتسمى هذه المعادلة بنموذج الانحدار الذاتي العام من الرتبة (p) ويرمز له AR(p) وان قيم المتغير الحالي تعتمد على قيمته السابقة. وإذا كانت العملية مستقرة فان :

$E(Zt) = 0$

و إن معامل التغاير الذاتي هو

$$\gamma(k) = E(z_t, z_{t+k}) = \begin{cases} \sum_{j=1}^{\infty} \phi_j \, |k-j| + \sigma^2{}_a, k = 0 \\ \sum_{j=1}^{\infty} \phi_j \, |k-j|, k \geq 1 \end{cases}$$

وإن $\rho_{(k)}<\infty$ وإن دالة الارتباط الذاتي (ACF) للانحدار الذاتي هي:

$$\rho(k)=\frac{\gamma(k)}{\gamma(0)}$$

$$=\sum_{j=1}^{\infty}\phi_j\rho(|k-j|),k\geq 1$$

- نموذج الاوساط المتحركة : وصيغته كالآتي:

$$Z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \theta_3 a_{t-3} - \ldots - \theta_q a_{t-q}$$

$$Z_t = a_t-\sum_{j=1}^{\infty}\theta_j a_{t-j}$$

- نموذج (الانحدار الذاتي – الاوساط المتحركة المختلط) ARMA(p,q) :

(The Auto regressive Moving Average Mixed Model)

ويكتب بالصيغة الآتية :

$$Z_t=\phi_1 Z_{t-1}-\phi_2 Z_{t-2}+\ldots+\phi_p Z_{t-p}+a_t-\theta_1 a_{t-1}-\theta_2 a_{t-2}-\ldots\ldots-\theta_q a_{t-q}$$

ومن النماذج التي يمكن الاعتماد عليها في هذه الدراسة هي نماذج بوكس –جنكنز بعدها الاكثر شيوعا اذ انها تحتل حيزا كبيرا في ايجاد التوقعات المستقبلية، لذلك فان هذه النماذج وطرق تقدير معلماتها تعد من اهم المستلزمات التي تم الاعتماد عليها في بناء النموذج التنبؤي، وهي تلعب دورا مهما في تحديد النموذج المفضل الذي يتم التوصل اليه) .(محمد، 156: 2010)

٤- نماذج الإنحدار الذاتي- التكاملي- المتوسط المتحرك من الدرجة- (p,d,q) Autoregressive Integrated–Moving Average Models ARIMA(p,d,q)

يمكن نمذجة السلسلة المستقرة $w_t=\nabla^d z_t$ على شكل نموذج أنحدار ذاتي-متوسط متحرك من الدرجة (p,q) كالتالي : (بري، 52: 2002)

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

أو

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

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

ومن نماذج الإنحدار الذاتي–التكاملي–المتوسط المتحرك من الدرجة (p,d,q) نذكر:

اولا :نموذج الإنحدار الذاتي–التكاملي من الدرجة $(1,1)$ أو: ARI$(1,1)$= ARIMA$(1,1,0)$

ويكتب على الشكل

$$\phi_1(B)(1-B)z_t = \delta + \theta_0(B)a_t, \quad a_t : WN(0,\sigma^2)$$
$$(1-\phi_1 B)(1-B)z_t = \delta + a_t$$
$$\left\{1-(\phi_1+1)B+\phi_1 B^2\right\}z_t = \delta + a_t$$

أي

$$z_t = \delta + (\phi_1+1)z_{t-1} - \phi_1 z_{t-2} + a_t, \quad a_t : WN(0,\sigma^2), \quad |\phi_1|<1$$

ثانيا :نموذج التكاملي–المتوسط المتحرك من الدرجة $(1,1)$ أو: IMA $(1,1)$ = ARIMA $(0,1,1)$

