



توظيف نماذج الصندوق الاسود لمبيعات البنك المركزي للعملة الأجنبية

افراح امين حسن عبو ونجلاء سعد ابراهيم

قسم الاحصاء والمعلوماتية ، كلية علوم الحاسوب والرياضيات ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

الخلاصة

يهدف البحث إلى التنبؤ بالسلسلة الزمنية المتعددة المتغيرات باستخدام نماذج الصندوق الاسود التي تعمل على ربط سلسلة المدخلات مع سلسلة المخرجات بنموذج رياضي حيث تشمل نوعين من النماذج وهما نماذج خطأ المعادلة ونماذج خطأ المخرجات، حيث تم تحديد رتبة النموذج باستخدام عدد من المعايير الاحصائية والهندسية وهما (AIC, AICC) (BIC, LOSS, FPE, FIT) واختيار النموذج المقابل لأقل قيم للمعايير كأفضل نموذج للتنبؤ بالقيم المستقبلية لمبيعات البنك المركزي للعملة الأجنبية كسلسلة مخرجات وجة الطلب كسلسلة مدخلات، واظهرت نتائج التحليل بأن النموذج الملائم للبيانات هو نموذج ARMAX(1,2,3,1) ومن خلال الاعتماد على نموذج ARMAX تم التنبؤ بمبيعات البنك المركزي لأربعة أشهر قادمة وكانت نتائج التنبؤ متباينة مع قيم السلسلة الزمنية الأصلية مما يدل على كفاءة نموذج ARMAX.

معلومات النشر

تاريخ المقالة:
تم استلامه في 19 سبتمبر 2020
تم القبول في 30 نوفمبر 2020
متاح على الإنترنت في 1 ديسمبر 2020

الكلمات الدالة:
سلسلة زمنية، الصندوق الاسود، خطأ التنبؤ، زمن التأخير

المراسلة:

افراح امين حسن عبو
afrahaminehasan@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.33899/ijqoss.2020.167393> , ©Authors, 2020, College of Computer and Mathematical Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

-1 المقدمة :

بعد الدينار العراقي العملة العراقية التي يعتمد عليها الاقتصاد الوطني في تعاملاته المحلية. ويؤدي الدولار دوراً مهماً في الاقتصاد العراقي سواء أكان على المستوى المحلي أم على مستوى العلاقات الدولية للعراق لارتباطه بسعر صرف الدينار العراقي. وتشير الأبيات الاقتصادية إلى أن دراسة سعر الصرف تهدف إلى البحث عن الوسائل والإجراءات التي من شأنها تحقيق الاستقرار لسعر صرف العملة الوطنية تجاه العملات الأجنبية المختلفة قدر الإمكان، ذلك لأن الاستقرار التام لسعر الصرف ولمختلف العملات تجاه بعضها البعض شيء مرغوب فيه، إلا أن تحقيقه مسألة صعبة المنال بسبب خضوع سعر الصرف للعديد من المحددات الخارجية والداخلية، إضافة إلى أن سعر الصرف ذاته شأنه شأن أيّة سلعة أخرى. فضلاً عن ذلك، فإن سياسات التأثير في سعر الصرف تتحصر في الوقت الحاضر في التدخل لزيادة أو إنقاص عرض العملة الأجنبية أو الطلب عليها.

تعد عملية التخطيط من أهم المسابقات الرئيسية في تطور الأمم وتقدمها، وأن التخطيط الجيد هو الذي يعتمد في بناء البرامج التنموية على الأساليب العلمية المتطرفة وبالخصوص الأساليب الإحصائية الحديثة، ومنها استخدام نماذج السلسلة الزمنية في تحليل الظواهر بشكل عام، الأمر الذي فتح المجال الواسع للباحثين في دراسة موضوع السلسلة الزمنية وتحليلها لكونها من المواضيع المهمة في تحليل وتفسير سلوك الظواهر من خلال دراسة تطورها التاريخي عبر فترات زمنية قد تكون يومية أو فصلية أو شهريةالخ ، وذلك لأغراض التنبؤ بما سيحدث في مستقبل هذه الظواهر بأقل خطأ ممكن. وأن هذه العملية تتطلب دراسة تحليلية وافية للنماذج الإحصائية باعتماد أساليب رياضية وعلمية التي يمكن معاملتها مع متغيرات الحاضر وتوقعات المستقبل.

-2 هدف البحث:

يهدف البحث إلى تشخيص نماذج الصندوق الاسود المتمثلة بنماذج خطأ المعادلة (ARMAX ARX & OE) ونماذج خطأ المخرجات (BJ) لسلسلتي المدخلات المتمثلة بفجوة الطلب للعملة الأجنبية والمخرجات المتمثلة بمبيعات البنك المركزي للعملة الأجنبية واختيار النموذج الأفضل وفق عدد من المعايير الاحصائية والهندسية وهما (AIC, AIC_C, BIC, LOSS, FPE, FIT) للتبؤ بالقيم المستقبلية.

3- مفهوم السلسلة الزمنية : The Concept of Time Series

تعرف السلسلة الزمنية بأنها مجموعة من المشاهدات لظاهرة معينة خلال فترة زمنية غالباً ما تكون متساوية ومتالية، وتعرف رياضياً بأنها متتابعة من المتغيرات العشوائية معرفة ضمن فضاء الاحتمالية متعددة المتغيرات وتكون من متغيرين أحدهما توضيحي وهو متغير الزمن (المتغير المستقل) والآخر متغير الاستجابة وهو قيمة الظاهرة المدروسة (المتغير التابع) ويمكن التعبير عنها رياضياً $y = f(t)$ إذا كان هناك عوامل أخرى (متغيرات توضيحية) إلى جانب الزمن تؤثر على الظاهرة y نستخدم العلاقة $y = f(t, u_1, u_2, \dots, u_n)$. هناك نوعان من نماذج بوكس جنكز وهما النماذج الموسمية وغير الموسمية وفيما يلي شرح لنماذج السلسلة الزمنية غير الموسمية:

Autoregressive Model (AR)

يعد نموذج الانحدار الذاتي الأداة القوية لتحليل السلسل الزمنية وهو شائع جداً، يرمز له بالرمز AR(p) حيث تشير (p) إلى رتبة النموذج وأن الصيغة العامة لهذا النموذج تأخذ الشكل الآتي: (Box et al., 2016)

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \varphi_2 y_{t-2} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

إذ أن:

$\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_p$: تمثل معلمات نموذج الانحدار الذاتي.

