مجلة العلوم الإنسانية العربية

المجلد (١) العدد (٣)

٢٠٢٠(٦٣-٨٤)

AHJ Arab Humanities Journal

Middle East Institution of scientific Publishing

# التنبؤ بتقدير وتحليل المتغيرات المؤثرة في سعر الصرف في السودان باستخدام منهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات الفترة الزمنية من ١٩٧٥– ٢٠١٦م

**د. حسن توكل أحمد فضل**

*أستاذ مشارك اقتصاد قياسي وإحصاء تطبيقي، قسم إدارة الأعمال، كلية الأعمال، جامعة الجوف*

**إيميل:** wdalaweeea1981@gmail.com

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

**استقبل في:** ٢٠٢٠/٥/٥

**تمت المراجعة في:** ٢٠٢٠/٥/١٦

**قُبِلَ للنشر في:** ٢٠٢٠/٥/١٦

**نُشِرَ إلكترونياً في:** ٢٠٢٠/٩/١٥

**الملخص**

تناولت هذه الدراسة بشيء من التفصيل المفاهيم الأساسية للسلاسل الزمنية والتنبؤ بها باستخدام منهجية بوكس جينكنز متعددة المتغيرات، وتمثلت مشكلة الدراسة في صياغة نموذج احصائي للتنبؤ بتقدير وتحليل المتغيرات المؤثرة في سعر الصرف باستخدام منهجية بوكس جينكنز متعددة المتغيرات، وهدفت الدراسة إلي استخدام منهجية بوكس جينكنز متعددة المتغيرات في التنبؤ بتقدير وتحليل المتغيرات الاقتصادية المحددة لحركة سعر الصرف في السودان خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م بإدخال هذه المتغيرات كمدخلات في النموذج المقّدر، واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليل والمنهج الإحصائي في تحقيق أهدافها والحزم الإحصائية ( *SPSS*[21], *NCSS*[12], *MINITAB*[16], *E_views*[9])، وتوصلت الدراسة إلي ان نماذج السلاسل الزمنية أفضل أساليب التنبؤ بصفة عامة وطريقة منهجية بوكس جينكينز متعددة المتغيرات بصفة خاصة، وأن عدم استقرارية (وسكون) السلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة يعود لوجود الاتجاه العام العشوائي وطبيعة متغيرات مؤشرات الاقتصاد الكلي في بيئتها. وأن النموذج الأمثل للدراسة هو ( ARIMA 2,1,1) وفق منهجية بوكس جينكنز متعدد المتغيرات. كما خلصت الدراسة إلى جودة وملائمة نماذج (ARIMA 2,1,1) متعددة المتغيرات في التنبؤ بحركة سعر الصرف والمتغيرات المحددة له. وأوصت الدراسة بالعمل على إيجاد قاعدة للمعلومات تلبي احتياجات جميع أقسام وزارة المالية والاقتصاد الوطني وإدارات البحوث والإحصاء ببنك السودان المركزي، وضرورة إعطاء الأهمية الكافية للدراسات الإحصائية والقياسية والتنبؤية بما يخص مختلف الظواهر الاقتصادية وغيرها. وعلى

القطاع الاقتصادي (وزارة المالية والاقتصاد الوطني وبنك السودان المركزي) استخدام نموذج (ARIMA 2,1,1) في التنبؤ بسعر الصرف في المستقبل مع استصحاب المؤشرات الاقتصادية المحددة له في النموذج

**الكلمات المفتاحية:** منهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات، سعر الصرف في السودان، الاحتياطي من النقد الأجنبي في السودان، دالة الارتباط الذاتي، كشف الاستقرارية في بيانات السلاسل الزمنية

**Abstract**

This study addresses in details the basic concept of time series and predicting them with the use of Box – Jenkins Methodology multi-variables. The study aims at using the Methodology of Box – Jenkins in predicting estimating and analyzing the economic variables specifying the rate of exchange in Sudan during the period 1975 – 2016 with entering these variables in the estimated model, the study made use of the descriptive Methodology for analysis and the statistical methodology in realizing its objectives and the (SPSS[21], NCSS[12], Mintab[16] "E- views[9]). The study conclude that the time series is the best methods for prediction in general, and the methodology of Box – Jenkins of multi- variables in particular, and in stability and (stationary) of the time series is due to the existence of the random orientation and the nature of the random indicatives of macro-economics in their environment. The proper model of the study is (ARIMA 2.1.1) according to Box – Jenkins Methodology (the multi variables one). The study concluded with to the quality and suitability of the models of (ARIMA 2.1.1) the multi-variables in predicting the rate of exchange and the specified variables. The study recommended the followings. To strive to find date base that meets all the needs of ministry of finance and National economics and the research and statistic administration at the central Bank of Sudan, and the necessity to give full care to statistical, econometrics and predictive studies regarding the different economic phenomena. The economic sector at (the Ministry of finance and National economy and the central bank of Sudan should use the model of (ARIMA 2.1.1) in predicting the rate of exchange in future accompanied with specified economic indicatives in the Models.

**Keys Words:** Box-Jenkins Multivariate Methodology, Exchange Rate in Sudan, Foreign Exchange Reserves in Sudan, Autocorrelation Function, Detecting Stationarity in time series data.

**المقدمة**

القرارات الاقتصادية في معظم الأحوال لها تبعات وآثار تأخذ مداها علي أرض الواقع، وقد تبقي مدة من الزمن حتى تنحسر أو تزول، وفي العادة تكون هنالك فترة زمنية بين قرار أو نشاط ما وما يمكن أن يظهر من تبعات ونتائج لهذا القرار أو النشاط بعد انقضاء تلك الفترة. وان هذه الآثار لا تظهر بالعادة دفعة واحدة بل تكون موزعة (*Distributed*) علي فترات أو فجوات زمنية قد تطول أو تقصر حسب واقع الظاهرة المراد دراستها وتحليلها. وإن صفة عدم التأكد في تحديد حركية سلوك مختلف المتغيرات الإحصائية خاصة في القضايا الاقتصادية والمالية جعل النظريات الحديثة في الإحصاء التطبيقي بصفة عامة ومنهجيات السلاسل الزمنية بصفة خاصة ومنهجية بوكس – جينكنز (علي وجه التحديد) تعطي قدراً من الأهمية بدءاً باستخدام المتغيرات المحددة للظاهرة (قيد الدراسة) كمتغيرات تابعة تتأثر هي والمتغير المراد دراسته بالزمن هذه الصفة الإضافية من شأنها أن تسهم في تحسين التنبؤات الناتجة عن هذه النماذج المختلفة.

وشهد السودان خلال الأربعة عقود الأخيرة تدهوراً كبيراً في قيمة العملة الوطنية وعدم استقرار في سعر الصرف والسياسات المتعلقة به. وقد أدي ذلك إلي تعرض قيمة الأصول إلي التآكل نتيجة للتدهور المستمر في قيمة العملة السودانية مقابل الدولار الأمريكي والعملات الأخرى. ويعتبر سعر الصرف من أهم أدوات مؤشرات الاستقرار الاقتصادي لأنه يؤثر ويتأثر بالمؤشرات الاقتصادية الأخرى. بالإضافة إلي تأثره بالأوضاع الداخلية والخارجية، ونتيجةً للتبادل التجاري للسلع والخدمات بين الدول نشأ مفهوم سعر الصرف، لذا تولي السلطات النقدية سياسات سعر الصرف اهتماماً كبيراً خاصة

الدول التي تعاني من شح في مواردها من العملات الأجنبية (السودان نموذجاً)، لأن قوة الاستقرار الاقتصادي لأي بلد ترتبط ارتباطاً وثيقاً بسعر الصرف العملة الوطنية أمام العملات الأخرى. عملية التنبؤ في السلاسل الزمنية تتأثر بشكل مباشر باختيار النموذج المناسب لبيانات السلسلة الزمنية (بناء النموذج)، حيث تؤثر هذه الخطوة تأثيراً مباشراً في دقة التنبؤات المتحصل عليها باستخدام نماذج السلاسل الزمنية الكلاسيكية ونماذج السلاسل الزمنية الحديثة، وتعتبر بيانات السلاسل الزمنية لقطاعات مختلفة في معظمها بيانات غير خطية وتعاني أحياناً من العشوائية والاضطرابات والتذبذب إلا أن معظم طرق التنبؤ المستخدمة في تحليل هذه البيانات قد لا تراعي هذه الجوانب مما قد ينعكس سلباً على دقة النتائج المتحصل عليها من هذه الطرق. إذن بناء نموذج للتنبؤ وفق منهجية بوكس – جينكنز متعدد المتغيرات، يتم عبر سلسلة مرتبة من المراحل وتوظيف العديد من الاختبارات الإحصائية، ما يضمن الدقة في رسم الخطط بشكل أفضل ,يزيد من رشد القرارات الاقتصادية وفاعليتها مستقبلاً.

*** مشكلة الدراسة**

إن تقلبات أسعار الصرف والمخاطر المرتبطة بها تمثل إحدى أهم المشاكل التي تواجه المؤسسات المالية والاقتصادية على اختلاف أنواعها، ويواجه السودان منذ عقود تذبذباً في سعر الصرف وتحديد المتغيرات المحددة لهذا التذبذب، وتكمن مشكلة هذه الدراسة في التذبذب الذي يمر به سعر الصرف خلال فترة الدراسة وكيفية بناء وصياغة نموذج إحصائي باستخدام منهجية بوكس – جينكنز (*Box-Jenkins*) متعددة المتغيرات يساعد في تقدير وتحليل والتنبؤ بحركة سعر الصرف في السودان وقياس المتغيرات والمؤشرات الاقتصادية المؤثرة فيه في فترة الدراسة (١٩٧٥-٢٠١٦م).

*** أهمية الدراسة**

تنبع أهمية هذه الدراسة من الأهمية الكبيرة التي تتمتع بها أساليب التنبؤ في تحليل بيانات السلاسل الزمنية الاقتصادية، وذلك من خلال استخدامها في عمليات اتخاذ القرار ورسم السياسات المستقبلية للقطاعات الاقتصادية المختلفة. ومن أكثر الأساليب المستخدمة في تحليل بيانات السلاسل الزمنية الاقتصادية باتجاه الزمن نماذج بوكس – جنكنز وذلك لارتفاع درجة الدقة في تنبؤاتها، وللأهمية الكبيرة لهذه الأساليب في القطاعات الاقتصادية كان التركيز على أكثر هذه القطاعات استخداماً لأساليب التنبؤ وهو قطاع النقد الأجنبي (سعر الصرف) الذي يكثر فيه بناء نماذج السلاسل الزمنية من اجل التنبؤ والتخطيط للمستقبل لمعالجة هذا القطاع.

* **الأهمية التطبيقي:** وتتمثل في تزويد المهتمين بالجانب الاقتصادي من أصحاب القرار والمستثمرين والباحثين عن التنبؤ بحركة سعر الصرف في السودان وما يترتب عليه من وضع الخطط الاقتصادية لمواجهة أي أزمات أو مشاكل اقتصادية محتمله.

* **الأهمية الإحصائية:** وتتمثل في استخدام وتطبيق منهجيات حديثة في السلاسل الزمنية مثل استخدام منهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات الذي يعمل على تقوية النموذج المقّدر وتهيئته علي التنبؤ بإدخال متغيرات مستقلة في نموذج السلسلة الزمنية.

*** أهداف الدراسة**

حدث تطور ملموس في النصف الثاني من السبعينات في أساليب تحليل السلاسل الزمنية الخاصة بالتنبؤ، وأهم هذا التطور منهجية بوكس – جينكنز (*Box-Jenkins*) متعددة المتغيرات، وعليه فإن الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو التنبؤ بتقدير وتحليل المتغيرات الاقتصادية المؤثرة في سعر الصرف في السودان من خلال تحديد أفضل الأساليب الإحصائية والقياسية المستخدمة في التنبؤ. تهدف الدراسة إلى تحقيق الهداف التالية:-

١- التعرّف على نماذج السلاسل الزمنية الحديثة ونماذج منهجية (بوكس – جينكنز) (Box–Jenkins) متعددة المتغيرات.