ويكتب على الشكل الآتي:

$$\phi_0(B)(1-B)z_t = \delta + \theta_1(B)a_t, \quad a_t : WN(0,\sigma^2)$$
$$(1-B)z_t = \delta + (1-\theta_1 B)a_t, \quad a_t : WN(0,\sigma^2), \quad |\theta_1|<1$$
$$z_t - z_{t-1} = \delta + a_t - \theta_1 a_t, \quad a_t : WN(0,\sigma^2), \quad |\theta_1|<1$$

أي

$$z_t = \delta + z_{t-1} + a_t - \theta_1 a_t, \quad a_t : WN(0,\sigma^2), \quad |\theta_1|<1$$

حيث يسمى النموذج بالنموذج المختلط MIXED ARIMA ذات الرتبة (p,d,q)، وان عدم الاستقرارية في السلسلة يتم بأخذ عدد من الفروق (d) لتحويلها الى سلسلة مستقرة وان قيمة (d) قد تأخذ القيم $(0,1)$ أو على الاكثر (Box – Jenkins, 1976: 36) .

التنبؤ Forecasting :

ان إحدى الأهداف الأساسية لبناء نماذج السلسلة الزمنية هي إمكانية التنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة (Shumway&David,2006:33).

وكذلك تصف إحدى الأهداف الأساسية لتحليل السلسلة الزمنية وذلك التنبؤ بالقيم المستقبلية $\hat{Z}_{t+\ell}$ للسلسلة حيث ان (t) هي عدد المشاهدات وان $\ell=1,2,\ldots$

وان التنبؤ يستخدم أحسن نموذج ملائم للسلسلة الزمنية تحت الدراسة إذا كان لها اقل تباين للخطأ $SE_{t+\ell}$ ويجب حساب الصيغة $SE_{t+\ell}$ وباستخدامه يمكن حساب $100\%(1-\alpha)$ التي هي فترة التنبؤ للقيمة الجديدة $Z_{t+\ell}$.

اذا كانت السلسلة $Z_t, Z_{t-1}, \ldots, Z_1$ للفترة (t)فإننا نستخدم التنبؤ للقيمة $Z_{t+\ell}$

حيث ان :

ℓ : تمثل الزمن المستقبلي (Lead time).

t : تمثل الزمن الأصلي (Origin time).

وان التنبؤ الأمثل عند اخذ التوقع الشرطي إلى $Z_{t+\ell}$ هو (Cryer,1986:28) :

$$\hat{Z}_t(\ell)=E(Z_{t+\ell}/Z_t,Z_{t-1},\ldots,Z_1)$$

وان اغلب نتائج التنبؤ استنتجت من النظرية العامة للتخمين الخطي الذي نشر من قبل Wieneter (1941 , 1939), Kalman (1949), Yaglom (1960), Kolmogorov Whittle (1962) (1983).(Makridakis,et al,1998:50)

مراحل بناء النموذج الملائم حسب طريقة بوكس – جنكيز:

هناك عدة مراحل لبناء أي نموذج من نماذج بوكس –جنكيز للتنبؤ لتمثيل سلسلة زمنية مس تقرة وتشمل الآتي : (جميل،2007:40)

المرحلة الاولى :التشخيص Identification Phase :

ان المرحلة الاكثر أهمية في بناء النموذج هي مرحلة التشخيص وهي تعتمد على سلا سل البيانات المعطاة في الدراسة، ان الخطوة الاولى في مرحلة التشخيص هي رسم البيانات للسلسلة الزمنية وذلك لفحص وجود الاتجاه ، الموسمية، القيم الشاذة، التباين غير الثابت والظواهر الاخرى غير المستقرة .