Moving Average Model (MA)

يعد نموذج المتوسطات المتحركة من النماذج غير الخطية إذ لا يمكن أيجاد خطأ التبؤ لهذا النموذج لأن التشويش الأبيض يؤثر بصورة مباشرة على السلسلة y_t . ويرمز له بالرمز MA(q) حيث تشير (q) إلى رتبة النموذج ويمكن تعريف نموذج المتوسطات المتحركة بالصيغة الآتية: (Box et al., 2016)

$$y_t = \varepsilon_t - \vartheta_1 \varepsilon_{t-1} - \vartheta_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \vartheta_q \varepsilon_{t-q} \quad (2)$$

إذ أن:

$\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_q$: تمثل معلمات نموذج المتوسطات المتحركة .

Mixed Models (Autoregressive-Moving Average) : **(ARMA)**

نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات والمتحركة هو مزيج من الانحدار الذاتي AR والمتوسطات المتحركة MA ويعد النموذج المحسن لنموذج الانحدار الذاتي، ويرمز له بالرمز ARMA(p,q) حيث تشير (p,q) إلى رتبة النموذج وأخذ الصيغة الآتية: (Box et al., 2016)

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \varepsilon_t - \vartheta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \vartheta_q \varepsilon_{t-q} \quad (3)$$

Integrated Autoregressive Moving Average : **Processes**

يسمى هذا النوع من النماذج بالنماذج المتباينة غير المستقرة أو المختلطة المركبة من الدرجة d ويرمز له بالرمز ARIMA(p,d,q) وتخالف عن نماذج ARMA بكونها غير مستقرة ، وإزالة عدم استقرارية السلسلة نطبق طريقة الفروق من الدرجة الأولى مرة او مرتين إذا كان سبب عدم الاستقرار هو الاتجاه العام أما إذا كان السبب موسمي نطبق الفروق من الدرجة الفصلية. ويتم التعبير عن نموذج ARIMA بالمعادلة التالية: (حشمان ، 1998) (Box & Jenkins , 1976)

$$\varphi(q)(1 - q^{-1})^d y_t = \vartheta(q) \varepsilon_t \quad (4)$$

إذ أن :

$$\varphi(q) = 1 - \varphi_1 q^{-1} - \varphi_2 q^{-2} - \dots - \varphi_p q^{-p}$$

$$\vartheta(q) = 1 - \vartheta_1 q^{-1} - \vartheta_2 q^{-2} - \dots - \vartheta_q q^{-q}$$

4- الإستقرارية : Stationary

إن مفهوم الإستقرارية في السلسل الزمنية يمكن تصويره على أنه شكل من حالة التوازن الاحتمالية، فالخصائص الاحتمالية مثل الوسط الحسابي والتباين من أجل عملية مستقرة يجب أن لا تعتمد على الزمن فهي ثابتة مع تغير الزمن. وهناك نوعين من الإستقرارية وهما: (فاندل، 1992)

Strictly stationary

أولاً: الإستقرارية التامة أو القوية:

يقال للسلسلة الزمنية ($y_t ; t=1,2,\dots,n$) بانها مستقرة استقراريه تامة إذا كان التوزيع المشترك لأي مجموعة من المشاهدات لا يتاثر بإزاحة كل الفترة الزمنية للمشاهدات إلى الأمام أو إلى الخلف بأي كمية صحيحة أي أن: إذ t_h تمثل أي فئة زمنية و h مقداراً ثابتاً. وبمعنى آخر أن تغير الزمن بمقدار (h) ليس له تأثير في التوزيع الاحتمالي المشترك للسلسلة، بل يعتمد التوزيع المشترك على الزمن (t_n, t_{n-1}, \dots, t_1) فقط.

ثانياً: الإستقرارية الضعيفة أو من الدرجة الثانية:

يقال أن السلسلة الزمنية ($y_t ; t=1,2,\dots,n$) أنها ذات استقراريه من الدرجة الثانية إذا تحققت الشروط الآتية:-

$$E(y_t) = \mu = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t \quad 1- ثبات الوسط الحسابي$$

$$Var(y_t) = E[(y_t - \mu)^2] = \sigma^2 \quad 2- ثبات التباين$$

$$\rho_{t+h} = E[(y_t - \mu)(y_{t+h} - \mu)] / \sigma^2 \quad 3- اعتماد الارتباط الذاتي على (t+h) فقط$$

أي أن السلسلة الزمنية تكون مستقرة إذا كان الوسط الحسابي والتباين ثابتين خلال الزمن (ولكل منهما قيمة محددة) وكان الارتباط الذاتي بين قيم العملية عند نقطتين زمنيتين t و $t+h$ يعتمد فقط على الفجوة الزمنية بينهما وليس على t و $t+h$.

