التنبؤ الاقتصادي باستعمال نماذج ARIMA حالة أسعار الصرف (1970-2012) -الجزائر-

د. بختي فريد *

ملخص:

إن عملية الا سقاط المستقبلي هي طريقة من الطرق العلمية لإنتاجالقيم المستقبلية ومعرفة التطورات القادمة لمتغير اقتصادي،وهذا بالاعتماد على المتغيرات المستقلة أو بتحليل قيم المتغيرات المسجلة عبرا لزمن أي السلاسل الزمنية. و طرق التنبؤ متعددة ومتنوعة و من بين هذه الطرق نجد طريقة بوكس-جينكينز،هذهالطريقة جد هامة حيث أنها وضعت خصيصا لمعالجة السلاسل الزمنية المعقدة، وبصفة عامة في الحالات التي يكون فيها النموذج الابتدائي غير مطروح مسبقا. حيث تعتبر هذه الطريقة جد غنية ودقيقة من الناحية المنهجية وهي تعميم لتقنيات المتوسطة المتحركة. ومبدأ هذه الطريقة يعتمد على فكرة أن معظم السلاسل الزمنية يمكن اعتبارها متوسطات عرضية (Stochastique) ، ويمكن وصفها استنادا إلى نماذج مرجعية.

غير أنه يفترض في السلسلة الزمنية بأنها تحدث بنموذج عرضي (Processus-Stochastique) إلى جانب فعالية هاته الطريقة ودقة نتائجها نجدها تشترط: سلسة زمنية طويلة تحتوي على الأقل 50 مشاهدة. إلى جانب خبرة ومهارة الباحث فيما يخص عملية الكشف عن النموذج الدقيق جدا.

الاشكالية: ما مدى فعالية استخدام نماذج المتوسطات المتحركة-الانحدار الذاتي المتكاملة للتنبؤ بالظواهر الاقتصادية؟

الكلمات المفتاحية: طرقالتنبؤ، السلاسل الزمنية، الاستقرارية، طريقة بوكس-جينكينز، نماذج ARIMA.

Summary:

Future projection isscientificmethod to product futurevalues andknows the comingdevelopments of economic variable relying on free variables or analyzing values of recorded variable over time or « time series ». Forecastingmethods are variedand multiple

* أستاذ محاضر – أ – جامعة آكلي محند أولحاج - البويرة.

as «Box-Jenkins» methodwhichisvery important and developed to deal speciallywith «complicated time series».Generally in the case where « the primary model » is not exposedbefore, thismethod «methodologically» isrich and exact in the « movingaveragetechnics » and the principle of thisoperationrelied on the ideathat the majority of « time series » canbeconsidered « as mediumTransverse » and canbedevelopedaccording to referencemodals, but presumablyit happenin stochasticprocess. Besideseffectiveness end exactresultsitrequires long time seriescontaining 50 views in addition to skilled and practicedsearcher in detecting the exact models.

Problematic: How effective is the use of movingaverageand integratedautoregressive for economicforecast?

Keywords:forecastmethods, time series, Box-Jenkins method, ARIMAmodels.

مقدمة:

يعد موضوع دراسة وتحليل المتسلسلات الزمنية من المواضيع الإحصائية المهمة، والتي تتناول سلوك الظواهر، وتفسرها عبر فترات محددة (سنوية، سداسية، ثلاثية، ... إلخ). ويمكن عرض أهداف تحليل السلاسل الزمنية في الحصول على وصف دقيق للملامح الخاصة للعملية التي تتولد منها السلسلة الزمنية، وبناء نموذج لتفسير سلوكها واستخدام النتائج للتنبؤ بسلوك السلسلة في المستقبل، إضافة إلى التحكم في العملية التي تتولد منها السلسلة الزمنية بفحص ما يمكن حدوثه عند تغيير بعض معلمات النموذج[1]. ولتحقيق ذلك يتطلب الأمر دراسة تحليلية شاملة لنماذج السلاسل الزمنية بالاعتماد على الأساليب الإحصائية والرياضية.

وفي ظل هذا الطرح يمكننا طرح اشكالية هذا البحث والتي تتمثل في: **ما مدى فعالية استخدام نماذج المتوسطات المتحركة-الانحدار الذاتي المتكاملة للتنبؤ بالظواهر الاقتصادية؟**

والفرضية الاساسية التي تنطلق منها دراستنا هذه أن طريقة بوكس-جينكينز تمكننا من التنبؤ بأسعار الصرف وذلك على المدى القصير.

المطلب الأول: مفاهيم عامة وأساسية حول السلاسل الزمنية.

1 عبيد محمود محسين الزوبعي: "**طريقة مقترحة لتشخيص نماذج السلاسل الزمنية**"، المؤتمر الاحصائي العربي 1، الأردن، 12-13- نوفمبر 2007.

1-تعريف السلسلة الزمنية: يمكن تعريفها بأنها "متتالية المشاهدات المرقمة والمركبة عبر الزمن، حيث نرمز عادة لمتغير الدراسة بـ:(X) وللزمن بـ (t)، وهذه المشاهدات المتغيرة تدعى سلسلة زمنية"[1]. أو هي عبارة عن مجموعة من القياسات المأخوذة من متغير واحد، أو عدد من المتغيرات مرتبة وفقا لزمن حدوثها أي هي البيانات الإحصائية التي تجمع أو تسجل عن ظاهرة ما لفترات زمنية متتابعة محددة ومتساوية، ويمكن كتابة السلسلة الزمنية في الشكل التالي[2]: $(X_1, X_2 \ldots\ldots X_T)$ أو $\{X_t\}$, $t = 1, 2 \cdots T$

2-الصدمات العشوائية "BruitBlanc": هي عبارة عن متتالية عشوائية مستقلة عن بعضها البعض، أي غير مرتبطة ولها نفس التباين، ونرمز لها بالرمز(ε_t)، وتسمى أيضا بالشوشرة البيضاء ويمكن تلخيص خصائصها فيما يلي:

$$\forall t : *E(\varepsilon_t) = 0 * V(\varepsilon_t) = \delta^2 * COV(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-k}) = 0, \quad \forall k \in Z, \quad \varepsilon_t \sim BB(0, \delta^2)$$