٢- التعرّف علي مفاهيم وأدبيات سعر الصرف والمتغيرات والمؤشرات الاقتصادية المحددة والمؤثرة عليه، والمراحل التي مرت بها خلال فترة الدراسة.

٣- قياس العلاقة الإحصائية بين المتغيرات المؤثرة في سعر الصرف في السودان خلال الفترة وتحديد اتجاهها باستخدام منهجية بكوكس – جينكنز(Box–Jenkins) متعددة المتغيرات.

٤- تحديد النموذج الأمثل من نماذج منهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات في بناء قاعدة التنبؤ بحركة سعر الصرف وفق محددات المتغيرات والمؤشرات الاقتصادية في السودان في فترة الدراسة.

*** فرضيات الدراسة**

وحددت الدراسة الفرضيات التالية لإثباتها عبر منهجية بوكس – جينكنز وهي:-

١- اختلاف طبيعة البيانات الخاصة بالمتغيرات والمؤشرات الاقتصادية المؤثرة في حركة سعر الصرف لعينة الدراسة سوف تؤثر على شكل النموذج الأنسب في التنبؤ ومكوناته.

٢- السلاسل الزمنية المستخدمة في التقدير والتحليل غير ساكنة (غير مستقرة) في المستوي ويمكن أن تستقر وتسكن في الفروق (الفرق الأول او الثاني).

٣- هنالك علاقة معنوية (ذات دلالة إحصائية) بين مؤشرات الاقتصاد الكلي المستخدمة في التقدير والتنبؤ وسعر الصرف في فترة الدراسة.

٤- يمكن التنبؤ بحركة سعر الصرف في السودان باستصحاب المؤشرات الاقتصادية في النموذج متعدد المتغيرات باستخدام منهجية بوكس جينكنز.

*** منهجية الدراسة**

لمحاولة اختبار مدى صحة الفرضيات التي تقوم عليها الدراسة تم الاعتماد على المنهجين الوصفي التحليلي والاستقرائي فيما يتعلق بالجانب النظري للظاهرة، نظرا لأنهما يتوافقان مع مقام تقرير الحقائق وفهم مكونات الموضوع وإخضاعه للدراسة الدقيقة وتحليل كل أبعاده بشكل من التوضيح والتفسير. وكذلك المنهج التاريخي لسرد تطور سعر الصرف والمحددات المالية المؤثرة فيه في السودان. والمنهج الوصفي لوصف حالة السودان. أما فيما يتعلق بالجانب التطبيقي (الميداني) من الدراسة تم الاعتماد على منهج دراسة الحالة بتوظيف خطوات المنهجية المعنية بنماذج التنبؤ باستخدام منهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات، من أجل إسقاط الدراسة على الواقع العملي حيث تم استخدام بيانات بنك السودان المركزي كنموذج لتطبيق ما تم تناوله في الجانب النظري للظاهرة. وكذلك المنهج القياسي التطبيقي وهي أساليب قياسية ومجموعة من الاختبارات الخاصة بالسلاسل الزمنية ومنهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات. واسخدمت الحزم الإحصائية ( $SPSS^{21}$, $NCSS^{12}$, $MINITAB^{16}$, $E_views^{9}$).

*** مصادر البيانات**

تم جمع البيانات السنوية لمتغيرات الدراسة (سعر الصرف ومعدل التضخم وحجم الكتلة النقدية والاحتياطي من النقد الأجنبي) من بنك السودان المركزي. وبصورة أساسية في تقارير بنك السودان المركزي.

*** حدود الدراسة**

**١- الحدود المكانية:** جمهورية السودان (بيانات بنك السودان المركزي).

**٢- الحدود الزمانية:** فقد حددت الفترة من **١٩٧٥-٢٠١٦م.**

*** الإطار النظري**

**١- منهجية بوكس جينكنز متعددة المتغيرات**

أن فكرة تحليل السلاسل الزمنية ببساطة هي تقدير نموذج رياضي يمكنه أن يحاكي تقريباً التدرج التاريخي لتلك الظاهرة بحيث يمكنه أن يقّدر بدقة قيم السلسلة الزمنية ويمكن استخدامه بالتنبؤ بقيم مستقبلية لهذه الظاهرة، وتقوم طريقة تحليل السلاسل الزمنية على فكرة ايجاد نموذج رياضي مناسب لطبيعة البيانات بحيث يجعل البواقي الأخطاء ($Residuals$) أقل ما يمكن وليس بها أي نوع من الترابط الداخلي فيما بينها. ويمكن رصد السلاسل الزمنية في شتى أنواع المعرفة وميادين التطبيق المختلفة في مجال الاقتصاد، التعليم، الطب، البيئة، الأرصاد الجوية، الزراعة، الكيمياء، الهندسة، وتعد عملية التنبؤ من المسائل الشائعة في العديد من مجالات العلوم كالكهرباء، والهيدرولوجيا والاقتصاد....الخ، وكانت هذه العملية محط اهتمام الإحصائيين لفترة طويلة من الزمن (عكاشة، ٢٠٠٢: ٢١).

**أ- تعريف السلسلة الزمنية**

السلسلة الزمنية هي مجموعة القيم لمؤشر إحصائي معين حسب تسلسل زمني، بحيث كل فترة زمنية يقابلها قيمة عددية للمؤشر تسمى مستوى السلسلة، وبمعنى آخر هي متتالية لقيم متغير إحصائي خلال مجالات زمنية متساوية (أسبوع، شهرية، سنة...) (سالم، ٢٠٠٤: ٢٢٣). ويمكن أن نعرفها أنها مجموعة من المعطيات لظاهرة ما مشاهدة عبر الترتيب التصاعدي للزمن ( Hocine,1988: p299). وأيضاً تعرف السلسلة الزمنية بأنها: "مجموعة من المشاهدات لظاهرة ما في أوقات محددة، وفي المعتاد على فترة متساوية أو بمعنى آخر: عبارة عن قيم أو مقادير هذه الظاهرة في سلسلة تواريخ متتابعة مثل أشهر أو أيام أو سنين، وفي العادة تكون الفترات بين التواريخ المتتالية المتساوية" (العتوم، ١٩٩٥: ٢٩٥). ويختلف نوع النماذج المعتمدة هنا عن نماذج القياس الاقتصادي من حيث البنية والهدف، كون النماذج المدروسة هنا تقوم بتفسير المتغير التابع بواسطة الزمن أو بسلوك نفسي المتغير في الماضي، فمثلاً لا نستطيع بالاعتماد على النظرية الاقتصادية في معرفة أسباب التغيرات الحاصلة في حجم المبيعات بدقة، فيمكن أن تكون هذه التقلبات ناتجة عن التغير في الأسعار، التغير في الدخل المتاح، ..الخ، كما يمكن أن تكون ناتجة عن عوامل موضوعية أخرى لا نستطيع قياسها كالطقس، تغير ذوق المستهلكين في يوم معين كيوم العيد مثلاً.

**ب– منهجية بوكس– جينكنز (Box – Jenkins)**

طرق بوكس–جينكينز طورت من قبل بوكس وزميله جينكينز (*Box and Jenkins, 1976*) لتحليل السلاسل الزمنية المستقرة *Stationary*. وكون السلسلة مستقرة يعني أن متوسطها الحسابي *Mean* وتباينها *Variance* ثابتان طوال زمن السلسلة، وأن التغاير *Covariance* بين فترتين يعتمد فقط على المسافة (أو ما يسمى درجة الإبطاء *Lag*) بين الفترتين وليس على النقطة الزمنية التي حسب عندها الارتباط. وهذا يعني أنه بافتراض تقسيم السلسلة إلى مجموعة فترات زمنية فإن متوسطات وتباينات قيم السلسلة للفترات المختلفة تكون متساوية، وإذا ما كان هناك ارتباط بين قيم السلسلة المتتابعة فإنه يكون نفسه في جميع الفترات فلا يزيد ولا ينقص مثلاً باختلاف الفترة الزمنية (الغنام،٢٠٠٣:٢٦).

تعد طريقة التنبؤ بوكس – جينكنز (*Box – Jenkins*) (*Tenenhaus, 1994: 285*) طريقة هامة حيث أنها وضعت خصيصاً لمعالجة السلاسل الزمنية المعقدة، وبصفة عامة في الحالات

التي يكون فيها النموذج الابتدائي غير مطروح مسبقاً، ولهذا بوكس جنكيز اقترح صيرورة أو منهجية نظامية من أجل معرفة أو تشخيص، تقدير، اختيار النماذج وأخيراً القيام بعملية التنبؤ (*Michaud,1989: 81*)، حيث تعتبر هذه الطريقة جد غنية ودقيقة من الناحية المنهجية وهي تعميم لتقنيات المتوسطات المتحركة (La moyenne Mobile) مثلما هو (Bayes Ballet) وهي ما يقال عنها أنها عشوائية (Aleatorie) (عبد السلام، ٢٠٠٦: ٢١–٢٤).

مبدأ هذه الطريقة يرتكز على فكرة أن معظم السلاسل الزمنية يمكن اعتبارها كمتوسطات عريضة (Stochastique)، ويمكن وصفها استناداً إلى نماذج مرجعية. غير أنه يفترض في السلسلة الزمنية بأنها تحدث بنموذج عرضي (Processus – Stochas) إلى جانب فعالية هاته الطريقة ودقة نتائجها نجدها تشترط:–

١– سلسلة زمنية طويلة تحتوي على الأقل ٥٠ مشاهدة.

٢– خبرة ومهارة الباحث فيما يخص عملية الكشف عن النموذج الدقيق جداً.

**ج– دالة الارتباط الذاتي (ACF)**

نعرف دالة الارتباط الذاتي بالعلاقة:–

$$\rho(k) = \frac{cov(x_t, x_{t+k})}{\sqrt{v(x_t)}\sqrt{v(x_{t+k})}} \quad -1 \le \rho(k) \le 1$$

حيث: $\rho(k)$ : تمثل دالة الارتباط الذاتي، $cov(X_t, X_{t+k})$ : يمثل التباين المشترك بين المتغيرين $x_{t+k}, x_t$. ويسمى المنحنى البياني لدالة الارتباط الذاتي بـ (Correlogram). وان اختبار دالة الارتباط الذاتي للسلسلة يتم بمقارنة دالة الارتباط الذات السلسلة الأصلية مع تلك المتولدة عن النموذج (المقدر)، فإذا لوحظ وجود اختلاف جوهري بينهما، فإنه يكون دليلاً قطعياً على فشل عملية التحديد، وهذا ما يستدعي إعادة بناء النموذج وتقديره من جديد، أما إذا تشابهت الدالتان كما هو في الحال عند مقارنة دالتي الارتباط الذاتي، فإننا ننتقل إلى دراسة وتحليل بواقي النموذج، وهذه العملية تتطلب حساب ورسم دالة الارتباط الذاتي لهذه البواقي.

**د– دالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF)**

تمكن هذه الدالة من حساب معاملات الارتباط الذاتي الجزئية بين المشاهدات وفي فترات مختلفة، كما تسمح عن الخصوص بتشكيل نماذج الانحدار الذاتي، وهي تعرف رياضياً كما يلي:–

$$r(h) = \frac{cov(x_t - \hat{x}_t)(x_{t+h} - \hat{x}_{t+h})}{\sqrt{(x_t - \hat{x}_t)}\sqrt{(x_{t+h} - \hat{x}_{t+h})}}$$

حيث: $\hat{x}_{t+h}, \hat{x}_i$ يمثلان انحدار كل من على الترتيب.

ويسمى التمثيل البياني لدالة الارتباط الذاتي الجزئية ب Partial Correlogram.