اما في الخطوة الثانية فيتم حساب دالة الارتباط الذاتي للعينة (SACF) ودالة الارتباط الذاتي الجزئي (SPACF)، اذا كانت السلسلة مستقرة في الخطوة الاولى فان دالة الارتباط الذاتي للعينة ودالة الارتباط الذاتي الجزئي للعينة في الخطوة الثانية هي نفسها ، وفي الخطوة الثالثة يتم تحديد رتبة النموذ ج من خلال دالتي الارتباط الذاتي ACF ,والارتباط الذاتي الجزئي PACF, ولكن عند مطابقة معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للسلسلة الاصلية مع السلوك النظري فهذا لا يؤدي الى الخطوة النهائية في تحديد النموذج ورتبته فقد نواجه بعض الصعوبات في تحديد النموذج ورتبته عندما لا تسلك هذه المعاملات السلوك النظري وهذا يؤدي الى ظهور أكثر من نموذج لكي تمثل السلسلة الزمنية مما يؤدي الى اختيار عدة نماذج من قبل الباحث ويختار النموذج الملائم ليلائم بياناته التي يحددها.

والجدول ادناه يبين الخصائص النظرية لدالة ACF و PACF للسلاسل المستقرة .

جدول رقم (1) الخصائص النظرية لدالة ACF و PACF للسلاسل المستقرة

العملية	(ACF)	(PACF)
AR(P)	يتلاشى أسياً	ينقطع بعد الازاحة p
MA(q)	ينقطع بعد الازاحة q	يتلاشى أسياً
ARMA(q,p)	يتلاشى بعد الازاحة (q-p)	يتلاشى بعد الازاحة (q-p)

Source: (Wei,1990:40)

المرحلة الثانية :تقدير المعلمات Parameters Estimations :

المرحلة الثانية هي مرحلة تقدير معلمات النموذج وان هذه المرحلة تشمل التقدير والتدقيق التشخيصي (التحقق من النموذج) وكذلك اختيار النموذج (Cryer,1986:30)

التقدير Estimation :

بعد ان يحدد النموذج وتحدد درجته يتم تقدير معالماته ، وهناك عدة طرق تستخدم في التقدير، اهمها : طريقة الامكان الاعظم Maximum likelihood Method (ابراهيم:2001,انترنيت) وهنالك من يضيف طرقا اخرى منها معادلات Yule– Walker وطريقة المربعات الصغرى وطريقة التقدير غير الخطية (محمد،2010:219).

ب –اختبار النماذج الملائمة Fitting Model Test :

بعد تقدير معلمات النموذج والتحقق من النموذج يحدد النموذج الملائم لتم ثيل بيانات السلسلة الزمنية بدقة، وهو يعتمد على سلوك دالة الارتباط الذاتي ACF، ودالة الارتباط الذاتي الجزئي PACF لكل سلسلة زمنية بعد تحقيق الاستقرارية في هذه السلاسل (Wei,1990:41) .

وكذلك يمكن الاعتماد عليها في تحديد رتبة النموذج ولكن في بعض الأحيان لا تسلك هذه المعاملات السلوك النظري أي أنها لا تظهر أي نموذج محدد أو تظهر أحيانا أكثر من نموذج . وهناك أسلوب أخر لاستخدامه فيتحديد النموذج وهو معيار متوسط مربعات الخطأ (MSE) الذي تكون صيغته كما يلي : (جميل، 40 :2007)

حيث أن:

Xi : القيمة الحقيقية

FI : القيمة التنبؤية

N : عدد المشاهدات

***التحقق من النموذج* Model Checking :**

بعد مرحلة تشخيص النموذج وتقدير معلماته تاتي الخطوة التالية وهي اجراء تدقيق لمدى ملائمة رتبة ومطابقة النموذج التجريبي للغرض والتحقيق في محاولة لايجاد النموذج الجيد والملائم وان النموذج المتحقق الاكثر فائدة يتحقق من خلال معيار معلومات اكايكي Akaike Information Criterion (Hamilton, 1994:22)

في عام 1974 – 1973 اقترح Akaike معيار معلوماتي سمي باسمه و يرمز له AIC وهو معيار يستخدم لتشخيص النموذج الملائم الإحصائي لـ M من المعلمات الملائمة للبيانات وتعرف كالاتي (جميل،2007:44)

$$AIC = nLn\sigma_a^2 + 2M$$

حيث ان :

: M *عدد المعلمات في النموذج*

ان رتبة النموذج المثلى نختار بقيمة M التي هي دالة ل p,q لذلك فان النموذج الأفضل هو النموذج الذي يعطي اقل قيمة إلى M.