ومن طرق إزالة المشاكل المرتبطة بعدم استقراريه السلسلة إذا كان التباين غير ثابت فيجب تحويل البيانات وتوجد العديد من طرق تحويل البيانات بهدف تثبيت التباين وتعتبر التحويلة اللوغاريتمية وتحويلة الجذر التربيعي من أكثر التحويلات استخداماً. أما إذا كانت السلسلة الزمنية لها إتجاه عام فمن الضروري إزالة هذا الإتجاه للحصول على سلسلة زمنية مستقرة، وحسب نماذج بوكس - جنكتز تستخدم طريقة الفروق لإزالة الإتجاه والحصول على سلسلة زمنية مستقرة غالباً ما يكون الفرق الأول والثاني للسلسلة الزمنية كافياً لتحقيق الإستقرارية (البكري، 2000). لتجريد السلسلة الزمنية من العنصر الموسمى تستخدم طريقة الفرق الموسمى Seasonal differencing وذلك بأخذ الفروق الموسمية الربيع سنوية أو شهرية، وقد تكون من الرتبة الأولى أو الثانية. إلى أن يتحقق الاستقرار.

5 - نماذج الصندوق الاسود :

يعد تطور النماذج الرياضية خطوة مهمة في عملية تصميم النظام، وإن الاهتمام بنماذج دالة التحويل يعني الاهتمام بنماذج الصندوق الاسود فيتم التعرف على هذه النماذج باستخدام مجموعة بيانات تم الحصول عليها من خلال اختبار الديناميكية. ولكن بنية النموذج المختار تتسم بعائلة معرفة بأن لديها مرونة جيدة اي أنها تتيح المفهوم الفيزيائي، يتكون تركيب النموذج الخطى العام General Linear Model Structure الذي تشتهر منه كل النماذج الخطية Linear Models والذي عادة ما لا يطبق عملياً لأنه يمثل الهيكلية الموحدة للأنظمة الخطية كما لا يستخدم في الواقع، وإنما يخدم كإطار عمل موحد حيث يمكن حساب مخرجات النظام الخطى المحدد y_t عند الزمن t خلال ترشيح المدخلات u_t بمرشح خطى يرمز له $G(q)$ والذي يسمى بالجزء المحدد ويسمى أيضاً بدالة تحويل المدخلات Input Transfer Function الذي يربط المدخلات مع المخرجات، فضلاً عن ترشيح التشويش الأبيض الذي يُرمز له ϵ_t بمرشح خطى آخر يرمز له بـ $H(q)$ ويسمى بدالة تحويل التشويش Noise Transfer Function ويسمى بالجزء التصادفي، عليه يمكن تمثيل النموذج الخطى العام بالجزئين المحدد والتصادفي بالشكل الآتى:

(Mattar & Hayawi, 2009)

$$y_t = G(q)u_t + H(q)\epsilon_t \quad (5)$$

إذ أن:

$$G(q) = \frac{B(q)}{F(q)A(q)}$$

$$H(q) = \frac{C(q)}{D(q)A(q)}$$

ويمكن كتابة النموذج الخطى العام بالشكل الآتى:

$$y_t = \frac{B(q)}{F(q)A(q)}u_t + \frac{C(q)}{D(q)A(q)}\epsilon_t \quad (6)$$

إذ أن :

$$A(q) = 1 + a_1q^{-1} + a_2q^{-2} + \dots + a_{na}q^{-na}$$

$$B(q) = b_1q^{-1} + b_2q^{-2} + \dots + b_{nb}q^{-nb}$$

$$C(q) = 1 + c_1q^{-1} + cq^{-2} + \dots + c_{nc}q^{-nc}$$

$$D(q) = 1 + d_1q^{-1} + d_2q^{-2} + \dots + d_{nd}q^{-nd}$$

$$F(q) = 1 + f_1q^{-1} + f_2q^{-2} + \dots + a_{nf}q^{-nf}$$

وكل من $A(q), B(q), C(q), D(q), F(q)$ تمثل رتب متعددات الحدود وعلى التوالي na, nb, nc, nd, nf

وتقسم نماذج الصندوق الاسود إلى مجموعتين: (Nelles, 2001)

1- نماذج خطأ المعادلة The Equation Error Models

2- نماذج خطأ المخرجات The output error Models

فيما يلي شرح مفصل عن هذه النماذج.

5.1 نماذج خطأ المعادلة The Equation Error Models

تشمل هذه النماذج كل من نموذج الانحدار الذاتي مع مدخلات خارجية Autoregressive With Exogenous Input Model ويرمز له ARX، ونموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة مع مدخلات خارجية Autoregressive Moving Average With Exogenous Input Model ويرمز له ARMAX وتميز هذه ARMAX نماذج خطأ الارجاع بأنها تحتوي على المرشح الخطى ($1/A(q)$) في نموذج العمليات المحددة ونموذج العمليات التصادفية، أي أن كلاً من نموذج ARX و ARMAX تشتهر بالمرشح الخطى (Mahmoud & Xia , 2012) . A(q)

1- نموذج الانحدار الذاتي مع مدخلات خارجية (ARX)

يعد نموذج ARX من النماذج ذات التطبيقات الواسعة للنموذج الحركي الخطى والذي يكون واقعياً وملائماً لعدد كبير من العمليات الحقيقية وذلك لسهولة تطبيقه في حساب المعلمات التي تقدر بأسلوب المربعات الصغرى، ويمكن توضيحه من خلال المعادلة الآتية: (Box et al., 2016)

$$y_t = \frac{B(q)}{A(q)} u_t + \frac{1}{A(q)} \varepsilon_t \quad (7)$$

في هذا النموذج تعبير الانحدار الذاتي مرتبط بدلالة تحويل من المدخلات u_t إلى المخرجات y_t وكذلك دالة تحويل التشويش من ε_t إلى y_t ، حيث يشتهر الجزء التصادفي والمحدد بمقام ديناميكي متماثل.