**هـ– اختبار Ljung – Box – Pierce Sstatistic**

يعرف هذا الاختبار بـModified Box-Pierce وحسب من طرف معظم البرامج الإحصائية مثل: TSP, SPSS...الخ، إذ إنه يمكن استعمال $\dot{Q}$ بدلاً من Q حيث أن هذا الأخير يعاين من نفس عيوب $R^2$ (لا يتأثر بزيادة المتغيرات المفسرة) حيث (يس،٢٠٠٩:٥١):–

$$\dot{Q} = n(n+2)\sum_{i=1}^{n}(x)r_i^2 \sim \mathcal{X}^2_{k-p-q}$$

عند اختبار الإحصائية Q أو $\dot{Q}$ يمكن رفع مستوى المعنوية ٥% إلى ١٠% وهذا الإجراء وارد نظراً لضعف المعنوية في الميدان التطبيقي.

*** معيار Achaike**

يرمز له بالرمز (AIC) ويعرف بالعلاقة التالية:–

$$AIC = \sigma^2 \exp\left\{2\left(\frac{p+q}{n}\right)\right\}$$

حيث: $\sigma^2 = s^2$ محسوباً بطريقة المعقولية العظمة و (p+q): عدد معالم النموذج ويكون الاختيار على أساس أصغر قيمة للمعيار.

* **معيار Schwarz**

ويعطي بالعلاقة التالية:-

$$BIC = Ln\left(\sigma^2\right) + \left(\frac{p+q}{n}\right)Ln(n)$$

ويكون الاختبار على أساس أصغر قيمة للمعيار

* **معيار Hannan – Quinn**

يرمز له بالرمز φ ويكتب بالشكل

$$\varphi(p,q) = Ln\left(\sigma^2\right) + (p+q)C \tan\theta = \frac{}{LnLn(n)}$$

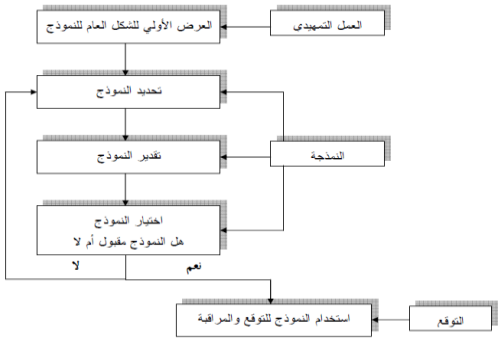
حيث: $\sigma^2 = s^2$ محسوباً بطريقة المعقولية العظمى ويساوي: $\frac{\sum e_t^2}{n}$

يكون النموذج الأفضل الذي يعطي أقل قيمة أي:

$$Min\varphi(p,q)$$

**مخطط رقم (١) يوضح منهجية بوكس – جينكيز في بناء نماذج السلاسل الزمنية**

الشكل رقم(2-9): منهجية بوكس – جينكز في بناء نماذج السلال الزمنية الخطية




**المصدر**

***Box Geb-Jenkins G,M, Time serie analysis, forecasting and control, Holdenday,1976,p***

حيث أن: $\theta_0, \theta_1, \theta_2 \ldots + \theta_q$ هي معالم النموذج التي يمكن أن تكون موجبة أو سالبة و $\varepsilon_t, \varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \ldots, \varepsilon_{t-q}$ هي متوسطات متحركة لقيم الحد العشوائي في الفترة t والفترات السابقة، q تمثل درجة النموذج.

**النماذج المختلطة المستقرة Mixed ARMA (p.q) models**

تشمل هذه النماذج كما يظهر في الكتابة ARMA على القسم الانحداري ذي الدرجة p وقسم المتوسطات المتحركة ذي الدرجة q. كما يظهر في الكتابة التالية:-

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \cdots + \phi_p Y_{t-p} + \delta + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

**١-٦ نماذج ARA (p.q) غير المستقرة ARIMA models (p,d,q):**

يسمى هذا النوع من النماذج بالنماذج المتجانسة غير المستقرة أو المختلطة المركبة (integrated) من الدرجة d (حيث d يمثل عدد مرات تطبيق طريقة الفروقات من الدرجة الأولى على السلسلة الزمنية للحصول على سلسلة أخرى مستقرة)، ويرمز لها بـARIMA (p,d,q)، وهي تختلف عن ARMA(p,q) في أن السلسلة الزمنية المدروسة غير مستقرة، ولإزالة عدم الاستقرار هذا يجب استعمال طريقة مناسبة لمصدر عدم الاستقرار، وتطبق طريقة الفروقات من الدرجة الاولى إذا كان مصدر عدم الاستقرار هو الاتجاه العام، فيكون d=1، ونكتب:

$$y_t - y_{t-1} = w_t$$

**١-٧ النماذج الموسمية المختلطة: SARIMA (p,d,q)**

تتميز السلاسل الزمنية في الواقع بوجود المركبة الموسمية، الشيء الذي يؤدي إلى ارتفاع كل من q,p، وبالتالي تصعب عملية تقديرها، ولأجل ذلك وضع نموذج يسمى بالنموذج المختلط ذي المركبة الموسمية SARIMA (p,d,q). ويمكن التعبير عنه رياضياً كما يلي:-

$$\phi(\mathrm{L})\Phi(\mathrm{L}^{s})\nabla^{\mathrm{d}}\nabla_{\mathrm{s}}^{\mathrm{D}}\mathrm{Y}_{\mathrm{t}} = \theta(\mathrm{L})\Theta(\mathrm{L}^{s})\varepsilon_{t}$$

حيث:

$\Phi(\mathrm{L}^{s}) = 1 - \phi_{1}\,\mathrm{L}^{s} - \phi_{2}\mathrm{L}^{2S} - \cdots - \phi_{\mathrm{p}}\mathrm{L}^{\mathrm{Ps}}$ يمثل $\nabla_{\mathrm{s}}^{\mathrm{D}} = (1 - \mathrm{L}^{s})^{\mathrm{D}}$ الفروقات الموسمية من الدرجة $D$، $\nabla^{\mathrm{d}} = (1 - \mathrm{L})^{d}$ الفروقات المتتالية من الدرجة d اللذان يستخدمان لتحقيق استقرارية $\mathrm{Y}_{\mathrm{t}}$ (العرجان،٢٠٠٠:٢٠).

*** متغيرات الدراسة**

*** سعر الصرف في السودان خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م (المتغير التابع)**

اتسمت السياسات الاقتصادية المتبعة في السودان لتحقيق الاستقرار في سعر الصرف خلال فترة الدراسة (١٩٧٥-٢٠١٦م) بالتشابه من حيث الإجراءات وبهدف معرفة فعالية السياسات الاقتصادية الكلية في تضييق فجوة عدم استقرار سعر الصرف في السوداني خلال فترة الدراسة، وهنا لابد من التطرق إلى سياسات سعر الصرف التي اتخذت خلال الفترة لمعرفة السياسات الاقتصادية الكلية المتبعة خلال فترة الدراسة (١٩٧٥-٢٠١٦م)، وتحديد مدى فاعلية هذه السياسات الاقتصادية في معالجة التذبذب وعدم استقرار سعر الصرف في السودان (صالح، ٢٠٠٥: ١١).

*** الملامح العامة لسياسات سعر الصرف في السودان خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م**

طبق بنك السودان نظام سعر الصرف الثابت منذ تحديد سعره عام 1958 عقب انضمام السودان لعضوية صندوق النقد الدولي، وقامت الدولة بالاتفاق مع الصندوق بتحديد سعر صرف الجنيه السوداني بما يعادل 2.87 دولار. وفي أغسطس 1971م تم ربط الجنيه بالدولار الأمريكي. ومنذ بداية السبعينات بدأ السودان يستخدم سياسة تخفيض سعر الصرف كأداة للموازنة الخارجية، وذلك لتدهور موقف ميزان المدفوعات و الندرة العامة في النقد الأجنبي للصرف الكبير على مشروعات التنمية، مما أضعف مقدرة البلاد على استيراد مدخلات الإنتاج الأساسية، الأمر الذي أدى إلى تدني الإنتاج والإنتاجية في كل القطاعات الاقتصادية. لذلك تم إدخال نظام تعدد أسعار الصرف لأول مرة بالبلاد فبالإضافة إلى السعر الرسمي أصبح هنالك سعر تشجيعي لبعض الصادرات وضريبة على الواردات وسعر تشجيعي لتحويلات المغتربين ليصبح السعر الفعلي للجنيه السوداني 2.5دولار (بنك السودان المركزي، ٢٠١٥: ٢٠٧).

وفي السودان لم تستخدم سياسات سعر الصرف كأداة لإصلاح الإخلال الهيكلي في ميزان المدفوعات وإحداث التوازن الداخلي والخارجي إلا في نهاية السبعينات، عندما بدأت الحكومة في إحداث سلسلة التخفيضات في أسعار صرف الجنيه السوداني في عام ١٩٧٨م، ليتواصل تخفيض سعر الصرف بصورة مستمرة تحت إشراف صندوق النقد الدولي ووفقاً لتوجيهاته، بهدف علاج الاختلالات الهيكلية في الاقتصاد، وتقليل عجز ميزان المدفوعات، وتشجيع الاستثمار الأجنبي. لذلك قام الصندوق بتجربته الأولى في السودان مستخدماً منهجية سعر الصرف، عبر مذكرته الأولى بناء على دراسة أعدها كريم نشياشيبي مستخدماً فيها منهج تنافسية المحاصيل عام ١٩٧٨م، لإحداث تعديلات في سعر الصرف، والتي أوضح فيها أن تخفيض الجنيه السوداني يهدف لتأمين تنافسية المحاصيل، وذلك بزعم أن الجنيه السوداني مقوماً بأكثر مما تمليه تركيبة الأسعار العالمية وتركيبة التكاليف المحلية (محمد،٢٠١٣:٢٦٤).

*** تطور سعر الصرف في السودان**

تطورت نظم تحديد أسعار الصرف من الأسعار الثابتة التي طبقت في ضوء العمل بقاعدة الذهب حتى عام ١٩٧١م، إذ أصبح الدولار هو المرتكز في نظام النقد الدولي وفك ارتباط الدولار بالذهب مما أدى إلى تبني أسعار صرف مرنة وعائمة لدى العديد من البلدان التي تبنت سياسات التحرير الاقتصادي وإعادة الهيكلة (زكي،١٩٨٧:١٤٥). وبالنسبة للسودان فقد عمل بنظام التثبيت منذ عام ١٩٥٧م لتعادل العملة، اذ كان سعر الصرف مربوطا بالجنيه الإسترليني حتى تم ربطه بالدولار عام ١٩٧١م، واستمر العمل به في ظل نظام الرقابة على النقد الأجنبي حتى صدور قانون تنظيم التعامل بالنقد الأجنبي عام ١٩٧٩م من خلال السوقين الرسمي والموازي (محمد،١٩٩٧:١٥). ويعد هذا القانون نقطة تحول في سياسة النقد الأجنبي في السودان ويمكن تمييز نوعين من الاسواق لسعر الصرف هما (حمزه،٢٠١٣:٢٨)

*** السوق الرسمي**

يختص هذا السوق بالمعاملات الحكومية واستيراد السلع الأساسية التي يقوم بنك السودان بدفع قيمتها، هذا من جانب الاستخدامات (Assets) في هذا السوق، اما من جانب الموارد Resource بالنقد الأجنبي فتتكون من الإيرادات والقروض والمنح

الحكومية وحصيلة الصادرات الرئيسية ونسبة يحددها بنك السودان من الصادرات الأخرى، وكذلك المتحصلات غير المنظورة، ويتم التعامل في هذا السوق بالسعر الرسمي الذي يقرره بنك السودان للاستخدامات والموارد التي يقوم بها مباشرة أو تقوم بها البنوك المعتمدة نيابة عنه (الطيب،٢٠٠٧:٢٥).

*** السوق الموازي**

ويقصد به سوق المعاملات بالنقد الأجنبي على اساس السعر الموازي أو السعر التجاري الذي يهدف الى جذب المدخرات وزيادة استثمارات القطاع الخاص ويتمثل هذا السوق في صرافات Exchanges البنوك المعتمدة وشركات الصرافة العامة والصرافات الخاصة.