3-السياق المستقر "ProcessusStationnaire": يمكن القول عن السياق(X_t)أنه سياقا مستقرا إذا كان تباينه ومتوسطه مستقل عن الزمن، ويعبر عنهذا رياضيا كما يلي:

$$* E(X_t) = \mu * V(X_t) < \infty * COV(X_t X_{t-h}) = V(h), \forall t, h \in T$$

4-دالة الارتباط الذاتية "FAC" (Fonctiond'autocorrélation): تسمح هذه الدالة بتوضيح وقياس الارتباط الزمني بين المتغير والقيم (X_{t-1} ، X_{t-2} ،...)، أي في فترات مختلفة ويرمز لها بالرمز $\rho(h)$.حيث:

$$\rho(h) = \frac{COV(X_t X_{t-h})}{\sqrt{V(X_t)V(X_{t-h})}} = \frac{\gamma(h)}{\sqrt{\gamma(0)}\sqrt{\gamma(0)}} = \frac{\gamma(h)}{\gamma(0)}$$

وتمثيلها البياني يدعى بـ: "Correlogramme".

5-دالة الارتباط الذاتي الجزئي (FACP):

"FonctionD'autocorrélationPartielle": تسمح هذه الدالة بحساب معاملات الارتباط الذاتي الجزئي بين المشاهدات في فترات مختلفة، كما تسمح أيضا من تشكيل نماذج الانحدار الذاتي. والتمثيل البياني لهذه الدالة يسمى بـ:"CorelogrammePartielle"، ويمكن أن نعرف هذه الدالة بالعلاقة الآتية:

1G. Gourigoux, Amonfort « **Série Temporelles Et Modèles Dynamique** » 2eme Ed ECONOMICA 1995, Paris, P 7.

2 J. H. Cockrane : « **Time Series For Macroeconomic and Finance**» Graduate School of BUSINESS, University Of Ckicago,1997, P 08.

$$r(h)=\frac{COV\left(X_t-X_t^*,X_{t-h}-X_{t-h}^*\right)}{\sum_{t=1}^{h}\left(X_t-\overline{X}\right)^2},h\geq 0$$

حيث:

$\left(X_t^*\right)$: الانحدار الخطي لـ: $\left(X_t\right)$ على: $X_{t-1},X_{t-2}......X_{t-h}$

$\left(X_{t-h}^*\right)$: الانحدار الخطي لـ$\left(X_{t-h}\right)$ على: $X_{t-1},X_{t-2}......X_{t-h+1}$

مع: $\varepsilon_t\sim N\left(0,\delta^2\right)$

6-دالة التباين المشترك الذاتي: "FonctionD'auto covariance": يمكن تعريف دالة التباين المشترك الذاتي والتي يرمز لها بالرمز $\gamma(h)$ أو بالرمز $\gamma(t.s)$ رياضيا كما يلي:

$$\gamma(t,s)=COV\left(X_t,X_s\right)$$

$$t.s\in Z^2\ \gamma(t,s)=\mathrm{E}\left[\left(X_t-M_t\right)\left(X_s-M_s\right)\right]$$

حيث: $M_t=\mathrm{E}\left(X_t\right)$ ، $M_s=\mathrm{E}\left(X_s\right)$

المطلب الثاني:النماذج الخطية للسلسلة الزمنية.

1-نماذج الانحدار الذاتي من الدرجة P :$AR(P)$: يطلق على كل نموذج غير مستقر نموذج انحدار ذاتي من الدرجة (P) ويكتب اختصارا$AR(P)$ ،ويمكن التعبير عنه بالعلاقة التالية:

$$X_t=\alpha+\phi_1X_{t-1}+\phi_2X_{t-2}+...+\phi_pX_{t-p}+\varepsilon_t$$

حيث:

α: عدد ثابت، ε_t: صدمات عشوائية، ϕ_i: معاملات حقيقية $\forall i=1,2,...,p$

نستطيع كتابة النموذج بشكل آخر وذلك باستعمال معامل التأخير حيث تصبح كالآتي:

$$\left(1-\phi_1B-\phi_2B^2-...-\phi_pB^p\right)X_t=\alpha+\varepsilon_t \quad \text{أي:} \quad \phi_p(B)X_t=\varepsilon_t$$

مع:

- $\phi_p(B)$: كثير حدود مميز للنموذج X_t.
- النموذج X_t يكون مستقرا إذا كانت جذور $\phi_p(B)\neq 1$

1-1-دالة الارتباط الذاتي FACبالنسبة لـ: $AR(P)$: تتغير معاملات هذه الدالة باتجاه واحد، حيث أنها تنطلق من الواحد وتبقى في تناقص مستمر، غير أنها لا تنعدم بسرعة في حالة الاستقرار مما يصعب تحديد درجة الاستقرار ودرجة النموذج وهي تساعد على:

-الكشف على مدى وجود ارتباط بين المشاهدات من خلال حساب معاملات الارتباط الذاتي بين هذه المشاهدات في فترات مختلفة.

-تحديد مدى استقرارية السلسلة الزمنية ويتجلى ذلك في تلاشي المعاملات بسرعة قبل الدرجة h والتي تعادل N/4 مشاهدة.

2-1-دالة الارتباط الذاتي الجزئيFACP بالنسبة لـ: $AR(P)$ **:** في الحالة التي يصعب فيها معرفة النموذج $AR(P)$ بواسطة FAC نستعمل الدالة FACPوذلك من خلال معاملاتها التي تنعدم بعد الدرجة Pوالتي تتبع قانون التوزيع الطبيعي ولهذا يجب التأكد من انعدام هذه المعاملات عندما تكون (h>P).

2-نماذج المتوسطات المتحركة من الدرجة q **:** $MA(q)$ **:** نقول عن (X_t) أنه متوسط متحرك من الدرجة q إذا كان يكتب على النحو التالي:

$$X_t = \alpha + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + ...\theta_q \varepsilon_{t-q}$$

حيث: θ_i: معاملات حقيقية $(\theta_i \in R)$، ε_t: صدمات عشوائية،

α: عدد ثابت.