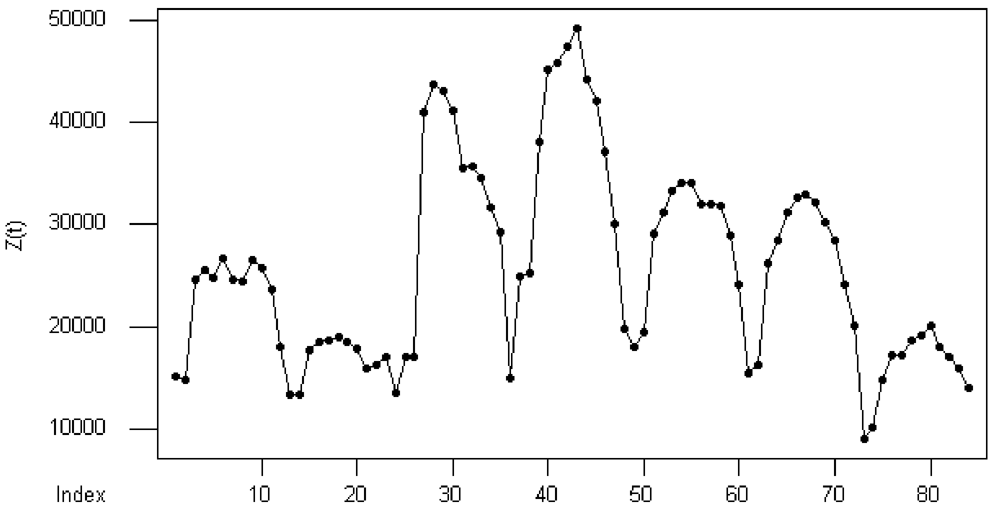
الجانب التطبيقي

تم في هـ ذا المبحث التطبيق العملي لنماذج Box – Jenkins الخاص بتحليل البيانات لمعدل المبيعات الشهرية في معمل سمنت كركوك للمدة 2009 – 2003 لغرض التوصل الى النموذج الملائم لاستخدامه للتنبؤ بمعدل المبيعات الشهرية والسنوية لغاية سنة 2013، وقد تم استخدام البرنامج الجاهز Minitab وكالآتي:

المرحلة الاولى : وقد تم فيها الآتي:

الخطوة الاولى : تم رسم السلسلة الزمنية فظهرت كما في الشكل رقم .(1)

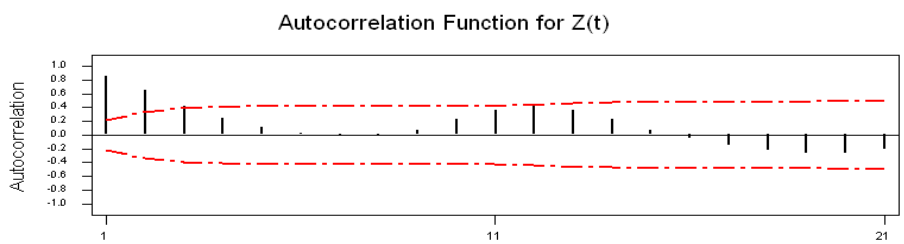
الشكل ادناه يوضح المخطط الزمني للسلسلة



شكل رقم (1) الرسم البياني للسلسلة الأصلية للمبيعات

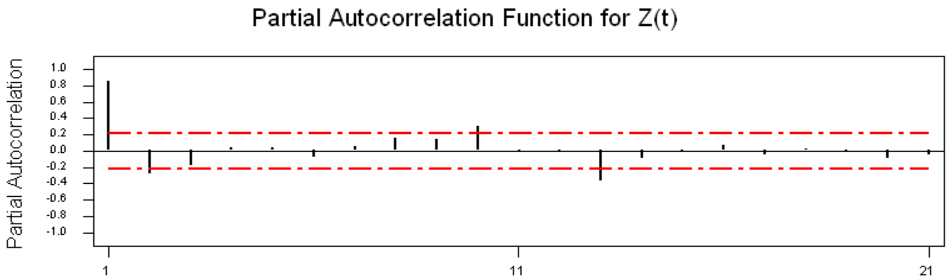
يلاحظ من الشكل السابق ان السلسلة غير مستقرة الى حد ما .