*** معدلات التضخم في السودان خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م**

يقصد به الارتفاع الواضح والمستمر في الرقم العام للأسعار (وليس زيادة الأسعار)، فالتضخم هو معدل التغير النسبي للرقم القياسي لنفقة المعيشة بين فترتين زمنيتين (فترة الأساس وفترة المقارنة) منسوب للرقم القياسي في فترة الأساس (أحمد محمد،٢٠١٤:٤١).

أي أن:-

حيث أن:

معدل التضخم $F$

الرقم القياسي لنفقة المعيشة في الفترة الزمنية (t+1) $CPI_{(t+1)}$

الرقم القياسي لنفقة المعيشة في الفترة الزمنية (t) $CPI_{(t)}$

وتكمن مشكلة ارتفاع معدلات التضخم فى توزيع الدخول والثروة التى تتركز بسببه عند فئة معينة بينما يزداد الفقراء فقرا وبالرغم من أن بعض الاقتصاديين يرون أن المعدلات المنخفضة للتضخم ضرورية لتحقيق النمو الاقتصادي إلا أن النسب المرتفعة للتضخم يمكن اعتبارها بمثابة أزمة اقتصادية ينبغى وضع الحلول الناجعة لها. ويشكك بعض الاقتصاديين فى مصداقية الأرقام التى يصدرها الجهاز المركزي للإحصاء فيما يتعلق بالمؤشرات الاقتصادية بصورة عامة ومعدل التضخم بصورة خاصة لاعتماده فى حسابها على بيانات قديمة خاصة وان السلع فى ارتفاع مستمر قائلين بأنه من الطبيعي أن ترتفع نسبة التضخم (محجوب،٢٠٠٧:٥١).

*** عرض النقود أو (الكتلة النقدية) في السودان خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م**

هي الكمية المطلقة المتداولة من النقود في المجتمع الاقتصادي أو هو الرصيد الكلي لوسائل الدفع المحلية المتوفرة في المجتمع. ومصادرها هي: أولاً: الدولة حيث تقوم بإصدار النقود بجميع فئاتها عن طريق البنك المركزي والذي يلتزم بدورة بمعايير صارمة في عملية الإصدار، أهمها المحافظة على استقرار الاسعار وقيمة النقود. ثانياً: الجهاز المصرفي فمثلا في البنوك التجارية حيث يقوم بعملية توليد النقود للمجتمع من خلال الاعتماد على نظام الاحتياطي الجزئي والذي يسمح لها بالاحتفاظ بجزء من الودائع وإقراض الجزء الأخر (جعفر،٢٠١٦:١٨).

*** الاحتياطي من النقد الأجنبي في السودان خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م**

يمثل احتياطي النقد الأجنبي دوراً مهما في التأثير على مختلف نواحي البيئة الاقتصادية حيث تعكس أهمية هذا الدور مجموعة من المؤشرات الاقتصادية الأساسية مثل معدلات النمو، والتضخم، والناتج المحلى الإجمالي، والبطالة وكذلك وضع ميزان المدفوعات، ومن المعلوم أن احتياطي النقد الأجنبي يمثل أهمية فى النمو الاقتصادي، وتدفق رؤوس الأموال الأجنبية ويساعد على جلب التكنولوجيا الحديثة بالإضافة إلى المزايا الإدارية والمهارية. ويعتبر احتياطي النقد الأجنبي من الأدوات الضرورية للسياسة النقدية التي يقوم بها بنك السودان المركزي لما لها من أثر على الصادرات والواردات السلعية للدولة التي تؤثر بدورها على الميزان التجاري (سعيد،٢٠٠٩:٢١).

*** الجانب التطبيقي**

في هذا الفصل من الدراسة استعرض الدارس نتائج الجانب التطبيقي للدارسة، من خلال العرض التفصيلي المسبق لخطوات التحليل الإحصائي لبيانات السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات التي تتمثل في معدلات سعر الصرف، ومعدلات التضخم، وحجم الكتلة النقدية، والاحتياطي من النقد الأجنبي خلال الفترة الزمنية ١٩٧٥-٢٠١٦م حيث بدأ الفصل بعرض وصف إحصائي مبسط لبيانات السلاسل الزمنية من خلال المقاييس الإحصائية والرسومات البيانية بغرض إعطاء فكرة عامة عن طبيعة بيانات

السلاسل الزمنية التي سيتم نمذجتها باستخدام نماذج منهجية بوكس وجنكيز متعددة المتغيرات وذلك بالاعتماد على اللغات البرمجية للتحليل الإحصائي ( *SPSS*[21], *NCSS*[12], *MINITAB*[16], *E_views*[9]). ثم عكف الدارس علي تطبيق مراحل التنبؤ بمنهجية بوكس وجنكيز متعددة المتغيرات وفق مراحلها الأربعة.

**١- الوصف الإحصائي لبيانات السلاسل الزمنية**

اشتملت الدارسة على سلاسل زمنية طويلة المدى تتكون من (٤٢) مشاهدة خلال السنوات ١٩٧٥ وحتى ٢٠١٦م وهي مقبولة وفق أدبيات التحليل الإحصائي للسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات، وهذه السلاسل عبارة عن متغيرات اقتصادية للاقتصاد السوداني وهي معدلات سعر الصرف (ER)، ومعدلات التضخم (INF)، وحجم الكتلة النقدية (M2)، والاحتياطي من النقد الأجنبي (R) وتم الحصول عليها من بنك السودان المركزي ومقارنتها ببعض المصادر مثل الجهاز المركزي للإحصاء ووزارة المالية والاقتصاد الوطني.

**جدول رقم (١) يوضح الخصائص الإحصائية لبيانات الدراسة خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م**

| | ***ER*** | ***INF*** | ***M2*** | ***R*** |
|---|---|---|---|---|
| ***Mean*** | *1.534290* | *44.81429* | 15083.00 | *13.82281* |
| ***Median*** | *0.823200* | *21.55000* | 2170.200 | *14.00000* |
| ***Maximum*** | *6.182000* | *307.0000* | 112475.3 | *30.00000* |
| ***Minimum*** | *0.005000* | *-1.000000* | 31.00000 | *0.367000* |
| ***Std. Dev.*** | *1.785339* | *59.19397* | 26859.20 | *8.627480* |
| ***Skewness*** | *1.077407* | *2.634253* | 2.152840 | *-0.060657* |
| ***Kurtosis*** | *3.459059* | *10.86407* | 6.861809 | *2.191011* |
| ***Jarque-Bera*** | *8.494430* | *156.8014* | 58.54179 | *1.171067* |
| ***Sum Sq. Dev.*** | 130.6848 | 143661.0 | 2.967410 | 3051.770 |
| ***Probability*** | *0.014304* | *0.000000* | 0.000000 | *0.556809* |
| ***Observations*** | ***42*** | ***42*** | ***42*** | ***42*** |

**المصدر: إعداد الدارس من نتائج برنامج (E-views[9])**

يوضح الجدول أعلاه الخصائص الإحصائية لمتغيرات الدراسة حيث يتبين أن قيم المتوسط الحسابي والوسيط كانت إيجابية وكانت قيم الانحراف المعياري مرتفعة مما يعني وجود تلقبات عالية في مؤشرات الاقتصاد السوداني وهي نتيجة طبيعية وفقاً للتقلبات والتذبذب الذي يعيشه الاقتصاد السوداني في فترة الدراسة. أما قيم معاملات الالتواء (***Skewness***) فقد كانت متفاوتة لكن أغلبها أكبر من الواحد وموجبة مما يعني أن هذه المتغيرات ملتوية نحو اليمين وتبتعد عن التوزيع الطبيعي مما يدل علي أن مؤشرات الاقتصاد الكلي في السودان هي سلاسل زمنية تتأثر بالصدمات الموجبة (الأخبار الموجبة) أكثر من الصدمات السالبة (الأخبار السيئة)، هذا بإستثناء متغير الاحتياطي من النقد الأجنبي (R) الذي اقترب من الصفر مما يدل علي أنه قريب من التوزيع الطبيعي. ووفقاً لمعاملات التفرطح (***Kurtosis***) علي أن السلسلة الزمنية ذات ذروة مرتفعة بالمقارنة مع التوزيع الطبيعي حيث كان معامل التفرطح أكبر من القيمة المعيارية (3) وهذا يدل علي وجود قيم شاذة في السلاسل الزمنية مما يؤدي إلي ارتفاع وانخفاض مؤقت في مؤشرات الاقتصاد الكلي في السودان خلال فترة الدراسة، عدا متغير الاحتياطي من النقد الأجنبي (R). وتؤكد قيم اختبار جاركو – بيرا (***Jarque-Bera***) للتوزيع الطبيعي علي أن السلاسل الزمنية لمؤشرات الاقتصاد الكلي تبتعد عن التوزيع الطبيعي عند مستوي دلالة (5%) حيث كانت القيم الاحتمالية المصاحبة لقيمة اختبار (***Jarque-Bera***) أقل من مستوي المعنوية المحدد (5%).

**٢- دراسة استقراريه السلاسل الزمنية**

التعرّف علي استقرار السلاسل الزمنية محل الدراسة من خلال القراءات الإحصائية لدالتي الارتباط الذاتي (*ACF*) والارتباط الذاتي الجزئي (*PACF*) للسلاسل الزمنية لمتغيرات الاقتصاد الكلي (ER, INF, M2, R) خلال الفترة، وكذلك اختبارات جز

الوحدة الثلاث ديكي – فوللر الموسع (ADF) واختبار فيليبس بيرون (PP) واختبار (KPSS).

*** دالتي الارتباط الذاتي (*ACF*) والارتباط الذاتي الجزئي (*PACF*) للسلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة**

تم استخدام دالتي الارتباط الذاتي (*ACF*) والارتباط الذاتي الجزئي (*PACF*) للسلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة للتعرّف علي شكل نموذج منهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات وذلك باستخدام الحزم (SPSS[21], MINITAB[16], E_views[9]).

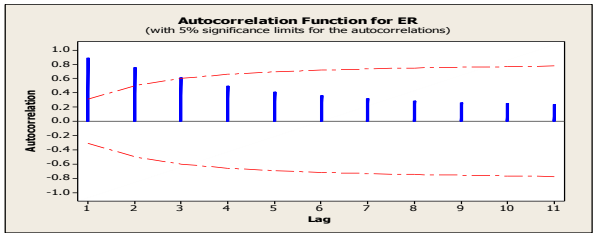
**جدول رقم (٢) يوضح معاملات الارتباط الذاتي (AFC) للسلاسل الزمنية محل الدراسة وقيمة الدلالة الإحصائية**

| ACF (R) | | ACF (M2) | | ACF (INF) | | ACF (ER) | | الفجوات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ACF | sig | ACF | sig | ACF | sig | ACF | sig | K |
| .884 | .000 | .889 | .000 | .718 | .000 | .951 | .000 | 1 |
| .770 | .000 | .790 | .000 | .599 | .000 | .893 | .000 | 2 |
| .664 | .000 | .696 | .000 | .488 | .000 | .832 | .000 | 3 |
| .505 | .000 | .610 | .000 | .407 | .000 | .768 | .000 | 4 |
| .350 | .000 | .532 | .000 | .304 | .000 | .683 | .000 | 5 |
| .204 | .000 | .459 | .000 | .163 | .000 | .603 | .000 | 6 |
| .127 | .000 | .387 | .000 | .064 | .000 | .527 | .000 | 7 |
| .048 | .000 | .325 | .000 | -.098 | .000 | .453 | .000 | 8 |
| -.041 | .000 | .264 | .000 | -.084 | .000 | .383 | .000 | 9 |
| -.069 | .000 | .204 | .000 | -.142 | .000 | .315 | .000 | 10 |
| -.107 | .000 | .153 | .000 | -.200 | .000 | .244 | .000 | 11 |
| -.137 | .000 | .107 | .000 | -.233 | .000 | .167 | .000 | 12 |
| -.147 | .000 | .070 | .000 | -.292 | .000 | .089 | .000 | 13 |
| -.169 | .000 | .043 | .000 | -.323 | .000 | .015 | .000 | 14 |
| -.184 | .000 | .027 | .000 | -.351 | .000 | -.061 | .000 | 15 |
| -.202 | .000 | .019 | .000 | -.358 | .000 | -.137 | .000 | 16 |

**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

يتضح من الجدول أعلاه من خلال دالة الارتباط الذاتي لمتغيرات الاقتصاد الكلي أن معاملات (AFC) من أجل الفجوات (K=1,2,..16) تختلف معنوياً عن الصفر عند مستوي معنوية ٥% (خارج مجال الثقة $\left[\frac{-1.96}{\sqrt{T}} \; ، \; \frac{+1.96}{\sqrt{T}}\right]$)، ثم تتناقص بوتيرة سريعة نحو الصفر ثم القيم السالبة وهذا لا يكفي للحكم علي استقرارية السلاسل الزمنية من عدمها وهذا يؤهلنا لاختبارات جزر الوحدة (ADF, PP, KPSS).