2-1-دالة الارتباط الذاتي FACبالنسبة لـ: $MA(q)$ **:**تتميز معاملات دالة الارتباط الذاتي بالنسبة لـ: $MA(q)$ بانعدامها مباشرة بعد الدرجة (q) فإذا كان النموذج $MA(1)$ فإن $\theta_2 = 0$ كما أنها تتبع قانون التوزيع الطبيعي ذو التباين $(1/n)\left(1 + 2\sum \delta_i^2\right)$ مهما تكن t>q.

2-2-دالة الارتباط الجزئي FACP بالنسبة لـ: $MA(q)$ **:** تعد دالة الارتباط الجزئية لنماذج المتوسطات المتحركة رتيبة تماما ومتناقصة بقوة لاتخاذها الجانب التنازلي.

نماذج $MA(q)$ مستقرة دوما لكونها عبارة عن ترتيبه خطية للصدمات العشوائية، تكون نماذج $MA(q)$ انعكاسية (Inversible) إذا كان مجموع جذور $\theta(B)$ أصغر من الواحد. حيث يمكننا كتابة X_t على شكل كثير حدود مميز وذلك بإدخال عامل التأخر (B) على النحو التالي: $X_t = \theta_p(B)\varepsilon_t$

3-نماذج مختلطة من الدرجة $p.q$ **:** $ARMA(p.q)$ **:**نقول عن (X_t) أنه سياق مختلط أو منحدر ذاتيا، متوسط متحرك من الدرجة $p.q$ إذا كان من الشكل:

$$X_t - \phi_1 X_{t-1} - \phi_2 X_{t-2} - ... - \phi_p X_{t-p} = \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - ... - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

حيث: ϕ_i: معاملات حقيقية. $i = 1,2,..., p$،

θ_j: معاملات حقيقية. $j = 1,2,..., q$، ε_t: صدمات عشوائية.

وبإدخال عامل التأخير (B) يمكن كتابة المعادلة السابقة كما يلي:

$$\left(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - ... - \phi_p B^p\right) X_t = \left(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - ... - \theta_q B^q\right)\varepsilon_t$$

واختصارا نكتب : $\phi_p(B) = \theta_q(B)\varepsilon_t$. ويكون النموذج $ARMA(p.q)$ مستقرا

إذا كان $AR(p)$ مستقر.

4-نماذج مختلطة مركبة من الدرجة $p.d.q$ **:** $ARIMA(p,d,q)$ **:** تسمى نماذج الانحدار المتوسط المتحرك المتكامل ويرمز لها بالرمز $ARIMA(p,d,q)$، وهو من النماذج المتجانسة غير المستقرة أو المختلطة المركبة من الدرجة d. ويكتب كما يلي:

$$\phi_p(B)(1-B)X_t = \phi(B)\varepsilon_t \cdot$$

حيث : d: هي درجة التفاضل. ومنه تكون السلسلة ΔX_t مستقرة.

المطلب الثالث: منهجية طريقة بوكس-جينكينز.

إن منهجية طريقة بوكس-جينكيز في تحليل السلاسل الزمنية توضح الإجابة الإحصائية المتعلقة باختيار النموذج الأفضل والأمثل للسلسلة الزمنية المدروسة، وطريقة بوكس-جينكيز تسمح بالحصول على التنبؤ الأكثر دقة.تعتبر البنية التحتية لهذه المنهجية معقدة، غير أنها ضرورية لاستعمال أحسن البرامج حتى تكون لنا القدرة على اختيار النموذج الموافق للمعطيات[1]. ولهذا بوكس وجينكيز اقترحا منهجية نظامية من أجل تشخيص، تقدير، اختبار النماذج وأخيرا القيام بعملية التنبؤ. هذه المراحل يمكن توضيحها كالتالي:

1-مرحلة التعرف على النموذج "Identification": هذه المرحلة يتم فيها التعرف وتشخيص النموذج الموافق لدراسة السلسلة وتحديد درجات التأخير (p,q) للمعادلة:

$$\left(1-\phi_1 B - ....\phi_p B^p\right)X_t = \left(1-\theta_1 B - ....\theta_q B^q\right)\varepsilon_t$$

من أجل تحديد هذا نقوم باستعمال "PartielleCorrelogramme" و"Correlogramme"، تحت الفرضية أن $\{X_t\}$ عبارة عن تحقيق لنموذج مستقر الذي أرجع مستقرا عن طريق عدة تحويلات متخصصة.

2-مرحلة التعرف على النموذج:تحديد واستخراج p,q يعتمد على دوال الارتباط الذاتي البسيطة والجزئية للسلسلة المستقرة. وهذا بمشاهدة الأعمدة الخارجة عن مجال الثقة.

3-مرحلة تقدير المعالم:إذا افترضنا أن دراسة للسلسلة الأصلية $(X_1, X_1, ..., X_n)$ تقودنا إلى سلسلة الفروقات $W = (W_1, W_1, ..., W_n)$ نعتبر أنها نتجت من النموذج $ARMA(p.q)$.

$$W_t = C + \phi_{t-1} + ...\phi_p W_{p-1} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - ... - \theta_q\varepsilon_{q-1}$$

حيث أن:

[1] Michel Tenenhaus: "**MéthodesStatistiqueEnGestion**", DUNOD, France 1994, P 285

C: تمثل قيمة ثابتة مرتبطة بالوسط الحسابي لـ: W_t كمايلي:

$$C = (1 - \phi_1 - .... - \phi_p)\mu$$

نفترض أن ε_t يتبع قانون التوزيع الطبيعي $N(0,\sigma^2)$.

الهدف من هذا هو تقدير المعالم

$\mu, \theta = (\theta_1....\theta_q), \phi = (\phi_1....\phi_p)$ و σ^2 بطريقة المربعات الصغرى العادية MCO المعروفة والتي تعتمد على مبدأ تصغير مجموع مربعات البواقي حيث أننا سنختار شعاع المعالم الذي يضمن لنا هذا التصغير أي: $MinS\ (\varphi,\theta) = \sum_{t=1}^{T} e_t^2$

4-مرحلة الاختبار: الهدف من هذه المرحلة هو التحقق من مدى توافق النموذج المختار في مرحلة التعرف والمقدر في مرحلة التقدير $ARIMA(p,d,q)$ مع المعطيات المتوفرة ومدى صحته.والاختبارات التي ستطبق على النموذج هي على ثلاثة أشكال:

1-4-دراسة معالم النماذج: حساب الإحصائية كخطوة أولى من أجل دراسة المعالم بعد تقديرها حيث أن B_j تمثل المعالم المقدرة ثم نقوم بمقارنة الإحصائية T مع العدد 2.