وإن التطبيق الأكثر شيوعاً للنموذج هو التكهن بالسلوك المستقبلي للعملية، حيث أن المتباً الأمثل Optimal Predictor يجب أن يجمع المدخلات مع مخرجات العملية السابقة بطريقة ما، لذلك يمكن تعريف المتباً الخطى الأمثل بتوفيق خطى للمدخلات المرشحة والمخرجات المرشحة، وقد أشار (Ljung , 1999) إلى المتباً الأمثل يأخذ الصيغة الآتية :

$$\hat{y}_{(t|t-1)} = B(q)u_t + (1 - A(q))y_t \quad (8)$$

2- نموذج الانحدار الذاتي والأوساط المتحركة مع متغيرات خارجية: Autoregressive Moving Average with Exogenous Variables(ARMAX)

يعتبر نموذج ARMAX من نماذج خطأ المعادلة، وبعد نموذجاً موسعاً لنموذج ARX لاحتوائه على المرشح الخطى ($C(q)$ ، فعندما تكون $C(q)=1$ أي بمعنى أن $nc=0$ فسيتحول نموذج ARMAX إلى نموذج ARX، وفضلاً عن ذلك فإن $A(q)$ يمثل المقام لمتعددة الحدود (Box et al., 2016) الخاص بمركبنة التشويش ε_t ويمكن تمثيل النموذج كالتالي:

$$y_t = \frac{B(q)}{A(q)} u_t + \frac{C(q)}{A(q)} \varepsilon_t \quad (9)$$

أما التباُ باستخدام نموذج ARMAX يمكن أن يكتب بالشكل الآتي:

$$\hat{y}_{(t|t-1)} = \frac{B(q)}{C(q)} u_t + \left(1 - \frac{A(q)}{C(q)}\right) y_t \quad (10)$$

5.2 نماذج خطأ المخرجات The output error Models

وتضم هذه النماذج نموذجين وهما نموذج بوكس - جنكز الذي يرمز له ب BJ ونموذج خطأ المخرجات الذي يرمز له ب OE ويمكن تمييز نماذج خطأ المخرجات من خلال نماذج التشويش التي لا تضم عملية حركية (ديناميكية) بمعنى أن دالة تحويل المدخلات مستقلة تماماً عن دالة تحويل التشويش. (Abo- Lubada,2017)

1- نموذج خطأ المخرجات (OE)

بعد هذا النموذج ذو تركيب واسع الاستخدام، ويمكن تمثيله بسهولة ضمن نماذج خطأ المخرجات حيث تكون أكثر واقعية وواسع استخداماً من نماذج خطأ المعادلة، وذلك لأن نماذج التشويش لا يحتوي المرشح ($\frac{1}{A(q)}$) ويمكن تمثيله من خلال المعادلة التالية: (Box et al., 2016)

$$y_t = \frac{B(q)}{F(q)} u_t + \varepsilon_t \quad (11)$$

أما نموذج التنبؤ فيكون كالتالي :

$$\hat{y}_{(t|t-1)} = \frac{B(q)}{F(q)} u_t \quad (12)$$

- نموذج بوكس - جنكتز Box-Jenkins Model

ينتمي هذا النموذج أيضاً لنماذج خطأ المخرجات ويعُد تطويراً طبيعياً لها ويُرمز لنماذج بوكس-جنكتز بالرمز BJ ويتم تمييزه عن نموذج ARMA ويمكن تمثيله بالمعادلة الآتية: (Nelles, 2001)

$$y_t = \frac{B(q)}{F(q)} u_t + \frac{C(q)}{D(q)} \varepsilon_t \quad (13)$$

أما المتباً لهذا النموذج هو :

$$\hat{y}_{(t|t-1)} = \frac{B(q)D(q)}{F(q)C(q)} u_t + \frac{C(q) - D(q)}{C(q)} y_t \quad (14)$$

إن نموذج BJ يُعد نموذج مرن ومعمم أكثر من النماذج الخطية الأخرى، وذلك لأنّه يسمح بتقدير دوال التحويل مع بسط ومقام عشوائي للمدخلات والمخرجات بالإضافة إلى التشويش الإبيض وكذلك فإنّ هذا النموذج يتطلب تقدير عدد كبير من المعلمات للتطبيقات كلها.

6- زمان التأخير: Delay Time

إن تقدير زمان التأخير لأي نظام بشكل صحيح له تأثير مباشر في عملية تحديد النموذج الذي يمثل ديناميكية النظام بصورة دقيقة ويقدم في الوقت نفسه تصوراً واضحاً عن آلية عمل النظام، وبعد زمان التأخير صفة عامة في النماذج الرياضية للعمليات الصناعية ، & (Astrom & Wittenmark , 1997) إذ تتطلب عملية تشخيص النظم تقدير الفترة الزمنية التي تتضمنها قبل أن تؤثر المدخلات في المخرجات وهو ما يُعرف بزمان التأخير الذي يُعد متطلباً أساسياً يجب تقديرها بصورة صحيحة، وقد أوضح (Tong , 1996) إن فكرة زمان التأخير الأساسية لفهم الدورية وأعطى شرحاً وافياً للعديد من التطبيقات لمفهوم زمان التأخير في عدة مجالات كالفيزياء والهندسة الكيميائية والاقتصاد وغيرها. وهناك العديد من الطرائق والأساليب الإحصائية والهندسية لتقدير زمان التأخير في النظم الحركية والتي أشار إليها واستخدمها العديد من الباحثين وفي بحثنا هذا تم استخدام إحدى الطرق وهي استخدام نماذج فضاء الحالة State Space Models حيث استخدم (البدرياني ، 2002) هذا الأسلوب لتقدير زمان التأخير من خلال ملائمة العديد من نماذج فضاء الحالة بحسب متساعدة ابتداءً من الرتبة الأولى وحتى الرتبة العاشرة، وملحوظة خصائص نموذج فضاء الحالة الملائمة لكل رتبة من الرتب العشرة كلاً على حده، وأخذ أول رتبة يصل فيها الأنماذج إلى حالة الاستقرارية من خلال ملاحظة موقع الأصفار والأقطاب في دائرة الوحدة، على سبيل المثال لو افترضنا بأن أول رتبة يبدأ عنها تحقق الاستقرارية هي عند الرتبة الرابعة عند ذاك نوجد قيمة معيار أكافي للمعلومات (AIC) للرتب من (1-10) فإذا كانت الرتبة التي تقابل أقل قيمة لمعيار (AIC) عند الرتبة الرابعة وبالشكل نفسه يتم ايجاد دالة الاستجابة النسبية لكل نموذج من نماذج فضاء الحالة الملائمة فإذا كان شكل هذه الدالة يبدأ الاستقرار من الرتبة الرابعة من خلال أول قيمة معنوية تقع خارج فترة الثقة ، دل ذلك على $\hat{k} = 4$ ، إذ أن \hat{k} تمثل زمان التأخير.