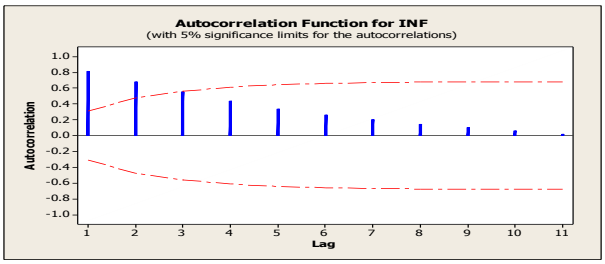
**الشكل رقم (١) يوضح شكل الارتباط الذاتي لمتغير سعر الصرف خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي البسيط لسلسلة بيانات متغير سعر الصرف p خروج عدد ٢ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1,2 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على عدم استقرارية السلسلة ولإثبات ذلك نستعين باختبار (ljung-box) لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي ذات الفجوات، ( k≤ 2) وهذا ما نتج من اختبارات (AFC) و(PAFC).

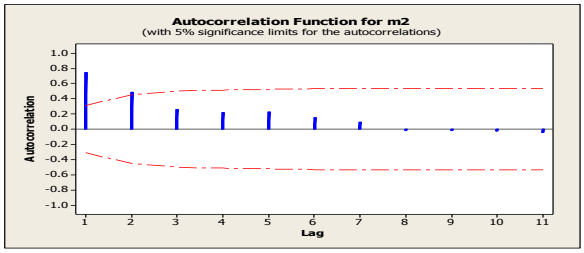
**الشكل رقم (٢) يوضح شكل الارتباط الذاتي لمتغير معدل التضخم خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي البسيط لسلسلة بيانات متغير معدل التضخم p خروج عدد ٢ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1,2 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على عدم استقرارية السلسلة ولإثبات ذلك نستعين باختبار (ljung-box) لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي ذات الفجوات، ( k≤ 2) وهذا ما نتج من اختبارات (AFC) و(PAFC).

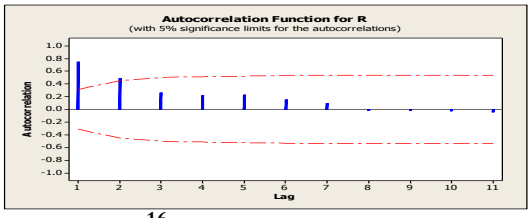
**الشكل رقم (٣) يوضح شكل الارتباط الذاتي لمتغير عرض النقود خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي البسيط لسلسلة بيانات متغير عرض النقود (الكتلة النقدية) خروج عدد ٢ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1,2 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على عدم استقرارية السلسلة ولإثبات ذلك نستعين باختبار (ljung-box) لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي ذات الفجوات، ($k\leq 2$) وهذا ما نتج من اختبارات (AFC) و(PAFC).

**الشكل رقم (٤) يوضح شكل الارتباط الذاتي لمتغير الاحتياطي خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي البسيط لسلسلة بيانات متغير الاحتياطي من النقد الأجنبي p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على عدم استقرارية السلسلة ولإثبات ذلك نستعين باختبار (ljung-box) لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي ذات الفجوات، (k=1) وهذا ما نتج من اختبارات (AFC) و(PAFC).

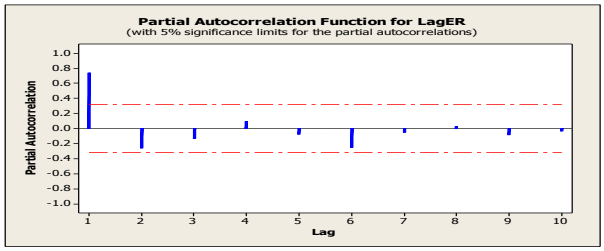
***جدول رقم (٣) يوضح معاملات الارتباط الذاتي الجزئي (PAFC) للسلاسل الزمنية محل الدراسة وقيمة الخطأ المعياري***

| $PACF_{(R)}$ | | $PACF_{(M2)}$ | | $PACF_{(INF)}$ | | $PACF_{(ER)}$ | | الفجوات |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PACF | STD. Error | PACF | STD. Error | PACF | STD. Error | PACF | STD. Error | K |
| .154 | .884 | .154 | .889 | .154 | .718 | .154 | .951 | 1 |
| .154 | -.049 | .154 | -.003 | .154 | .173 | .154 | -.128 | 2 |
| .154 | -.028 | .154 | -.032 | .154 | .019 | .154 | -.050 | 3 |
| .154 | -.309 | .154 | -.008 | .154 | .017 | .154 | -.064 | 4 |
| .154 | -.092 | .154 | -.016 | .154 | -.066 | .154 | -.254 | 5 |
| .154 | -.097 | .154 | -.022 | .154 | -.165 | .154 | .049 | 6 |
| .154 | .290 | .154 | -.040 | .154 | -.070 | .154 | -.019 | 7 |
| .154 | -.082 | .154 | -.001 | .154 | -.224 | .154 | -.029 | 8 |
| .154 | -.121 | .154 | -.033 | .154 | .166 | .154 | .034 | 9 |
| .154 | .024 | .154 | -.045 | .154 | -.041 | .154 | -.066 | 10 |
| .154 | -.095 | .154 | -.001 | .154 | -.076 | .154 | -.109 | 11 |
| .154 | .032 | .154 | -.018 | .154 | -.013 | .154 | -.125 | 12 |
| .154 | .044 | .154 | .004 | .154 | -.132 | .154 | -.087 | 13 |
| .154 | -.111 | .154 | .016 | .154 | -.119 | .154 | -.015 | 14 |
| .154 | -.089 | .154 | .029 | .154 | -.050 | .154 | -.081 | 15 |
| .154 | -.004 | .154 | .020 | .154 | -.105 | .154 | -.056 | 16 |

**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

قيم الأخطاء المعيارية لـ (PAFC) وهي علاقة القيم الحالية للسلاسل الزمنية مع القيم السابقة علي فترات متتالية (K=1,2….16) بعد حذف أثر الفترات فيما بينها، ويتضح من الجدول أعلاه ومن خلال دالة الإرتباط الذاتي الجزئية لمتغيرات الاقتصاد الكلي أن معاملات الأخطاء المعيارية لـ (PAFC) من أجل الفجوات (K=1,2,..16) تختلف معنوياً عن الصفر عند مستوي معنوية ٥% (خارج مجال الثقة $\left[\frac{-1.96}{\sqrt{T}} \; ، \; \frac{+1.96}{\sqrt{T}}\right]$)، ثم تتناقص بوتيرة سريعة نحو الصفر ثم القيم السالبة وهذا لا يكفي للحكم علي استقرارية السلاسل الزمنية من عدمها وهذا يؤهلنا لاختبارات جزر الوحدة (ADF, PP, KPSS).

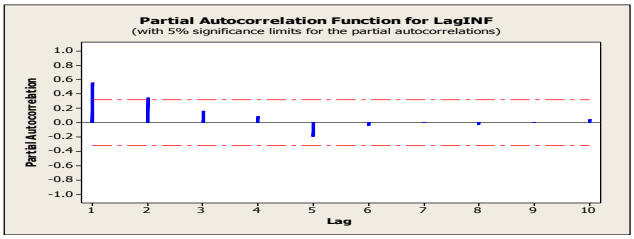
**الشكل رقم (٥) يوضح شكل الارتباط الذاتي الجزئي لمتغير سعر الصرف خلال الفترة**



**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئية لسلسلة بيانات متغير سعر الصرف p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على عدم استقرارية السلسلة ولإثبات ذلك نستعين بمعاملات الارتباط الذاتي وقيم الأخطاء المعيارية المناظرة لها لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي الجزئية ذات الفجوات، (k=1) وهذا ما نتج من اختبارات (AFC) و(PAFC).

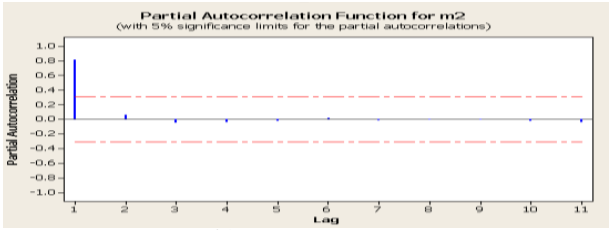
**الشكل رقم (٦) يوضح شكل الارتباط الذاتي الجزئي لمتغير معدل التضخم خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئية لسلسلة بيانات متغير معدل التضخم p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على عدم استقرارية السلسلة ولإثبات ذلك نستعين بمعاملات الارتباط الذاتي وقيم الأخطاء المعيارية المناظرة لها لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي الجزئية ذات الفجوات، (k=1) وهذا ما نتج من اختبارات (PAFC).

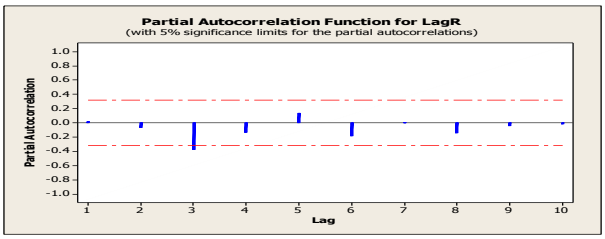
**الشكل رقم (٧) يوضح شكل الارتباط الذاتي الجزئي لمتغير عرض النقود خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئية لسلسلة بيانات متغير عرض النقود (الكتلة النقدية) p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على عدم استقرارية السلسلة ولإثبات ذلك نستعين بمعاملات الارتباط الذاتي وقيم الأخطاء المعيارية المناظرة لها لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي الجزئية ذات الفجوات، (k=1) وهذا ما نتج من اختبارات (PAFC).

**الشكل رقم (٨) يوضح شكل الارتباط الذاتي الجزئي لمتغير الاحتياطي خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئية لسلسلة بيانات متغير الاحتياطي من النقد الأجنبي p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على عدم استقرارية السلسلة ولإثبات ذلك نستعين بمعاملات الارتباط الذاتي وقيم الأخطاء المعيارية المناظرة لها لدراسة المعنوية الكلية لمعاملات دالة الارتباط الذاتي الجزئية ذات الفجوات، (k=1) وهذا ما نتج من اختبارات (PAFC).

### ٣- اختبار سكون السلاسل الزمنية

للتحقق من شرط سكون السلاسل الزمنية يمكن الاعتماد على الرسومات البيانية للسلاسل الزمنية في المستوى والموضحة سابقاً، حيث توحي الرسومات البيانية في المستوى بعدم استقرار السلاسل الزمنية لمتغيرات الاقتصاد الكلي في السودان ( ER, INF, M2, R) ولمزيد من التأكيد والإيضاح تم استخدام اختباري ديكي فولار

الموسعAugmented Dickey Fuller وفليب – بيرون Phillips – Perron لتحديد درجة سكون السلاسل الزمنية لكل سلسلة على حدا.