فإذا كانت $|t_j| \geq 2$ عند المستوى المعنوي $\alpha = 5\%$ نقول أن المعالم B_j معنويا تختلف عن الصفر.

2-4-مقارنة النماذج: نوعية أي نموذج يحتوي على K معلم مكون انطلاقا من سلسلة مستقرة ذات الطول n يمكن قياسها بمساعدة معيارين:

-معيار Akaike: (AIC: Akaike Information Criterion).

-معيار Schwartz: (BIC: Baysien Information Criterion)

مع العلم أن كل من المعيارين AIC وBIC يسمح بقياس قيمة النموذج كما يساعد في اختيار النموذج الذي يتميز بأصغر انحراف للبواقي.

3-4-دراسة البواقي: إن البواقي e_t معرفة كمايلي:

$$\hat{\delta}_t = \hat{\theta}(B)^{-1}\hat{\phi}(B)(1-B)^d X_t = X_t - \hat{X}_{t-1}$$

حيث أن: $\hat{X}_{t-1}$ تمثل $\hat{X}_t$ تنبؤ محققة في اللحظة $t-1$ في النموذج المقدر.

مع: $\varepsilon_t = \theta(B)^{-1}\varphi(B)(1-B)^d X_t$

ε_t متقاربة جدا، كما يمكننا التأكد من ε_t تشكل صدمات عشوائية عن طريق دراسة الارتباط الذاتي للبواقي $\rho_j(e_t)$.

-الاختبارات العامة على الارتباطات الذاتية للبواقي ε_t: يمكن أن نذكر اختبارين يسمحان باختبار النموذج المدروس وهما يستعملان بكثرة في الجانب التطبيقي، وهما:

أ-اختبار "Box-Pierce" أو اختبار "Portmanteau": إذا كان ε_t يشكل صدمات عشوائية فإن الإحصائية $Q = n\sum_{j=1}^{J} p_j^2\left(\hat{\delta}\right)$ تتبع تقريبا توزيع Khi-deux بدرجة حرية $(j-r)$، حيث r يمثل عدد المعالم (ϕ,θ) للنموذج، فإذا كانت $Q > \chi^2_{0.95}(J-R)$، فإننا نرفض فرضية انعدام المعالم، أي أن ε_t تمثل صدمات عشوائية.

ب-اختبار "Ljung-Box": نعرف هذه الإحصائية كمايلي:

$$\begin{cases} H_0 : r_1 = r_2 = r_3 = ... = r_j = 0 \\ H_1 : \exists i \ / r_i \neq 0 \end{cases}$$

إذا كانت ε_t تشكل صدمات عشوائية فإن الإحصائية Q تتبع تقريبا قانون Khi-Deux بدرجة حرية $(j-r)$ حيث أن قيمة الاختبار لـ: Ljung-Box أحسن مما عند Box-Pierce.[1]

5-عملية التنبؤ: بعد الحصول على النموذج النهائي من خلال المراحل الثلاث السابقة نمر إلى آخر عملية والتي تتمثل في حساب التنبؤ وتشكيل مجال الثقة التنبؤية، ليكن X_t نموذج مستقر يمكن كتابته على الشكل التالي:

$$\phi_p(B)x_t = \alpha + \theta_q(B)\varepsilon_t$$

حيث: ε_t تمثل صدمات عشوائية (BruitBlanc) ذات التباين. δ^2

ولأجل التنبؤ بقيم X_{t-h} بدلالة المشاهدات المسجلة قبل اللحظة $(X_t, X_{t-1},...)$t، بدلالة $(\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1},...)$، فإننا ننطلق من اللحظة المعرفة t ونحسب القيم التنبؤية على فترة زمنية مستقبلية h وبالتالي يمكن كتابة X_{t-h} كما يلي:

$$X_{t+h} = \varepsilon_{t+h} + \Psi_1\varepsilon_{t+h-1} + ... + \Psi_{h-1}\varepsilon_{t+1} + \Psi_h\varepsilon_t + \Psi_{h+1}\varepsilon_{t-1}.....$$

$$\hat{X}_t(h) = \psi_h\varepsilon_t + \psi_{h+1}\varepsilon_{t-1} + ...$$

أما الخطأ بالتنبؤ فيحسب بالعلاقة التالية:

$$e_t(h) = X_{t+h} - \hat{X}_t(h) = \varepsilon_{t+h} + \psi_1\varepsilon_{t+h-1} + ...\psi_{h-1}\varepsilon_{t+1}$$

أي: $\hat{e}_t(h) = \sum_{i=0}^{h=1} \psi_i\varepsilon_{t+h-i}$

وهكذا يمكن حساب تباين خطأ التنبؤ $\hat{e}_t(h)$ بسهولة عن طريق العلاقة:

$$VAR\left(\hat{e}_t(h)\right) = \delta^2\left(1 + \psi_1^2 + ... \psi_{h-1}^2\right)$$

أما إذا كان لدينا النموذج X_t فإننا يمكن أن نحسب التنبؤ انطلاقا من علاقة التعريف التالية:

$$V^d\phi_P(B)V_S^d\phi_p\left(B^S\right)X_t = \theta_q(B)\theta_q\left(B^S\right)\varepsilon_t$$

1 Michel Tenenhaus, Opcit, PP 307,309.

علما أن تباين خطأ التنبؤ لا يتغير أي أن:

$$VAR\left(e_t\left(h\right)\right)=\delta^2\left(1+\psi_1^2+........+\psi_{h-1}^2\right)=\delta^2\sum_{i=0}^{h-1}\psi_i^2$$

حيث أن:

$$\psi\left(B\right)=V^d\varphi_p\left(B\right)^{-1}V_S^d\varphi_p\left(B^S\right)^{-1}\theta_q\left(B\right)\theta_q\left(B^S\right)$$

الجانب التطبيقي

1-دراسة أولية للسلسلة محل الدراسة: السلسلة محل الدراسة تمثل في تغيرات أسعار الصرف (الدينار الجزائري بالنسبة للأورو) خلال الفترة 1970-2012.