7- معايير اختيار أفضل نموذج: Criteria Choose Best Model

اقتصر بعض الباحثين عدداً من المعايير لتحديد النموذج الأفضل للتنبؤ الذي يكون تباينه أقل بزيادة عدد معالمه المقدرة حيث يعتبر من أهم مراحل التحليل، وإن اختيار النموذج المناسب ليست عملية سهلة فهي تتطلب القيام ببعض الجهد من قبل الباحث واختيار المعايير المناسبة التي يوصلنا إلى أفضل نتيجة. ومن المعايير الإحصائية والهندسية التي يمكن اعتمادها للوصول إلى الرتبة المناسبة للأنموذج في عملية التشخيص هي:

1- دالة الخسارة Loss Function

تعرف في بعض الأحيان بدالة الكلفة (Cost Function) حيث تعد المتطلب الأساس الأفضل في اختيار رتبة النموذج من خلال ملاحظة سلوك هذه الدالة مع زيادة رتبة النموذج حيث تقل قيمتها بزيادة رتبة النموذج وإن التناقض في قيمة هذه الدالة يتوقف عند نقطة معينة أي إن زيادة رتبة النموذج تصبح عديمة الفائد وهو ما يميز هذه (Chiras , 2002). وإن الصيغة الرياضية لهذا المعيار تأخذ الشكل الآتي:

$$\text{Loss} = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2 \quad (15)$$

- 2 - معيار أكافي للمعلومات Akaik's Information Criteria

إن معيار أكافي للمعلومات قدم لأول مرة عام (1973) من قبل العالم الرياضي الياباني هيتروتوكي أكافي ويعرف بأنه مقياس لنظرية المعلومات لـ (كولبك-لبير) بين النموذج المعطى والنماذج الحقيقية ويرمز له بـ (AIC). إن معيار أكافي للمعلومات (AIC) ومعيار أكافي للمعلومات المصحح (AICc) للأنحدار الخطى المتعدد يعطيان بالصيغتين التاليتين: (Fathe, 2012)

$$AIC = n \ln(\sigma_\varepsilon^2) + 2K \quad (16)$$

$$AIC_c = n \ln(\sigma_\varepsilon^2) + 2K + \frac{2K(K+1)}{(n-K-1)} \quad (17)$$

إذ أن:

σ_ε^2 : تمثل تباين الخطأ لنموذج المقدر. K : تمثل عدد المعلمات في النموذج.

- 3 - معيار أكافي لخطأ التنبؤ النهائي Akaik's Final Prediction Error Criteria

يعد من المعايير المهمة في تحديد رتبة النموذج حيث عرفه أكافي عام 1969 ويرمز له بـ FPE ويتمثل مقياس خطأ التنبؤ النهائي ويعرف على أنه تباين خطأ التنبؤ للفترة القادمة ويعقب بالشكل الآتي: (Ljung, 1999 ،

$$FPE = \frac{1+n+K}{1-n-K} \sigma_\varepsilon^2 \quad (18)$$

- 4 - معيار معلومات بيز Bayesian Information Criteria (BIC)

اقتصر هذا المعيار من قبل (Schwarz) عام 1978 إذ تناول كيفية اختيار نموذج واحد من عدة نماذج غير متساوية بعدد المتغيرات المستقلة وذلك عن طريق إيجاد الحل البيزى لها (Bayes Solution) وتم توسيع الحل البيزى باستعمال نظرية بيز حسب الصيغة التالية:

$$BIC = n \ln(\sigma_\varepsilon^2) + K \log(n) \quad (19)$$

- 5 - معيار المطابقة Fitting Criteria

هي عبارة عن مقياس لمعرفة دقة النموذج (كتسبة مئوية) الذي تم تكوينه من مجموعة معينة من المشاهدات وبعد تكوين النموذج برتبة معينة حيث تتم عملية محاكاة لهذا النموذج ومقارنة المخرجات المولدة \hat{y}_i مع المخرجات المخزونة (الحقيقية) y_i ومن ثم حساب النسبة المئوية للتوافق بينها من خلال القانون التالي: (Al-Badrani, 2002) و (Ljung, 2004)

$$Fit = \left(1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \right) \times 100 \quad (20)$$

إذ أن : y : قيم المخرجات الحقيقية . \hat{y} : القيم التقديرية المكونة من النموذج.

\bar{y} : الوسط الحسابي لمشاهدات سلسلة المخرجات y المستخدمة في تكوين النموذج .