بعد ذلك يرسم الترابط الذاتي ACF والترابط الذاتي الجزئي PACF وكالآتي :



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.85	7.79	62.87	8	-0.00	-0.02	121.63	15	0.07	0.28	176.00
2	0.65	3.78	99.54	9	0.07	0.33	122.11	16	-0.05	-0.23	176.32
3	0.42	2.12	115.18	10	0.22	1.05	126.99	17	-0.15	-0.64	178.87
4	0.24	1.15	120.32	11	0.35	1.63	139.13	18	-0.22	-0.93	184.34
5	0.12	0.55	121.54	12	0.43	1.93	157.53	19	-0.27	-1.09	192.27
6	0.02	0.11	121.59	13	0.36	1.55	170.54	20	-0.27	-1.07	200.27
7	-0.02	-0.10	121.63	14	0.22	0.93	175.53	21	-0.22	-0.86	205.67

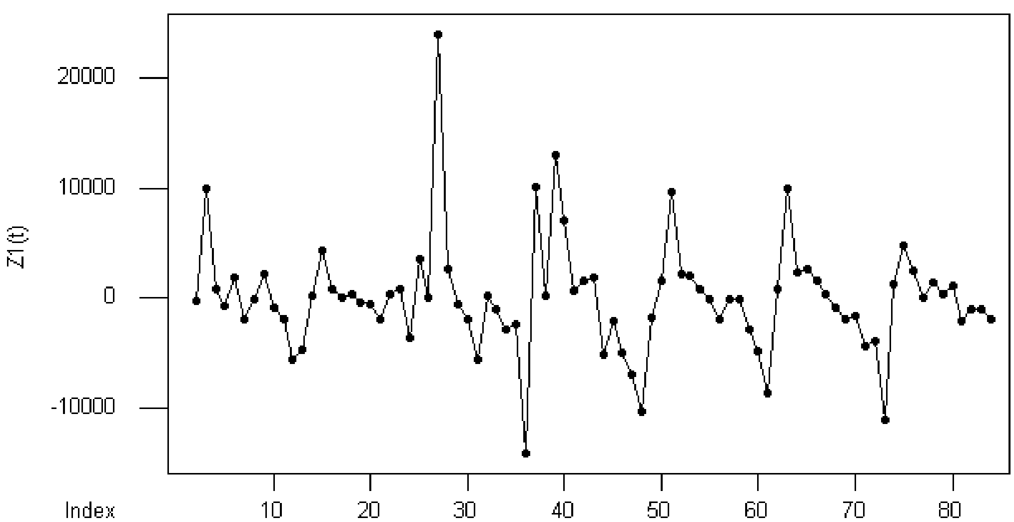
شكل رقم (2) سلوك دالة الارتباط الذاتي ACF



Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.85	7.79	8	0.15	1.40	15	-0.02	-0.14
2	-0.28	-2.55	9	0.14	1.24	16	0.07	0.61
3	-0.18	-1.64	10	0.30	2.72	17	-0.05	-0.50
4	0.04	0.39	11	-0.03	-0.26	18	0.03	0.26
5	0.03	0.28	12	-0.02	-0.15	19	-0.01	-0.13
6	-0.08	-0.72	13	-0.37	-3.40	20	-0.09	-0.85
7	0.05	0.44	14	-0.09	-0.80	21	-0.05	-0.42