السنوات	سعر الصرف (ER)	السنوات	سعر الصرف (ER)
1970	4,9371	**1994**	35,0552
1971	4,913	**1995**	47,6489
1972	4,481	**1996**	54,7472
1973	3,962	**1997**	57,6757
1974	4,181	**1998**	58,7351
1975	3,949	**1999**	66,5722
1976	4,164	**2000**	75,2569
1977	4,147	**2001**	77,26
1978	3,9659	**2002**	79,6829
1979	3,8531	**2003**	77,3947
1980	3,8375	**2004**	72,0603
1981	4,3158	**2005**	73,3596
1982	4,5921	**2006**	72,6466
1983	4,7885	**2007**	69,3757
1984	4,9835	**2008**	64,5828
1985	5,0279	**2009**	72.646
1986	4,7023	**2010**	74.385
1987	4,8375	**2011**	72,8537

1988	5,9144	**2012**	77,5519
1989	7,6084		
1990	8,9648		
1991	18,4672		
1992	21,8717		
1993	23,3503		

المصدر: الديوان الوطني للإحصائيات.

2-الاستقرارية: من خلال ملاحظتنا ال: "Correlogramme" لسلسلة أسعار الصرف (ER)، وسلسلة الفروقات من الدرجة الأولى لأسعار الصرف (DER)، تظهر لنا دوال الارتباط الذاتي الجزئية (FPAC) ودوال الارتباط الذاتي البسيطة (FAC) تخرج عن مجال الثقة حتى لتأخيرات معتبرة، وبالتالي هاتين السلسلتين غير مستقرتين، وهذا ما تثبته أيضا المنحنيات البيانية لهما (**أنظر الملحق رقم (1)**)، في حين أن الفرق من الدرجة الثانية لسلسلة أسعار الصرف (DDER) مستقر، وحتى نتمكن من فهم استراتيجية تطبيق اختبار ديكي فولار البسيط أو المطور نقوم بتطبيقها على (DDER):

في بادئ الأمر نقوم بتحديد درجة التأخير "P" من خلال ال: "Correlogramme"وذلك للفروقات من الدرجة الثالثة، بالاستعانة ببرنامج "Eviews" وجدنا أن أعظم تأخير هو:P=2 (**أنظرالملحق رقم (1)**)، لكن بعد إجراء الاختبار على التأخير: (P=2) عند مستوى معنوية 5%، استنتجنا أن هذا التأخير ليس لها دلالة إحصائية، أما التأخير (P=1) له دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 5% لأن (Prob=0.0007<0.05)وهذا ما يبينه **الملحق رقم (2)**.إذن نقوم بتطبيق اختبار ديكي فولار المطور وعلى النحو التالي:

نتائج تقدير النموذج (6):(أنظر الملحق رقم (2))

$$D(DER)_t = -1.89D(DER)_{t-1} + 0.54(DER)_{t-1} - 0.009t - 0.005$$

$$n = 39 \quad (-8.27) \quad (3.70) \quad (-0.17) \quad (0.26)$$

$$R^2 = 71.4\% \quad (.): t\text{-statistic}$$

اختبار وجود مركبة الاتجاه العـام (b)

$$H_0 : b = 0 / H_1 : b \neq 0$$

$$t_{calculé} = \frac{\hat{b}}{\delta_{\hat{b}}} = \frac{-0.009}{0.052} = -0.17 < t_{tabulé} = 2.83$$

ومنه نقبل فرضية العدم، (أي فرضية سيْرورة TS مرفوضة) وذلك عند مستوى معنوية 5%.

اختبار وجود الجذر الأحـادي:

$$H_0 : \phi_1 = 0 / H_1 : \phi_1 < 0$$

$$t_{\phi_1} = \frac{-1.89}{0.22} = -8.27 < t_{tabulé} = -3.52$$

ومنه نقبل H_1 أي عدم وجود جذر أحادي وذلك عند مستوى معنوية 5%.

تقدير نموذج الخامس: (أنظر الملحق رقم (3))

$$D(DER)_t = -1.88(DER)_{t-1} + 0.54D(DER)_{t-1} + 0.14$$

$$n = 39 \quad (-8.38) \quad (3.75) \quad (0.25)$$

نقوم باختبار مركبة الدورات الاقتصادية (الحد الثابت) (.) : t - statistic

شكل الاختبار هو:

$$H_0 : c = 0 / H_1 : c \neq 0$$

$$t_{calculé} = \frac{\hat{c}}{\delta_{\hat{c}}} = 0.25 < t_{tabulé} = 2.585$$

ومنه نقبل الفرضية H_0 وذلك عند مستوى معنوية 5%، أما نتيجة اختبار الجذر الأحادي هي: $t_{\phi_1} = -8.38 < -2.93$، ومنه نقبل الفرضية البديلة (H_1)، وذلك بمعنوية.

تقدير النموذج الرابع: (أنظر الملحق رقم (4))

$$D(ER)_t = -1.88(DER)_{t-1} + 0.54D(DER)_{t-1}$$

$$n = 39 \quad (-8.49) \quad (3.79)$$

نتيجة اختبار الجذر الأحادي هي: (.) : t - statistic $t_{\phi_1} = -8.49 < -1.94$. ومنه: لا يوجد جذر أحادي في هذا النموذج، ومنه السلسلة DDER مستقرة، أي:

$$D(DER)_t = \phi_1 (DER)_t + \varphi_1 D(DER)_{t-1} + \mu_t$$

3-التعرف على النماذج: بعد تأكدنا من شرط الاستقرارية نقوم بتحديد التأخيرات p وq لمختلف النماذج الممكنة من خلال قراءة التمثيل البياني (Correlogramme) للسلسلة (DDER) وهذا من خلال دوال الارتباط الذاتية البسيطة والجزئية وبمشاهدة الأعمدة الخارجة عن مجال الثقة (**أنظر الملحق رقم (1)**).

- بالنسبة للانحدار الذاتي يمكن مشاهدة التأخير k2= خارج عن مجال الثقة.

- بالنسبة للمتوسطات المتحركة يمكن مشاهدة التأخير k2= خارج عن مجال الثقة.