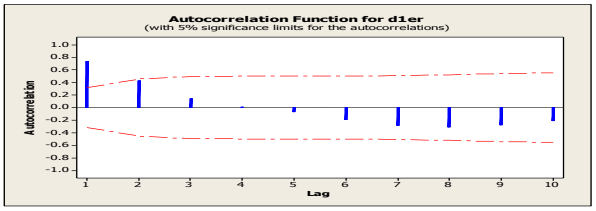
***الجدول رقم (٤) يوضح نتائج الاختبارات. نتائج اختباري ديكي فوللر الموسع (ADF) وفليب بيرون (PP) للتحقق من سكون السلاسل الزمنية***

| السلاسل الزمنية | اختبار ديكي فوللر ADF-Test | | | | اختبار فليب بيرون PP-Test | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | المستوى | | الفرق الأول | | المستوى | | الفرق الأول | |
| | إحصائية الاختبار | الدلالة | إحصائية الاختبار | الدلالة | إحصائية الاختبار | الدلالة | إحصائية الاختبار | الدلالة |
| سعر الصرف (ER) | -0.5747 | 0.8650 | -2.1268 | 0.0337 | 1.20283 | 0.9977 | -2.2845 | 0.0233 |
| معدل التضخم (INF) | -4.1128 | 0.0025 | --- | --- | -4.0980 | 0.0026 | --- | --- |
| حجم الكتلة النقدية (M2) | -13.5344 | 0.9581 | -6.5096 | 0.0000 | 41.80223 | 0.9999 | -1.1570 | 0.0000 |
| احتياطي النقد الأجنبي (R) | -1.7437 | 0.4024 | -6.6040 | 0.0000 | -1.79733 | 0.3766 | 6.6054 | 0.0000 |

**المصدر: إعداد الدارس من نتائج برنامج (E-views[9])**

حيث يتضح من خلال الجدول السابق أن نتائج اختبار ديكي- فوللر الموسع (ADF) تشير لأن السلاسل الزمنية غير ساكنة في المستوى عند مستوى دلالة 0.05 حيث أن مستويات الدلالة الإحصائية المحسوبة أكبر من مستوى المعنوية المحدد 0.05، ولكن تشير نتائج الاختبار أن السلاسل الزمنية وصلت لمرحلة السكون بعد إجراء الفروق الأولى لها حيث أن مستويات الدلالة الإحصائية للاختبار أقل من مستوى المعنوية المحدد 0.05، باستثناء متغير معدلات التضخم الذي استقر في المستوي، وتشير نتائج اختبار (PP) لنفس النتائج وفق أدبيات ومفاهيم سكون واستقرار السلاسل الزمنية.

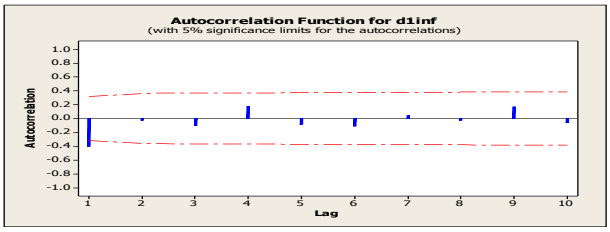
**الشكل رقم (٩) يوضح شكل الارتباط الذاتي لمتغير سعر الصرف في الفرق الأول خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي لسلسلة الفرق الأول لبيانات متغير سعر الصرف في السودان p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على استقرارية متغير سعر الصرف في الفرق الأول.

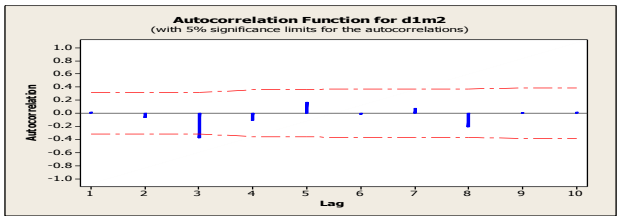
**الشكل رقم (١٠) يوضح شكل الارتباط الذاتي لمتغير معدل التضخم في الفرق الأول خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي لسلسلة الفرق الأول لبيانات متغير معدل التضخم في السودان p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على استقرارية متغير معدل التضخم في الفرق الأول.

**الشكل رقم (١١) يوضح شكل الارتباط الذاتي لمتغير عرض النقود في الفرق الأول خلال الفترة**

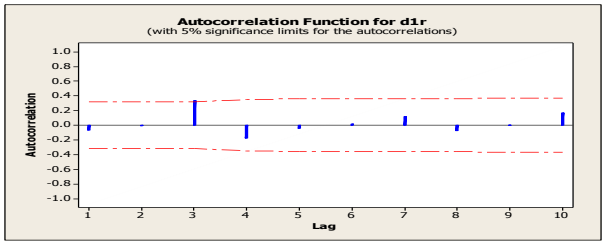



**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي لسلسلة الفرق الأول لبيانات متغير عرض النقود في السودان p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5%

أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على استقرارية متغير عرض النقود في الفرق الأول.

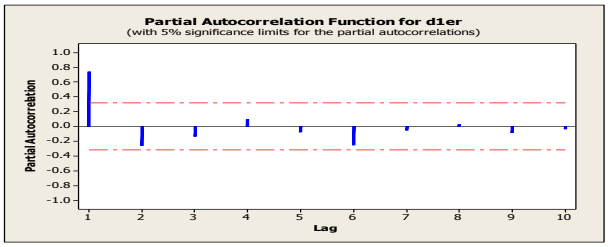
**الشكل رقم (١٢) يوضح شكل الارتباط الذاتي لمتغير الاحتياطي في الفرق الأول خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي لسلسلة الفرق الأول لبيانات متغير الاحتياطي في السودان p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على استقرارية متغير الاحتياطي في الفرق الأول.

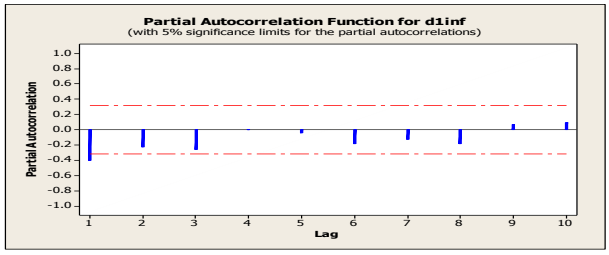
**الشكل رقم (١٣) يوضح شكل الارتباط الذاتي الجزئي لمتغير سعر الصرف في الفرق الأول خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الفرق الأول لبيانات سعر الصرف في السودان p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على استقرارية متغير سعر الصرف في الفرق الأول.

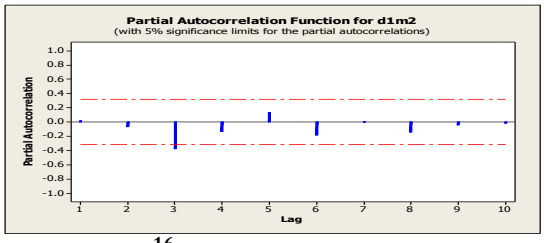
**الشكل رقم (١٤) يوضح شكل الارتباط الذاتي الجزئي لمتغير معدل التضخم في الفرق الأول خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الفرق الأول لبيانات متغير معدل التضخم في السودان p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على استقرارية متغير معدل التضخم في الفرق الأول.

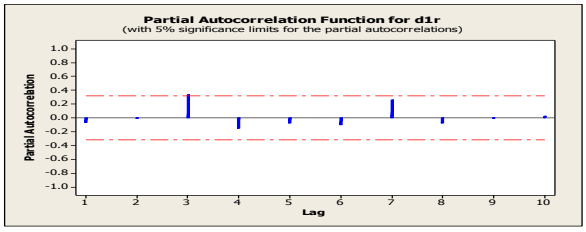
**الشكل رقم (١٥) يوضح شكل الارتباط الذاتي الجزئي لمتغير عرض النقود في الفرق الأول خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الفرق الأول لبيانات متغير عرض النقود في السودان p خروج عدد ١ من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على استقرارية متغير عرض النقود في الفرق الأول.

**الشكل رقم (١٦) يوضح شكل الارتباط الذاتي الجزئي لمتغير الاحتياطي في الفرق الأول خلال الفترة**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات Minitab[16]**

نلاحظ من خلال دالة الارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة الفرق الأول لبيانات متغير الاحتياطي في السودان p كاد أن يخرج من نتوءات (PICS) من مجال الثقة أي أن المعاملات المحسوبة من أجل الفجوات نستطيع أن نقول K=1 تختلف معنويا عن الصفر عند مستوى معنوية 5% أي تتناقص بوتيرة بطيئة نحو الصفر، وهذا دليل على استقرارية متغير الاحتياطي في الفرق الأول.

**٤- تطبيق مراحل التنبؤ وفق منهجية بوكس جينكنز (متعددة المتغيرات)**

**المرحلة الأولي: مرحلة التشخيص أو التعرف (Identification stage)**

هي المرحلة الأكثر أهمية في بناء النماذج الخاصة بمنهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات تعتمد على سلسلة البيانات، وتهدف هذه المرحلة إلي التعرف علي نموذج أو مجموعة من النماذج من نماذج (*ARIMA*) لدراسة ظاهرة سعر الصرف والمؤشرات الاقتصادية المحددة والمؤثرة فيها في السودان خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م، وتتمثل أولي خطوات هذه المرحلة في تحديد مدى سكون السلاسل الزمنية المستخدمة في الدراسة من عدمها، ولمعرفة ذلك تم فحص التوقيع البياني للسلاسل الزمنية (*ER, INF, M2, R*) من حيث ثبات التباين والوسط الحسابي.

والتعرّف علي النموذج يعني تحديد رتب نموذج الانحدار الذاتي (p) ورتبة نموذج المتوسطات المتحركة (q) ورتبة الفروق (d) وهي التي تم تحديدها وفق اختبارات استقرار السلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة حيث جاءت مستقرة في الفرق الأول وعند ملاحظة شكل معادلة الارتباط الذاتي المعدلة بالفروقات من الدرجة الأولي (D"ER", D"INF", D"M2", D"R") تبين أن الفرق الأول هو رتبة الفروق أي (d= 1).

**المرحلة الثانية: مرحلة تقدير النموذج ( Estimation Stage)**

**١) تقدير النماذج**

تم تقدير نماذج أريما المقترحة استناداً لدوال الارتباط الذاتي ودوال الارتباط الذاتي الجزئي للسلاسل الزمنية الساكنة التي يتم دراستها، ومن خلال تجريب البدائل المختلفة لنماذج أريما لكل سلسلة بيانات وذلك للحصول على النموذج الأفضل (Best Model)، تشمل نتائج النموذج الأفضل لكل سلسلة بيانات، حيث جاءت هذه النماذج متوافقة مع النماذج المتوقعة، وكانت جميع المعاملات المقدرة ذات دلالة إحصائية عند مستوى ٥% حيث أن قيمة (T-ststistic) كانت أكبر من (1,96) لجميع المعاملات.

**٢) معايير جودة النماذج**

إن اختيار النموذج المناسب والملائم عملية ليست سهلة فهي تتطلب بعض الجهد وعليه يجب على الباحث مواجهتها من خلال الإلمام العلمي الكامل بمعايير عدة يمكن استخدامها وصولا إلى النموذج الملائم حيث قد يجد الدارس نفسه أمام عدة نماذج مرشحة ولا تكون جميعها مرفوضة لهذا السبب تم وضع بعض المعايير التي تساعد في اختيار النموذج الأفضل من بين النماذج المرشحة حيث يتم تحديد رتبة النموذج باختيار النموذج الذي يملك أقل قيمة لهذه المعايير. ومن هذه المعايير معيار معلومات أكايكي (AIC) (Akaike Information Criterion)، ومعيار معلومات بيز (BIC) (Bayesian Information Criterion)، واختبار معامل التحديد ($R^2$)، واختبار (*Ljung-Box*) واختبار ديربن – واتسون (D.W)، والجداول التالي تلخص نتائج التقدير لكل النماذج المقترحة والمفاضلة بينها وفق هذه المعايير والمؤشرات.