- 8 - اختبار دقة ملائمة النموذج

بعد تشخيص النموذج وتقيير معلماته يتم اجراء عدة اختبارات لمعرفة مدى ملائمة النموذج المقدر وذلك من خلال تحديد سلسلة الباقي النهائي ϵ_{eu} . وتتضمن هذه المرحلة اختبارين وهما :

1- التتحقق من عشوائية سلسلة الباقي من خلال احتساب معاملات دالة الارتباط الذاتي لتلك السلسلة (h_{eu}) ورسم قيم معاملات الارتباط الذاتي اذا يتم الحكم على عشوائية الباقي من خلال ملاحظة قيم معاملات الارتباط الذاتي حيث يجب أن تكون جميع الارتباطات غير معنوية اي تقع ضمن حدود الثقة.

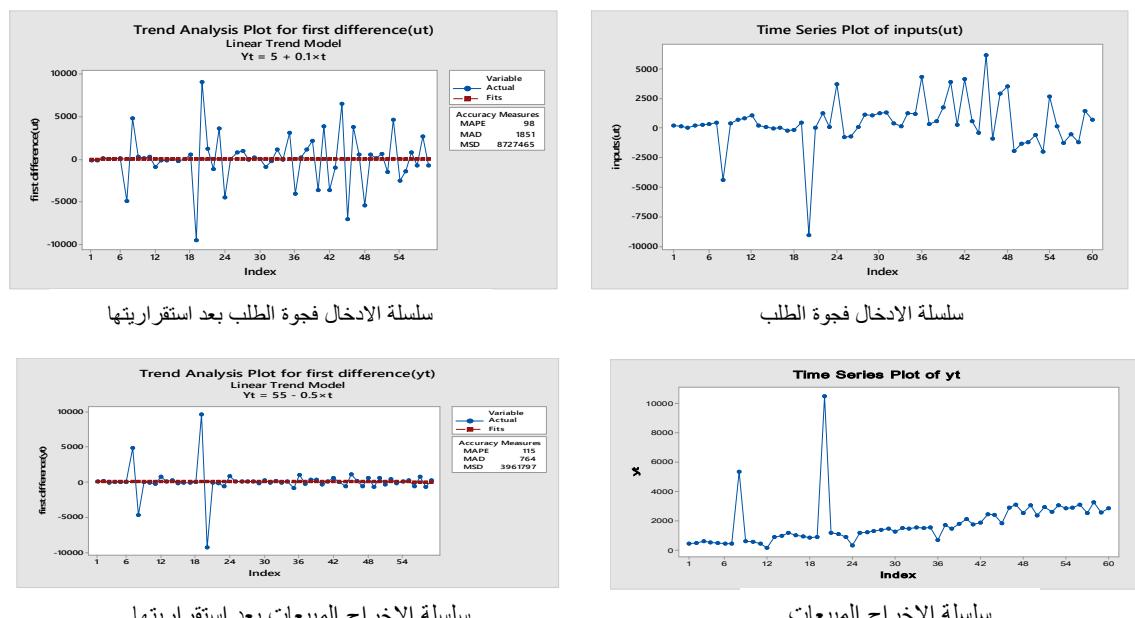
2- التتحقق من استقلالية الباقي المخرجات مع سلسلة المدخلات من خلال احتساب معاملات الارتباط التقاطعية بين سلسلة المدخلات وسلسلة الباقي المخرجات اي ايجاد (h_{eu}) ورسم قيم معاملات الارتباط التقاطعية اذا يتم الحكم على استقلالية السلسلتين من خلال ملاحظة قيم معاملات الارتباط التقاطع حيث يجب تكون جميع الارتباطات غير معنوية اي تقع ضمن حدود الثقة.

9- التنبؤ Forecasting

إن التنبؤ هو المرحلة الأخيرة من مراحل التحليل للسلالس الزمنية ولا يمكن الانتقال إلى هذه المرحلة إلا بعد الانتهاء من اجراء جميع الفحوصات والاختبارات الإحصائية الضرورية لتشخيص النموذج الذي اختير في المراحل السابقة والتتأكد من أن هذا النموذج قد اجتاز كافة الاختبارات السابقة. ويمكن تعريف التنبؤ بأنه توقع الأحداث كأن تتنبأ بكمية الانتاج الصناعي للأعوام القادمة مثلاً، وكذلك دراسة الاتجاهات في المستقبل وعلى اساس هذه الدراسات نتوصل الى وضع افتراضات للفترة المستقبلية. إذ هو عملية عرض حالي لمعلومات مستقبلية باستخدام معلومات تاريخية بعد دراسة سلوكها في الماضي.

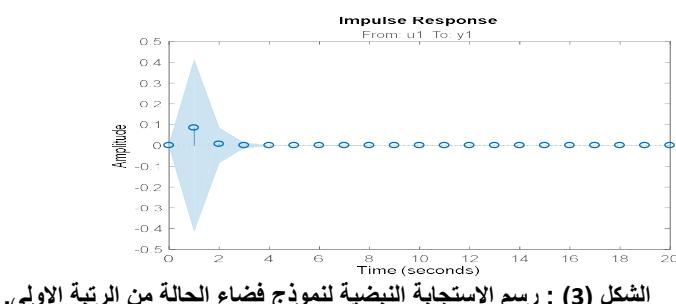
10- الجانب العملي :

إن البيانات التي تم اعتمادها في هذا البحث تمثل مشاهدات سلسلتين زمنيتين حجم كل منها يساوي 60 مشاهدة للفترة من 2005 لغاية 2009. وهذه البيانات تخص فجوة الطلب للعملة الأجنبية والتي مثلت سلسلة مدخلات وتمثلت سلسلة المخرجات بمبيعات البنك المركزي العراقي للعملة الأجنبية. ان الخطوة الأساسية الأولى هي معرفة ما إذا كانت البيانات مستقرة أم لا لسلسلتي الإدخال والإخراج وقد تم رسم بيانات السلسلتين الإدخال (ut) والإخراج (yt) كما في الشكلين (1) و (2)، لوحظ بأن السلسلتين مستقرتين وبالتالي إلى حد ما ومن جهة أخرى تبين بأن السلسلتين غير مستقرتين في المتوسط وبذلك تمأخذ الفرق الأول للمشاهدات .