ومنه نميز الدوال التالية: $ARMA(2,2); AR(2); MA(2)$

ويمكن كتابتها في شكل علاقات خطية على النحو التالي:

$$MA(2) : DDER_t = \varepsilon_t + \theta\varepsilon_{t-2}$$

$$AR(2) : DDER_t = \phi DDER_{t-2}$$

$$ARMA(2,2) : DDER_t - \phi DDER_{t-2} = \varepsilon_t + \theta\varepsilon_{t-2}$$

$$MA(2) : DDER_t = 0.47\varepsilon_{t-2}$$

$$AR(2) : DDER_t = 0.47 DDER_{t-2}$$

$$ARMA(2,2) : DDER_t + 0.36DDER_{t-2} = 0.12\varepsilon_{t-2}$$

5-اختيار النموذج الملائم: (أنظر الملحق رقم (5-1)، (5-2) و(5-3))

النموذج المعايير	T_c	T_t	Akaike	Schwarz
النموذج الأول $MA(2)$	13.54	1.96	5.50	5.54
النموذج الثاني $AR(2)$	3.19	1.96	5.54	5.58
النموذج الثالث $ARMA(2,2)$	$t_{\hat{\phi}} = 2.34$	1.96	5.58	5.67
	$t_{\hat{\theta}} = 64.29$	1.96		

المصدر: من إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات Eviews 7

$$MA(2): DDER_t = -0.47\varepsilon_{t-2}$$

بعد التعرف على النموذج الذي يعتبر أكثر انسجاما مع المشاهدات وأكثر شرحا لتطورها مع الزمن، نأتي إلى المرحلة الموالية من مراحل بوكس- جينكينز وهي اختبار البواقي.

6-صلاحية النموذج:

6-1-الاختبارات العامة: من خلال ملاحظة التمثيل البياني للبواقي (Correlogrammedes Residues) **(أنظر الملحق رقم (6-1))**.يظهر لنا أن كل من معاملات دالتي الارتباط " FAC" و"FACP" داخل مجال الثقة واحصائية "Q" لها احتمالات أكبر من المعنوية ($\alpha = 0.05$) ومنه البواقي (ε_t) تمثل صدمات عشوائية (BruitBlanc) .

6-2- اختبار التوزيع الطبيعي: بيان توزيع (ε_t) والقيم المحسوبة لكل من الإحصائيات (Jaque-Bera)، (Skewness)، (Kurtosis)، معطاة في المدرج التكراري للبواقي **(أنظر الملحق رقم (6-2))**.

من المدرج التكراري للبواقي تحصلنا على النتائج التاليةو هذا فيما يخص معامل التفرطح ومعامل التناظر:

$$\begin{cases} s = 0.58 \\ k = 4.53 \end{cases}$$

حيث:

$$V_1 = \left|\frac{s-0}{\sqrt{6/n}}\right| = \left|\frac{0.58}{\sqrt{0.153}}\right| = \left|\frac{0.58}{0.392}\right| = 1.47, \quad V_1 < 2.021$$

$$V_2 = \left|\frac{k-3}{\sqrt{24/n}}\right| = \left|\frac{1.53}{\sqrt{0.615}}\right| = \left|\frac{1.53}{0.784}\right| = 1.95, \quad V_2 < 2.021$$

$$J-B = 6.04 < \chi^2_{38} = 53.38$$

من خلال هذه النتائج نقبل فرضية العدم، وبالتالي ε_t عبارة عن شوشرة بيضاء ذات توزيع طبيعي. كما أن: $J-B = 6.04 < \chi^2_{38} = 53.38$ ومنه نقبل فرضية التوزيع

الطبيعي للبواقي وأنها تمثل صدمات عشوائية (BruitBlancGaussien).

4- مرحلة التنبؤ: بعدما تأكدنا من أن البواقي تمثل صدمات عشوائية (BruitBlanc)، نقوم الآن بعملية التنبؤ على مستويات التضخم، وذلك للسنة القادمة (2013) ، وذلك اعتمادا على النموذج الانسب الذي توصلنا إليه سابقا(**أنظر الملحق رقم (3-6)**).

النموذج المختار سابقا هو:

$$MA(2): DDER_t = -0.47\varepsilon_{t-2}$$

وتعطى علاقة التنبؤ على النحو التالي:

$$DDER_{t+h} = -0.47\varepsilon_{t-2+h}$$

$$DDER_{t+1} = DDER_{2013} = -0.47\varepsilon_{t-2+1} = -0.47\varepsilon_{2011} = -0.47(2.58) = -1.21$$

لدينا أيضا:

$$DDER_t = DER_t - DER_{t-1}$$

$$\Rightarrow DER_t = DDER_t + DER_{t-1}$$

$$\Rightarrow DER_{2013} = DDER_{2013} + DER_{2012}$$

إذن:

$$\Rightarrow DER_{2013} = -1.21 + 4.69 = 3.48$$

$$DER_t = ER_t + ER_{t-1}$$

$$\Rightarrow ER_{2013} = DER_{2013} + ER_{2012} = 3.48 + 77.5519 = 81.0319$$

خاتمة:

لقد تطرقنا في هذه الدراسة إلى تطبيق منهجية بوكس-جينكينز، حيث قمنا أولا بالدراسة الإحصائية للسلسلة الزمنية،معتمدين في هده الدراسة على الطرق البيانية من جهة والطرق الإحصائية الأكثر دقة من جهة أخرى ،بعدها قمنا بتطبيق المراحل الأساسية لبوكس-جينكيز فتعرفنا على أحسن نموذج،واعتمادا على هذا الأخير قمنا بعملية التنبؤ لأسعار الصرف لسنة 2013 ومن خلال النتائج المتوصل اليها فقد لاحظنا استقرارا نسبيا في سعر الصرف.

المراجع:

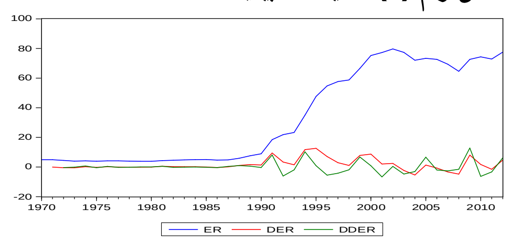
• عبيد محمود محسن الزوبعي: "**طريقة مقترحة لتشخيص نماذج السلاسل الزمنية**"، المؤتمر الاحصائي العربي الأول، عمان، الأردن، 12-13- نوفمبر 2007.