***جدول رقم (٦) يوضح تقدير معالم النماذج المقترحة من الرتبة ARIMA (2,1,1):***

| النماذج | RMSE | MAPE | MAE | R2 | AIC | BIC | Ljung-Box | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Statistics | DF | Sig |
| **EX** | .195 | 96.682 | .112 | .989 | 1036.12 | -2.746 | 13.992 | 15 | .526 |
| **M2** | 3166.73 | 280.386 | 1551.91 | .988 | 1010.02 | 16.487 | 5.903 | 15 | .981 |
| **R** | 3.481 | 50.029 | 2.302 | .848 | 1053.43 | 2.923 | 17.501 | 15 | .290 |
| **INF** | 61.548 | 129.353 | 32.262 | .047 | 1031.33 | 8.581 | 8.828 | 15 | .886 |

**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات SPSS[21]**

يتضح من مخرجات (SPSS[21]) الملاحق من (٤-٦) إلي (٤-١٤) للنماذج المقترحة أن النموذج ذو الرتبة ( *ARIMA*

*((2,1,1)* أفضل نموذج للتنبؤ بتقدير وتحليل المتغيرات الاقتصادية المحددة لسعر الصرف في السودان خلال الفترة من ١٩٧٥-٢٠١٦م وذلك من خلال أقل قيمة لكل معايير جودة النموذج وأكبر قيمة لمعيار معامل التحديد ($R^2$) باستخدام منهجية بوكس جينكنز متعددة المتغيرات حيث كانت قيمة معيار ( AIC, BIC, RMSE, MAPE, Ljung-Box) أقل قيمة في كل النماذج المقترحة.

**المرحلة الثالثة: مرحلة الفحص والتشخيص ( Diagnosis and Checking Stage)**

من بعد أن تم التعرف على النموذج الملائم لبيانات السلسلة وتقدير معالمه، سنقوم بفحص ملائمة فروض هذا النموذج النظرية لبيانات السلسلة الزمنية بغرض تحسينه أو تطويره أو الإبقاء عليه وهذه المرحلة من أهم مراحل التحليل الحديث وقد أجريت بعض الفحوص لتقويم النموذج منها تحليل السكون وتحليل البواقي.

**١- تحليل السكون**

سنقوم في هذه المرحلة بفحص تقديرات معالم الانحدار الذاتي التي تم الحصول عليها في مرحلة التقدير للتأكد من أنها تحقق شرط السكون وذلك علي النحو التالي:

$$\theta_1 + \theta_2 < 1$$
$$\theta_2 - \theta_1 < 1$$
$$|\theta_2| < 1$$

وبالتعويض عن كل المتغيرات في النموذج الملاءم في هذا الشرط نجد أن:-

**ARIMA 2,1,1 – (ER)**

$\theta 1 + \theta 2 = \mathbf{0.4518} + 0.3566 < 1$

$\theta_2 - \theta_1 < 1 = \mathbf{0.4518} - 0.3566 < 1$

$|\theta 2| < 1 = |\mathbf{0.4518}|$

**ARIMA 2,1,1 – (INF)**

$\theta 1 + \theta 2 = \mathbf{0.6587} + 0.1547 < 1$

$\theta 2 - \theta 1 < 1 = \mathbf{0.6587} - 0.1547 < 1$

$|\theta 2| < 1 = |\mathbf{0.6587}|$

**ARIMA 2,1,1 – (M2)**

$\theta 1 + \theta 2 = \mathbf{0.4368} + 0.3116 < 1$

$\theta 2 - \theta 1 < 1 = \mathbf{0.4518} - 0.3566 < 1$

$|\theta 2| < 1 = |\mathbf{0.4368}|$

**ARIMA 2,1,1 – (R)**

$\theta 1 + \theta 2 = \mathbf{0.3318} + 0.3177 < 1$

$\theta 2 - \theta 1 < 1 = \mathbf{0.4518} - 0.3566 < 1$

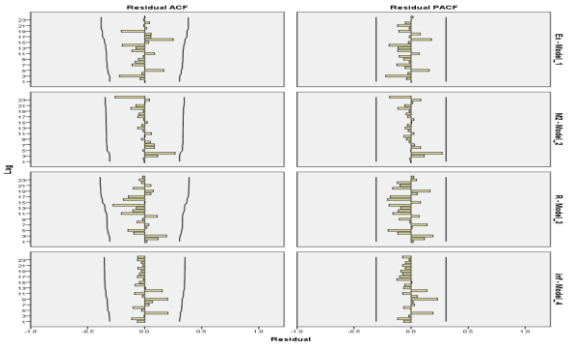
$|\theta 2| < 1 = |\mathbf{0.3318}|$

**٢- تحليل البواقي للنماذج المقدرة**

ولكي يتم التأكد ما اذا كان النموذج ( ARIMA 2,1,1) يمثل حقيقة العملية التي ولدت البيانات فلا بد من أن يجتاز هذا النموذج عدد من الفحوص والاختبارات التشخيصية منها رسم البواقي وفحص دالة الارتباط الذاتي، واختبار بوكس وبيرس المعدل (Box-Ljung).

وتم إجراء اختبارات تفحصيه علي البواقي لمعرفة مدى تطابق المشاهدات مع القيم المحسوبة من النموذج المرشّح ومدى صحة فرضيات النموذج. وفي حال اجتياز النموذج المرشح لهذه الاختبارات نقوم باعتماده عللي انه هو النموذج النهائي الذي يستخدم لتوليد التنبؤات المستقبلية. وإلا (أي في حالة عدم الاجتياز) فإننا نعود للخطوة الأولي لتعيين نموذج جديد.

**الشكل رقم (١٧) يوضح رسم البواقي المعيارية ودالة الارتباط الذاتي للبواقي ودلالة اختبار النموذج ذو الرتبة ( ARIMA ((2,1,1)**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات SPSS[21]**

الشكل (٤-٢٣) يوضح نتائج تشخيص نماذج أريما المقدرة للسلاسل الزمنية، من خلال رسم شكل الانتشار للبواقي المعيارية لكل نموذج، ورسم دالة الارتباط الذاتي (ACF) ودالة الارتباط الذاتي الجزئي (PACF) للبواقي، وكذلك حساب الدلالة الإحصائية لاختبار (*Ljung-Box*) وتشير جميع الأشكال البيانية لأن البواقي المعيارية تنتشر بشكل عشوائي حول خط الصفر، وكذلك تشير دالة الارتباط الذاتي لأن جميع معاملات الارتباط الذاتي لا

تختلف عن الصفر حيث تقع جميع المعاملات داخل الخطوط الحرجة، وأخيراً يتضح من خلال الأشكال أن مستويات الدلالة المحسوبة لاختبار (Ljung-Box) جميعها اكبر من 0.05 حيث تنتشر النقاط بعيداً عن الخط الحرج للدلالة، وهذه النتائج تؤكد جودة وملائمة نماذج أريما المقدرة لبيانات السلاسل الزمنية.

نلاحظ من رسم دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي للبواقي للنموذج المستخدم بأن اغلب القيم تقع ضمن حدود الثقة وهذا يدل على عشوائية البواقي وبالتالي فان النموذج المستخدم (ARIMA 2,1,1) هو نموذج مقبول يمكن الاعتماد عليه في تحليل وحساب القيم التنبؤية المستقبلية للظاهرة وفق منهجية بوكس – جينكنز متعددة المتغيرات.

**المرحلة الرابعة: مرحلة التنبؤ (Forecasting stage)**

لمعرفة نمط وسلوك السلسلة وذلك عن طريق إحلال القيم الحالية والماضية للمتغير التابع ($Y_t$) والبواقي ($e_t$) كقيم تقديرية لحد الخطأ وذلك للحصول على القيمة الأولى المتنبأ بها ($Y_{t+1}$) وهو مايسمى بالتنبؤ لفترة واحده ويمكن الحصول على القيمة المستقبلية ($Y_{t+2}$) بإحلال القيمة المستقبلية الأولى ($Y_{t+1}$) في معادلة التنبؤ مع افتراض أن حد الخطأ خارج العينة للدالة يساوي صفر، وهكذا حتى نصل للفترة المطلوبة وتوجد بعض المقاييس لاختبار دقة التنبؤ، ومنها مقياس متوسط القيم المطلوبة للخطأ ( Mean Absolute Error) وكلما قلت قيمة المقياس كلما زادت دقة التنبؤ. ومجال الثقة للتنبؤ بمنهجية بوكس جينكنز متعدد المتغيرات مبني على تباين ثابت مع الزمن. وعند استخدام النماذج المقدرة (ARIMA2,1,1) في التنبؤ نحصل علي القيم المتنبأ بها الموضحة في الجدول أدناها.

***جدول رقم (٨) يوضح القيم المتنبأ بها لمتغير سعر الصرف وحدود الثقة***

| القيم المتنبأ بها | فترات الثقة للتنبؤ | | السنوات |
|---|---|---|---|
| | Lower 95% Limit | Upper 95% Limit | |
| **6.1** | 5.3 | 6.9 | ٢٠١٧ |
| **5.8** | 4.6 | 7.1 | ٢٠١٨ |
| **5.5** | 3.9 | 7.1 | ٢٠١٩ |
| **5.1** | 3.2 | 7.1 | ٢٠٢٠ |
| **4.9** | 2.8 | 7.0 | ٢٠٢١ |
| **4.8** | 2.5 | 7.0 | ٢٠٢٢ |
| **4.8** | 2.5 | 7.1 | ٢٠٢٣ |
| **4.9** | 2.6 | 7.2 | ٢٠٢٤ |
| **5.2** | 2.9 | 7.5 | ٢٠٢٥ |
| **5.5** | 3.2 | 7.8 | ٢٠٢٦ |
| **5.9** | 3.5 | 8.2 | ٢٠٢٧ |
| **6.2** | 3.8 | 8.5 | ٢٠٢٨ |

**المصدر: إعداد الباحث من مخرجات حزمة (NCSS[12])**

**الشكل رقم (١٨) يوضح نمط التنبؤ داخل السلسلة الزمنية لمتغير سعر الصرف**

**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات حزمة (NCSS[12])**

يتضح من الجدول والشكل أعلاه أن حركة سعر الصرف في السودان تتذبذب في سنوات التنبؤ ولكنها تستقر في منتصف فترة التنبؤ، وبملاحظة الشكل ومقارنته مع القيم الفعلية نرى أن النموذج المستخدم يتلاءم مع الواقع والنظرية الاقتصادية لسعر الصرف.