شكل (2): رسم الاتجاه العام لسلسلة المخرج (y_t) قبل وبعد ثبوت إستقراريتها.
سلسلة الإدخال فجوة الطلب بعد استقراريتها
سلسلة الإخراج المبيعات بعد إستقراريتها

لقد تم تقدير زمن التأخير وفق نموذج فضاء الحالة الملائم لمشاهدات الإدخال والإخراج وبعد ملاحظة خصائص نموذج فضاء الحالة للرتبة من (1-10) تبين بأن الإستقرارية تحققت عند الرتبتين الأولى والثانية، وعند ايجاد قيمة معيار أكادي للمعلومات للرتب من (1-10) وكانت الرتبة التي تقابل اقل قيمة لمعيار (AIC) عند الرتبة الأولى، وبذلك تم ايجاد دالة الاستجابة النسبية لكل نموذج ويتبين من الشكل (3) أن هذه الدالة تأخذ وضعها المستقر عندما يكون النموذج من الرتبة الأولى وأن أول قيمة معنوية ظهرت عند زمن التخلف الاول وهذا يوحي بأن زمن تأخير هو $(\hat{k} = 1)$.

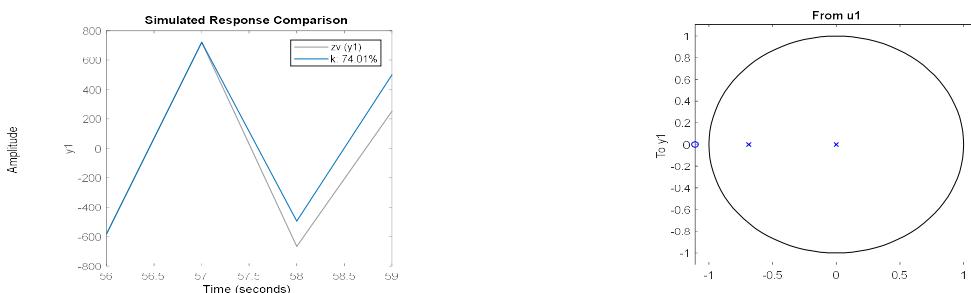


شكل (3) : رسم الاستجابة النسبية لنموذج فضاء الحالة من الرتبة الأولى.

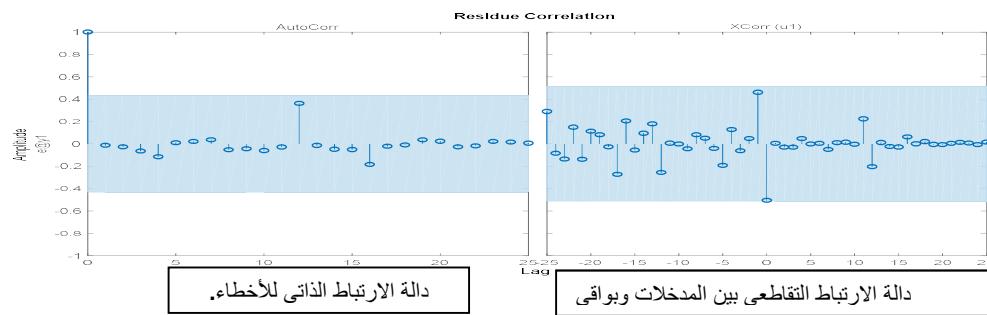
إن الخطوة التالية بعد تهيئة البيانات وتقدير زمن التأخير هي تشخيص الأنظمة الحركية الخطية يتم بتوافق العديد من النماذج بمعلمات مختلفة ومتنوعة لكل نموذج من النماذج الحركية وهي: نموذج الانحدار الذاتي مع مدخلات خارجية ARX ونموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المترددة مع مدخلات خارجية ARMAX ونموذج خطأ المخرجات OE ونموذج بوكس- جنكتز BJ ، ويتم اختيار الأفضل من بين هذه النماذج حسب حزمة المعايير المقترنة لاختيار أفضل نموذج. الجدول الآتي يضم نتائج النماذج النهائية التي تم اختيارها من تشخيص نماذج النظم الحركية الاربعة للبيانات نلاحظ من خلال الجدول الآتي ان قيم المعايير للنموذجين (1,2,3,1) و ARMAX (1,1,3,1,1) متقاربين جدا ولكن تم اختيار نموذج (1,2,3,1) أفضل النماذج لأن قيمة التنبؤة كانت أقرب إلى القيمة الحقيقية على الرغم من وجود بعض القيم بعيدة نوعاً ما والاشكال (4) و (5) و (6) توضح بعض المعايير للنموذج المختار.

الجدول (1): نماذج النظم الحركية النهائية المختارة

النماذج	Aic	Aic _c	Fit	Bic	Loss	Fpe	Resid	cross	Unit Circle
ARX(3 ,4 ,1)	991.3673	997.5068	100	1013.4480	2641833.5359	3962750.3039	عشوانية	غير مرتبطة	مستقر
ARMAX(1 ,2 ,3 ,1)	974.571	976.321	74.01	986.615	2334763.884	2906542.795	عشوانية	غير مرتبطة	مستقر
OE (1 ,1 ,1)	981.6329	981.8637	9.157	985.6476	3070245.692	3301962.348	عشوانية	غير مرتبطة	مستقر
BJ(1 ,1 ,3 ,1 ,1)	974.5638	976.3138	100	986.6078	2334442.684	2906142.933	عشوانية	غير مرتبطة	مستقر



الشكل (5) نسبة المطابقة لنموذج ARMAX (1,2,3,1)



الشكل (6): الاخطاء العشوائية لنموذج ARMAX (1,2,3,1)

بعد الحصول على أفضل نموذج من نماذج النظم الحركية الاربعة (ARX, ARMAX, OE, BJ) الا وهو نموذج (1,2,3,1) س يتم التنبؤ بالقيم المستقبلية وباستخدام المعادلة (10) تم الحصول على القيم التنبؤية الموضحة في الجدول الآتي.