• G. Gourigoux, Amonfort : «**Série Temporelles Et Modèles Dynamique**» 2eme Edition ed ECONOMICA 1995, Paris.

- J. H. Cockrane: «**Time Series For Macroeconomic and Finance**» GraduateSchool of BUSINESS, University Of Chicago, 1997.
- Michel Tenenhaus: «**MéthodesStatistiqueEnGestion**», DUNOD, France 1994.
- Régis Bourbonnais: «**Econométrie**», 4éme Ed DUNOD, Paris 2002.
- D.N. Gujarati: «**BasicEconometric**», 4th édition, McGraw-Hill/ Irwin-companiesInc New York, 2003.
- J. Johnston, J. Dinardo: «**EconometricMethods**», 4th edition, McGraw – Hill, New York, 1997.
- Sandrine Lardic, Valérie Mi-gnon: «**EconométrieDeSérieTemporellesMacroéconomiquesEtFinancières**», ECONOMICA, Paris 2002.

الملاحق:

الملحق رقم (1): التمثيلات البيانية لـ: ER،DER،DDER.



Correlogram of DDER

Date: 06/06/14 Time: 15:12
Sample: 1970 2012
Included observations: 41

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	-0.219	-0.219	2.1108	0.146
		2	-0.444	-0.517	11.024	0.004
		3	0.176	-0.121	12.464	0.006
		4	0.122	-0.120	13.172	0.010
		5	0.016	0.110	13.184	0.022
		6	-0.020	0.103	13.204	0.040
		7	-0.019	0.128	13.222	0.067
		8	-0.092	-0.083	13.680	0.091
		9	-0.040	-0.175	13.770	0.131
		10	0.092	-0.158	14.251	0.162

الملحق رقم (2): اختبار ADF على السلسلة DDER (النموذج السادس)

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on D(ER,2)

Null Hypothesis: D(ER,2) has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-8.270642	0.0000
Test critical values:	1% level	-4.211868	
	5% level	-3.529758	
	10% level	-3.196411	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(ER,3)
Method: Least Squares
Date: 06/06/14 Time: 15:29
Sample (adjusted): 1974 2012
Included observations: 39 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ER(-1),2)	-1.891004	0.228641	-8.270642	0.0000
D(ER(-1),3)	0.547895	0.147814	3.706663	0.0007
C	0.360849	1.348319	0.267629	0.7906
@TREND(1970)	-0.009216	0.052681	-0.174948	0.8621

R-squared	0.714007	Mean dependent var	0.161962
Adjusted R-squared	0.689494	S.D. dependent var	6.629617
S.E. of regression	3.694228	Akaike info criterion	5.548335
Sum squared resid	477.6563	Schwarz criterion	5.718957
Log likelihood	-104.1925	Hannan-Quinn criter.	5.609553
F-statistic	29.12691	Durbin-Watson stat	2.116185

الملحق رقم (3): اختبار ADF على السلسلة DDER (النموذج الخامس)

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on D(ER,2)

Null Hypothesis: D(ER,2) has a unit root
Exogenous: Constant
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-8.389567	0.0000
Test critical values:	1% level	-3.610453	
	5% level	-2.938987	
	10% level	-2.607932	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(ER,3)
Method: Least Squares
Date: 06/06/14 Time: 15:43
Sample (adjusted): 1974 2012
Included observations: 39 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ER(-1),2)	-1.888509	0.225102	-8.389567	0.0000
D(ER(-1),3)	0.547060	0.145734	3.753830	0.0006
C	0.148881	0.583573	0.255120	0.8001

R-squared	0.713757	Mean dependent var	0.161962
Adjusted R-squared	0.697855	S.D. dependent var	6.629617
S.E. of regression	3.644151	Akaike info criterion	5.497927
Sum squared resid	478.0740	Schwarz criterion	5.625893
Log likelihood	-104.2096	Hannan-Quinn criter.	5.543840
F-statistic	44.88367	Durbin-Watson stat	2.117293
Prob(F-statistic)	0.000000		

الملحق رقم (4): اختبار ADF على السلسلة DDER (النموذج الرابع)

Augmented Dickey-Fuller Unit Root Test on D(ER,2)

Null Hypothesis: D(ER,2) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 1 (Fixed)

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-8.496789	0.0000
Test critical values:	1% level	-2.625606	
	5% level	-1.949609	
	10% level	-1.611593	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(ER,3)
Method: Least Squares
Date: 06/06/14 Time: 15:47
Sample (adjusted): 1974 2012
Included observations: 39 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
D(ER(-1),2)	-1.888315	0.222239	-8.496789	0.0000
D(ER(-1),3)	0.546692	0.143874	3.799807	0.0005

R-squared	0.713240	Mean dependent var	0.161962
Adjusted R-squared	0.705489	S.D. dependent var	6.629617
S.E. of regression	3.597816	Akaike info criterion	5.448451
Sum squared resid	478.9383	Schwarz criterion	5.533762
Log likelihood	-104.2448	Hannan-Quinn criter.	5.479060
Durbin-Watson stat	2.113048		

الملحق رقم (5-1): نتائج تقدير المتوسط المتحرك من الدرجة الثانية.

Dependent Variable: DDER
Method: Least Squares
Date: 06/11/14 Time: 20:36
Sample (adjusted): 1972 2012
Included observations: 41 after adjustments
Convergence achieved after 2 iterations
MA Backcast: 1970 1971

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
MA(2)	-0.471151	0.034781	-13.54606	0.0000

R-squared	0.201727	Mean dependent var	0.115178
Adjusted R-squared	0.201727	S.D. dependent var	4.186454
S.E. of regression	3.740434	Akaike info criterion	5.500368
Sum squared resid	559.6340	Schwarz criterion	5.542163
Log likelihood	-111.7576	Hannan-Quinn criter.	5.515588
Durbin-Watson stat	2.653799		
Inverted MA Roots	.69	-.69	

الملحق رقم (5-2): نتائج تقدير الانحدار الذاتي من الدرجة الثانية.