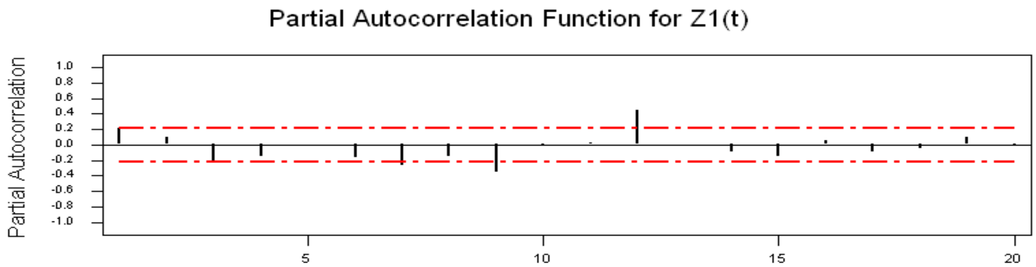
شكل رقم (3)سلوك دالة الارتباط الذاتي الجزئي PACF

الخطوة الثانية : تحقيق الاستقرارية من خلال رسم معاملات الارتباط الذاتي ACF ومعاملات الارتباط الذاتي الجزئي PACF كما في الشكل رقم (2) اذ تبين من خلال الرسم ان قيم معاملات الارتباط الذاتي لا تقع ضمن حد ود الثقة المسموحة وبمستوى الثقة . 95% مما يدل على عدم الاس تقرارية، نقوم باخذ الفرق الاول $w_t z_t$= للبيانات الأصلية و ترسم كالآتي :



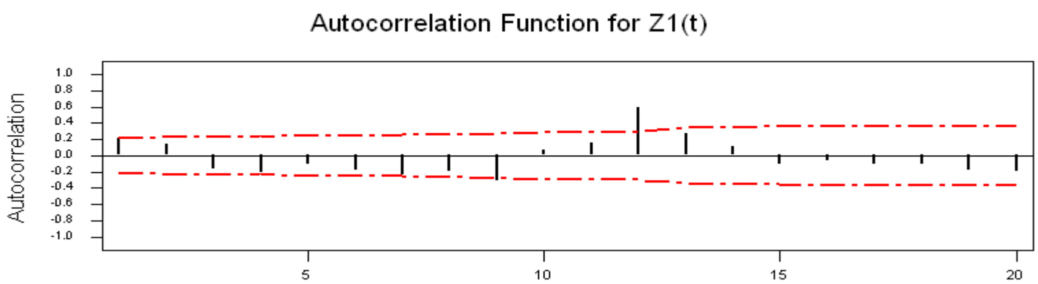
شكل رقم (4)الرسم البياني للسلسلة الزمنية للمبيعات بعد اخذ الفرق الاول

من خلال الشكل (3) يلاحظ بان السلسلة الزمنية للمبيعات تبدو مستقرة الى حد ما ودوال الارتباط الذاتي (ACF) والارتباط الذاتي الجزئي (PACF) للسلسلة المستقرة توضح في الاشكال ادناه.



Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.21	1.94	8	-0.16	-1.43	15	-0.15	-1.37
2	0.10	0.87	9	-0.36	-3.24	16	0.05	0.45
3	-0.22	-2.01	10	-0.01	-0.05	17	-0.09	-0.82
4	-0.16	-1.43	11	0.01	0.14	18	-0.05	-0.46
5	0.01	0.07	12	0.45	4.10	19	0.09	0.82
6	-0.16	-1.50	13	0.01	0.13	20	-0.02	-0.19
7	-0.26	-2.41	14	-0.10	-0.89			

شكل رقم (5) سلوك دالة الارتباط الذاتي ACF بعد اخذ الفرق الاول



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.21	1.94	3.89	8	-0.20	-1.50	25.07	15	-0.11	-0.59	81.30
2	0.14	1.19	5.51	9	-0.31	-2.28	34.37	16	-0.07	-0.39	81.83
3	-0.16	-1.39	7.82	10	0.06	0.43	34.75	17	-0.10	-0.57	82.97
4	-0.20	-1.71	11.54	11	0.15	1.01	36.85	18	-0.10	-0.56	84.10
5	-0.11	-0.93	12.73	12	0.59	4.01	71.60	19	-0.18	-0.98	87.59
6	-0.19	-1.51	15.97	13	0.27	1.57	79.04	20	-0.20	-1.10	92.19
7	-0.24	-1.87	21.29	14	0.10	0.58	80.15				

شكل رقم (6) سلوك دالة الارتباط الذاتي الجزئي PACF بعد اخذ الفرق الاول

الخطوة الثالثة : اختيار النموذج المناسب من خلال استخدام معيار المعلومات الذاتي (AIC) كما هو موضح الجدول رقم (2) أدناه.