الجدول (2) : القيم الاصلية والقيم التنبؤية لأفضل نماذج النظم الحركية.

ت	القيم الاصلية	القيم التنبؤية ARMAX
56	-584	-551.504
57	721	198.316
58	-666	-540.281
59	254	317.907

11- الاستنتاجات

بعد التحليل الإحصائي للبيانات المستخدمة في الدراسة تم التوصل الى الاستنتاجات الآتية

1. السلاسلتين الزمنيتين لبيانات المدخلات والمخرجات كانت غير مستقرة في الوسط ومستقرة في التباين وتم جعلها مستقرة من خلالأخذ الفرق الاول لها لسلسلتي المدخلات والمخرجات.

2. من ملاحظة النتائج في الجدول (1) تبين ان نموذج (ARMAX) الذي يصف العلاقة بين متغير الأخرج (y) الذي يمثل مبيعات البنك المركزي للعملة الأجنبية ومتغير الأدخل (u) الذي يمثل فجوة الطلب يمتلك اقل القيم للمعايير الإحصائية والهندسية.

Reference

1. Abu Libdeh, Muhammad Abd al-Rahman Jadallah, (2017). "Using ARIMAX Models in Time Series Forecasting", Master Thesis, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Al-Azhar University - Gaza.
2. Badrani, Dhafer Ramadan Matar, (2002). "A Study in the Diagnosis of Stochastic Systems with Special Reference to the Stability and State Space Method," PhD thesis, College of Computer Science and Mathematics, University of Mosul.
3. Al-Bakri, Nouria Abdel Mohamed, (2000). "Building Integrated Simulation Models for Use as a Tested Tool in Teaching Model Building in Operations Research", Unpublished Master's Thesis, University of Baghdad.
4. Al-Sheikhly, Evan Alaa Nazim (2003). "Designing a dynamic nonlinear mathematical system using neural networks (NARMAX) for analytical and predictive purposes for sales activity in the Baghdad Electricity Company," unpublished master's thesis, College of Administration and Economics, University of Baghdad.
5. Hussain, Jassim Nasser and Jawad, Ali Muhammad (2018). "Comparing several methods to choose the best logistic regression model with practical application on heart patients", research extracted from a master's thesis in statistics, University of Karbala - College of Administration and Economics - Department of Statistics, Scientific Journal of Karbala University, Volume (16), Issue (2) .
6. Hashman, born (1998). Short-term Forecasting Models and Techniques, University Press, Algeria.
7. Fandel, Walter, (1992). "Time Series from the Applied Point of View and Boka Jenkins Models", Arabization of Abdul Murdi Hamid Azzam, Dar Al-Marikh Publishing House, Riyadh, Saudi Arabia.
8. Fathy, Iman Tariq, (2012). Using information standards and model diagnostic methods to choose the best multiple linear regression model with application to children with thalassemia in Mosul, Journal of Education and Science - Volume (25), Issue (2).
9. Matar, Dhafer Ramadan and Hayawi, Hiyam Abdel-Majid, (2009). "A proposed mechanism for diagnosing stochastic linear motion systems when they do not change with time," Damascus University Journal of Engineering Sciences, Vol. (25), No.1.
10. Astrom, K.j., & Wittenmark, B. (1997). "Computer Controlled Systems Theory and Design ", 3rd ed. Prentice Hall Inc. London.
11. Box, G., Jenkins, G., Reinsel ,G. and Ljung G., (2016)," Time Series Analysis Forecasting and control", John wiley & Sons , Inc . Hoboken, New Jersey.
12. Box,G.E.P., & Jenkines,G.M.,(1976):"Time Series Analysis Fore-casting and Control ",Holden Day Inc. 500 Sansome Street San Francisco California U.S.A.
13. Chiras, N., (2002). " Linear and Nonlinear Modeling of Gas Turbine Engines ", Ph.D.Thesis University of Glamorgan Limassol Gyprus .
14. Ljung, L., (1999). " System Identification Theory for user ", 2nd ed. Prentice Hall Upper Saddle River N.J. London UK
15. Ljung, L., (2004) . " System Identification Toolbox for use with MATLAB ", 6.0 Math works Inc .
16. Mahmoud, Magdi & Xia, Yuanqing , (2012) . " Applied Control Systems Design " , Springer-Verlag London Limited .
17. Nelles, O.,(2001)." Nonlinear System Identification from Classical Approach to Neural Network and Fuzzy Models ", Springer Verlag Belin Heidelberg Germany .
18. Tong, Howell, (1996). "Non-Linear Time Series a Dynamical System Approach" , Oxford University Press Inc.New York, USA .

Employment the black box models to forecast the central bank's foreign currency sales
Afrah Amin Hassan Abbo Naglaa Saad Ibrahim

Abstract

The research aims to forecasting multi-variable time series using black box models that link the input series with the output series with a mathematical model as it includes two types of models, which are equation error models and output error models, where the model rank was determined using a number of statistical and engineering criteria, namely (AIC, AICC, BIC, LOSS, FPE, FIT) and choosing the model corresponding to the lowest values of the criteria as the best model for forecasting the future values of the Central Bank's sales of foreign currency as a series of outputs and the demand gap as an input series, The results of the analysis showed that the appropriate model for the data is the model ARMAX(1,2,3,1) By relying on the ARMAX model, the central bank's sales were predicted for the next four months, and the forecast results were consistent with the original time series values, indicating the ARMAX model's efficiency.

Keywords: time series, black box, prediction error, delay time.