Dependent Variable: DDER
Method: Least Squares
Date: 06/06/14 Time: 14:14
Sample (adjusted): 1974 2012
Included observations: 39 after adjustments
Convergence achieved after 3 iterations

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(2)	-0.476931	0.149401	-3.192297	0.0028

R-squared	0.210682	Mean dependent var	0.133774
Adjusted R-squared	0.210682	S.D. dependent var	4.294207
S.E. of regression	3.815127	Akaike info criterion	5.541132
Sum squared resid	553.0975	Schwarz criterion	5.583787
Log likelihood	-107.0521	Hannan-Quinn criter.	5.556436
Durbin-Watson stat	2.677491		

الملحق رقم (5-3): نتائج تقدير الانحدار الذاتي-المتوسط المتحرك من الدرجة (2، 2).

Dependent Variable: DDER
Method: Least Squares
Date: 06/06/14 Time: 14:14
Sample (adjusted): 1974 2012
Included observations: 39 after adjustments
Convergence achieved after 11 iterations
MA Backcast: 1972 1973

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AR(2)	-0.369623	0.157313	-2.349608	0.0242
MA(2)	-0.128786	0.002003	-64.29415	0.0000

R-squared	0.212709	Mean dependent var	0.133774
Adjusted R-squared	0.191431	S.D. dependent var	4.294207
S.E. of regression	3.861370	Akaike info criterion	5.589842
Sum squared resid	551.6766	Schwarz criterion	5.675152
Log likelihood	-107.0019	Hannan-Quinn criter.	5.620450
Durbin-Watson stat	2.685482		
Inverted MA Roots	.36	-.36	

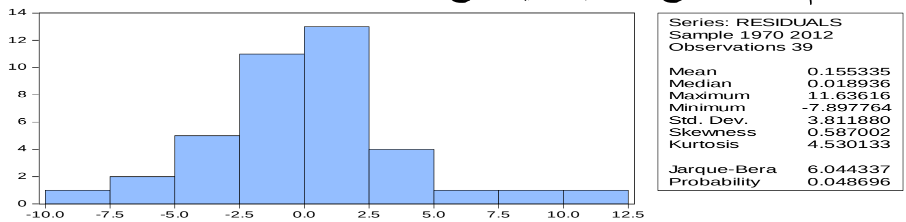
الملحق رقم (6-2): التمثيل البياني لبواقي النموذج الأنسب.

Correlogram of Residuals Squared

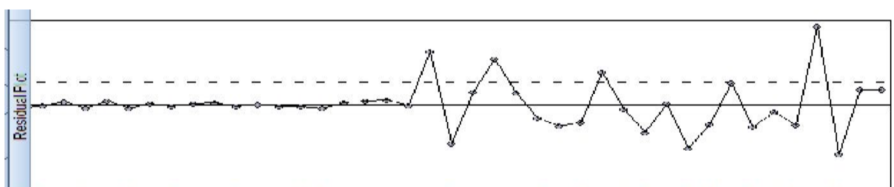
Date: 06/06/14 Time: 16:27
Sample: 1972 2012
Included observations: 41
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.238	0.238	2.4943	
		2	-0.019	-0.080	2.5112	0.113
		3	0.047	0.076	2.6139	0.271
		4	0.005	-0.029	2.6151	0.455
		5	0.014	0.028	2.6241	0.623
		6	0.131	0.125	3.4850	0.626
		7	0.024	-0.041	3.5155	0.742
		8	0.004	0.024	3.5162	0.834
		9	-0.017	-0.042	3.5329	0.897
		10	0.041	0.065	3.6293	0.934
		11	0.006	-0.028	3.6315	0.962
		12	0.041	0.043	3.7355	0.977
		13	-0.081	-0.118	4.1515	0.981
		14	-0.074	-0.021	4.5123	0.984
		15	0.129	0.163	5.6416	0.975
		16	-0.027	-0.131	5.6929	0.984
		17	0.049	0.141	5.8687	0.989
		18	0.248	0.182	10.590	0.877
		19	-0.011	-0.105	10.599	0.911
		20	-0.101	-0.045	11.454	0.908

الملحق رقم (6-2): المدرج التكراري للبواقي النموذج الأنسب.



الملحق رقم (6-3): بواقي النموذج الأنسب.



obs	Actual	Fitted	Residual
1973	-0.03700	-0.06522	-0.01798
1974	0.73830	0.19433	0.54367
1975	-0.45100	0.00847	-0.45947
1976	0.44770	-0.25515	0.70315
1977	-0.23200	0.21648	-0.44848
1978	-0.13410	-0.33129	0.16719
1979	0.06830	0.21130	-0.14300
1980	0.09720	-0.07877	0.17597
1981	0.49390	0.06738	0.42652
1982	-0.20200	-0.08291	-0.11909
1983	-0.07990	-0.20095	0.12106
1984	-0.00140	0.05611	-0.05751
1985	-0.15060	-0.05704	-0.09356
1986	-0.37000	0.02710	-0.39710
1987	0.46080	0.04408	0.41672
1988	0.94170	0.18709	0.75461
1989	0.61710	-0.19534	0.81344
1990	-0.33760	-0.35553	0.01793
1991	8.14600	-0.38325	8.52925
1992	-6.09790	-0.00845	-6.08945
1993	-1.92590	-4.01856	2.09266
1994	10.2263	2.86905	7.35725
1995	0.38880	-0.98596	1.37476
1996	-5.49540	-3.46637	-2.02903
1997	-4.16980	-0.88329	-3.28651
1998	-1.86910	0.95598	-2.82508
1999	6.77770	1.54844	5.22926
2000	0.84760	1.33104	-0.48344
2001	-6.68160	-2.46377	-4.21783
2002	0.41980	0.22777	0.19203
2003	-4.71110	1.98723	-6.69833
2004	-3.04620	-0.09047	-2.95573
2005	6.63370	3.15593	3.47777
2006	-2.01230	1.39259	-3.40489
2007	-2.55790	-1.63855	-0.91934
2008	-1.52200	1.60422	-3.12622
2009	12.8561	0.43315	12.4230
2010	-6.32420	1.47292	-7.79712
2011	-3.27030	-5.85303	2.58278
2012	6.22950	3.67362	2.55588