جدول رقم (2) المقارنة بين النماذج لاختيار أفضل نموذج

Models			MSE	m	ln	nln	2m		AIC
ARI(1,1)			24723829	2	17.02328	1429.955	4		1433.955
ARI(1,2)			24781200	3	17.0256	1430.15	6		1436.15
IMA(1,1)			24978777	2	17.03354	1430.817	4		1434.817
IMA(1,2)			23722566	3	16.98194	1426.483	6		1432.483
ARIMA(1,1,1)			24957875	3	17.0327	1430.747	6		1436.747
ARIMA(2,1,1)			24770099	4	17.02515	1430.112	8		1438.112
ARIMA(1,1,2)			23173477	4	16.95852	1424.516	8		1432.516
ARIMA(2,1,2)			21065655	5	16.86315	1416.505	10		1426.505

المصدر : من إعداد الباحثة بالاعتماد على بيانات المعمل

من خلال الجدول أعلاه وبالاعتماد على مقياس AIC، إن أفضل نموذج بين هذه النماذج هو نموذج ARIMA (2,1,2) لان قيمة AIC(m) = 1426.505

المرحلة الثانية : تم إيجاد القيم التنبؤية للبيانات بالاعتماد على النموذج **ARIMA(2,1,2)** فجاءت النتائج على الشكل الآتي:

جدول رقم (3) إيجاد القيم التنبؤية للبيانات بالاعتماد على النموذج ARIMA(2,1,2)

Upper	Lower	Forecast	Period	Years
12648.1	3650.4	21645.8	1	
11723.3	−1370.5	24817.2	2	
11480.3	−4494.3	27454.8	3	
11925.6	−5962.7	29813.8	4	
12916.1	−6116.0	31948.3	5	
14200.5	−5443.3	33844.3	6	2010
15480.3	−4473.7	35434.3	7	
16478.6	−3657.0	36614.2	8	
16997.8	−3302.5	37298.2	9	
16958.0	−3582.7	37498.6	10	
16405.3	−4558.0	37368.6	11	

15494.4	−6174.4	37163.2	12	
14446.8	−8241.4	37134.9	1	2011
13498.9	−10442.0	37439.8	2	
12849.3	−12412.9	38111.5	3	
12618.9	−13857.8	39095.5	4	
12829.1	−14636.1	40294.2	5	
13404.6	−14786.5	41595.7	6	
14196.1	−14492.1	42884.2	7	
15017.3	−14008.6	44043.2	8	
15688.3	−13590.3	44966.8	9	
16073.7	−13436.1	45583.5	10	
16109.3	−13666.0	45884.7	11	
15811.0	−14315.9	45938.0	12	
15266.1	−15339.9	45872.2	1	2012
14609.3	−16617.6	45836.1	2	
13990.5	−17972.4	45953.3	3	
13541.3	−19210.2	46292.7	4	
13347.6	−20168.3	46863.5	5	
13434.2	−20758.6	47627.0	6	
13763.3	−20986.9	48513.4	7	
14247.2	−20942.2	49436.6	8	
14770.6	−20765.2	50306.3	9	
15217.3	−20607.8	51042.3	10	
15495.7	−20598.5	51589.9	11	
15556.8	−20820.9	51934.6	12	
12648.1	−21303.4	52107.6	1	2013
11723.3	−22019.5	52178.8	2	
11480.3	−22895.4	52236.8	3	
11925.6	−23825.0	52364.4	4	
12916.1	−24693.1	52619.3	5	
14200.5	−25402.3	53024.2	6	

15480.3	-25896.1	53567.7	7	
16478.6	-26170.6	54211.2	8	
16997.8	-26271.8	54899.1	9	
16958.0	-26279.7	55569.5	10	
16405.3	-26286.4	56166.0	11	
15494.4	-26374.5	56648.0	12	

المصدر : من إعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المعمل

الاستنتاجات والتوصيات

من خلال ما سبق عرضه من دراسة تطبيقية لتحليل السلسلة الزمنية باستخدام نموذج Box – Jenkins لغرض التنبؤ بكمية المبيعات الشهرية لمعمل سمنت كركوك تم التوصل الى جملة من الاستنتاجات والتوصيات.

الاستنتاجات:

١ - ان البيانات الشهرية من كمية المبيعات بعد اخذ الفرق الاول هي بيانات مستقرة تقريبا.

٢ - لقد تم تشخيص النموذج المناسب والملائم للبيانات وتم التأكيد على أفضلية هذا النموذج ARIMA (2,1,2) بالاعتماد على معيار AIC إذ حصل النموذج المعتمد على اصغر قيمة.

٣ - من خلال النموذج المعتمد تم التقدير والتنبؤ بكمية مبيعات الاسمنت المستقبلية في معمل سمنت كركوك.

التوصيات:

١ - نوصي ونؤكد على الاهتمام بتسجيل البيانات بصورة دقيقة وبطريقة جيدة وصحيحة وخزنها في جهاز الحاسوب وإبداء التسهيلات والمساعدات الممكنة من اجل الاستفادة من هذه البيانات في إجراء أبحاث أخرى للاستفادة منها في المستقبل.

٢ - يجب التحسب مستقبلا لما سيطرأ من زيادة في الطلب على مادة الاسمنت وذلك لزيادة نسبة الحصة السوقية لمعمل سمنت كركوك لتلبية ذلك الطلب.

٣ - من الممكن تطبيق النموذج لغرض التنبؤ بكمية المبيعات اليومية في المعمل المذكور.

٤ - نوصي إدارة المعمل بضرورة تعزيز الكادر العامل في شعبة التخطيط في المعمل.

المصادر

١ –ابراهيم، بسام يونس، (2001)، "التنبؤ بدرجات الحرارة في ولاية الخرطوم باستخدام احد نماذج بوكس – جنكنز للسلاسل الزمنية" ، انترنيت.

٢ –بري، عدنان ماجد عبد الرحمن، (2002)، "طرق التنبؤ الاحصائي" ،جامعة الملك سعود.

٣ –جميل، رقية عبد القادر، (2007)، "التنبؤ بانتاج واستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة السليمانية باستخدام نماذج بوكس –جنكنز" .

٤ –كموجة، انتصار (2001) السلاسل الزمنية على الموقع www.arab.api.org/cours

٥ –محمد، منعم عزيز، (2010)، "نماذج بوكنز –جنكنز لتحليل السلاسل الزمنية".

6- Box- G. E. P & Jenkins, G.M.T.(1976), "Time series Analysis Forecasting and Control, San Francisco", Holden-day,USA.

7- Chan, NgaiHang(2002), "Time series Application to Finance", John Wiley & Sons, New Yourk.

8- Chatfield, C.(1984), "The Analysis of time series An Introduction", 3ed ,Chapman and Hall,London.

9- Cryer,Johnthan.D(1986) "Time series Analysis", R .R .Donnelley & Sons Com.USA.

10- Hamilton, James D.(1994), "Time Series Analysis", United Kingdom: Princeton University Press, Chi Chester, West Sussex.

11- Shumway, Robert H. , Stoffer David S.(2006), "Time Series Analysis & its applications with R examples", 2ed , Springer Science- Business, Media. LLC, USA.

12- Wie,W.W.S.(1990), "Time Series Analysis; Univariate& Multivariate Methods", Addision- Wesley Publishing Com.