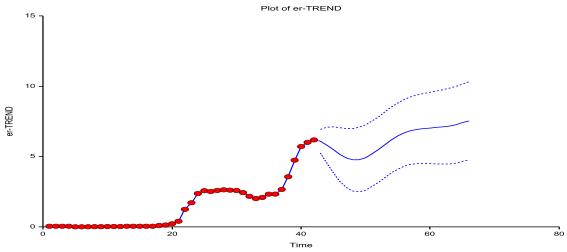
***جدول رقم (٩) يوضح القيم المتنبأ بها لمتغير معدل التضخم وحدود الثقة***

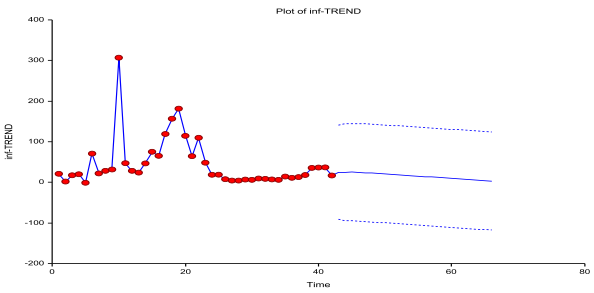
| القيم المتنبأ بها | فترات الثقة للتنبؤ | | السنوات |
|---|---|---|---|
| | Lower 95% Limit | Upper 95% Limit | |
| **24.9** | -91.2 | 141.1 | ٢٠١٧ |
| **24.8** | -94.2 | 143.8 | ٢٠١٨ |
| **25.0** | -94.8 | 144.9 | ٢٠١٩ |
| **24.5** | -95.7 | 144.7 | ٢٠٢٠ |
| **23.7** | -96.6 | 144.0 | ٢٠٢١ |
| **22.8** | -97.6 | 143.2 | ٢٠٢٢ |
| **21.8** | -98.7 | 142.2 | ٢٠٢٣ |
| **20.7** | -99.8 | 141.2 | ٢٠٢٤ |
| **19.6** | -100.9 | 140.2 | ٢٠٢٥ |
| **18.6** | -102.0 | 139.1 | ٢٠٢٦ |
| **17.5** | -103.1 | 138.1 | ٢٠٢٧ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ٢٠٢٨ | 137.0 | -104.2 | **16.4** |

المصدر: إعداد الباحث من مخرجات حزمة (NCSS[12])

الشكل رقم (١٩) يوضح نمط التنبؤ خارج السلسلة الزمنية لمتغير معدل التضخم




المصدر: إعداد الدارس من مخرجات حزمة (NCSS[12])

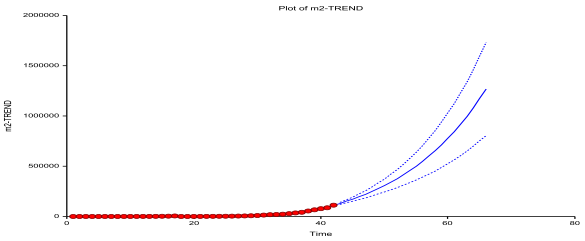
يتضح من الجدول والشكل أعلاه أن حركة معدلات التضخم في السودان تستقر في طول فترة التنبؤ، وبملاحظة الشكل ومقارنته مع القيم الفعلية نرى أن النموذج المستخدم يتلاءم مع الواقع والنظرية الاقتصادية للتضخم.

***جدول رقم (١٠) يوضح القيم المتنبأ بها لمتغير عرض النقود وحدود الثقة***

| السنوات | فترات الثقة للتنبؤ | | القيم المتنبأ بها |
|---|---|---|---|
| | Upper 95% Limit | Lower 95% Limit | |
| ٢٠١٧ | 138481.7 | 119198.8 | **128840.2** |
| ٢٠١٨ | 165212.4 | 135552.0 | **150382.2** |
| ٢٠١٩ | 192770.4 | 151210.6 | **171990.5** |
| ٢٠٢٠ | 223350.5 | 167967.1 | **195658.8** |
| ٢٠٢١ | 256358.6 | 185295.4 | **220827.0** |
| ٢٠٢٢ | 292227.4 | 203511.5 | **247869.4** |
| ٢٠٢٣ | 331047.1 | 222625.1 | **276836.1** |
| ٢٠٢٤ | 373056.6 | 242760.3 | **307908.4** |
| ٢٠٢٥ | 418466.8 | 264004.4 | **341235.6** |
| ٢٠٢٦ | 467525.1 | 286464.6 | **376994.9** |
| ٢٠٢٧ | 520493.5 | 310248.7 | **415371.1** |
| ٢٠٢٨ | 577658.1 | 335473.2 | **456565.6** |

المصدر: إعداد الباحث من مخرجات حزمة (NCSS[12])

الشكل رقم (٢٠) يوضح نمط التنبؤ خارج السلسلة الزمنية لعرض النقود




المصدر: إعداد الدارس من مخرجات حزمة (NCSS[12])

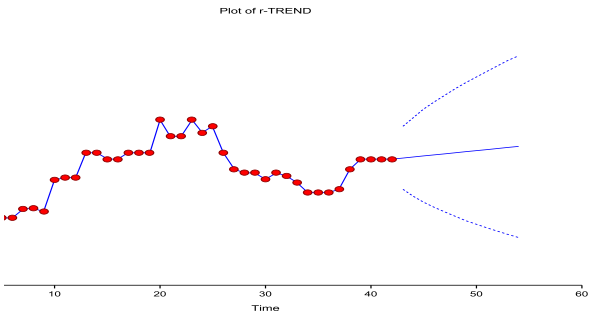
يتضح من الجدول والشكل أعلاه أن حركة عرض النقود في السودان ترتفع في سنوات التنبؤ ولكنها ترتفع بمعدلات مقبولة نسبياً، وبملاحظة الشكل ومقارنته مع القيم الفعلية نرى أن النموذج المستخدم يتلاءم مع الواقع والنظرية الاقتصادية والسياسة النقدية.

***جدول رقم (١١) يوضح القيم المتنبأ بها لمتغير الاحتياطي من النقد الأجنبي وحدود الثقة***

| السنوات | فترات الثقة للتنبؤ | | القيم المتنبأ بها |
|---|---|---|---|
| | Upper 95% Limit | Lower 95% Limit | |
| ٢٠١٧ | 27.9 | 8.9 | **18.4** |
| ٢٠١٨ | 30.6 | 6.9 | **18.8** |
| ٢٠١٩ | 33.1 | 5.1 | **19.1** |
| ٢٠٢٠ | 35.3 | 3.5 | **19.4** |
| ٢٠٢١ | 37.4 | 2.1 | **19.7** |
| ٢٠٢٢ | 39.4 | 0.7 | **20.0** |
| ٢٠٢٣ | 41.2 | -0.5 | **20.4** |
| ٢٠٢٤ | 43.0 | -1.7 | **20.7** |
| ٢٠٢٥ | 44.6 | -2.7 | **21.0** |
| ٢٠٢٦ | 46.2 | -3.7 | **21.2** |
| ٢٠٢٧ | 47.8 | -4.7 | **21.5** |
| ٢٠٢٨ | 49.3 | -5.6 | **21.8** |

المصدر: إعداد الباحث من مخرجات حزمة (NCSS[12])

**الشكل رقم (٢١) يوضح نمط التنبؤ خارج السلسلة الزمنية لمتغير الاحتياطي من النقد الأجنبي**




**المصدر: إعداد الدارس من مخرجات حزمة (NCSS[12])**

يتضح من الجدول والشكل أعلاه أن حركة الاحتياطي من النقد الأجنبي في السودان تتذبذب في سنوات التنبؤ ولكنها تستقر في منتصف فترة التنبؤ، وبملاحظة الشكل ومقارنته مع القيم الفعلية نرى أن النموذج المستخدم يتلاءم مع الواقع والنظرية الاقتصادية وسياسة النقد الأجنبي ببنك السودان المركزي. ونلاحظ من خلال الأشكل أعلاه أن القيم المتوقعة تتبع مسار السلسلة وهذا يعني أن التنبؤ المتحصل عليه باستخدا منهجية بوكس جينكنز يمكن استخدامه في اتخاذ القرارات الاقتصادية.

*** الخاتمة**

إن هدف الدارسة الأساسي هو تسليط الضوء بشكل مباشر على أسلوب التنبؤ بالسلاسل الزمنية باستخدام نماذج منهجية بوكس جينكنز متعددة المتغيرات والتي تعتمد على التنبؤ بالسلاسل الزمنية باستخدام سلسلة مدخلات أخرى أو أكثر من السلاسل الزمنية كمدخلات ومتغيرات تابعة وتناولنا هنا في موضوع الدارسة كمثال تطبيقي التنبؤ حركة سعر الصرف في السودان والمؤشرات الاقتصادية المحددة له كمتغيرات مدخلة.

**أولاً: النتائج**

**١- النتائج النظرية للدراسة**

أ- التنبؤ هو وسيلة للتحكم في تحولات وتطورات وتغيرات المتغيرات الاقتصادية.

ب- تعتبر السلاسل الزمنية أفضل أساليب التنبؤ بصفة عامة وطريقة منهجية بوكس جينكينز متعددة المتغيرات بصفة خاصة.

**٢- النتائج التطبيقية للدراسة**

أ- منهجية بوكس جنكنز (*Box – Jenkins*) طريقة في غاية الأهمية للتنبؤ بحركة المتغيرات الاقتصادية باستصحاب محدداتها مع ضرورة توفر نظام معلوماتي إحصائي شامل لتطبيق النماذج الكمية للتنبؤ، مع الحرص على تكوين إطارات في هذا المجال واستغلال الدارسات العلمية.

ب- عدم استقرارية (وسكون) السلاسل الزمنية لمتغيرات الدراسة يعود لوجود الاتجاه العام العشوائي وطبيعة متغيرات مؤشرات الاقتصاد الكلي في بيئتها.

ج- توجد علاقة ذات دلالة إحصائية (معنوية) بين المؤشرات الاقتصادية المستخدمة في التنبؤ (معدل التضخم وعرض النقود والإحتياطي من النقد الأجنبي) ومتغير سعر الصرف وفقاً لقيم معنوية معالم المتغيرات المدرجة في النموذج الكامل لمنهجية بوكس – جينكنز (*Box – Jenkins*) متعددة المتغيرات.

د- النموذج الأمثل للدراسة هو (ARIMA 2,1,1) وفق منهجية بوكس جينكنز (*Box – Jenkins*) متعدد المتغيرات.

هـ- أظهرت نتائج اختبار دقة التنبؤ مدى جودة النموذج للتنبؤي المختار (ARIMA 2,1,1).

**ثانياً: التوصيات**

١- العمل على إيجاد قاعدة للمعلومات تلبي احتياجات جميع أقسام وزارة المالية والاقتصاد الوطني وإدارات البحوث والإحصاء ببنك السودان المركزي حيث أن هذه القاعدة هي النواة الأولى لإجراء عملية التنبؤ.

٢- استخدام وزارة المالية وبنك السودان المركزي الأساليب العلمية في عملية التنبؤ للحصول على نتائج علمية دقيقية قريبة للواقع الاقتصادي

٣- ضرورة إعطاء الأهمية الكافية للدراسات الإحصائية والقياسية والتنبؤية بما يخص مختلف الظواهر الاقتصادية وغيرها، بإنشاء وحدات وإدارات خاصة، وأخذ نتائجها محمل جد، كي لا تبقي هذه الدراسات فقط حبر على الورق.

٤- على القطاع الاقتصاد (وزارة المالية وبنك السودان المركزي) استخدام نموذج (ARIMA 2,1,1) في التنبؤ بسعر الصرف في المستقبل مع استصحاب المؤشرات الاقتصادية المحددة له في النموذج.

**ثالثاً: مقترحات ودراسات مستقبلية**

من خلال دراستنا لهذا الموضوع، نأمل أننا وفقنا إلى حدٍ ما في إنجازه وذلك رغم الصعوبات التي واجهتها، إلاَّ أنها قد تكون مجرد محاولة قد تكون صائبة تحتاج إلى الإضافة، أو تكون خاطِئة

تحتاج إلى التعديل، ورغم هذه الصعوبات فإن هذا الأمر سيفتح الباب واسعًا لي ولغيري للتعمق أكثر في هذا النوع في الدراسات في المستقبل، التي ستكون نقطة انطلاق لبحوث ودراسات جديدة، نذكر من بينها:-

١- استخدام نماذج منهجية بوكس جينكنز (*Box – Jenkins*) متعددة المتغيرات في التنبؤ بتذبذبات معدلات سعر الصرف في السودان بإدخال سلسلتين زمنيتين أو أكثر كمتغيرات تابعة صورية (ثنائية).

٢- مقارنة أساليب تنبؤيه أخرى مع نموذج بوكس – جنكينز (*Box – Jenkins*) متعدد المتغيرات مثل نماذج (ARIMAX).

٣- مقارنة التنبؤ بين نماذج منهجية بوكس جينكنز (*Box – Jenkins*) متعددة المتغيرات وغيرها من النماذج الأخرى مثل نماذج (ARIMAX) ونماذج (ARCH and GARCH).

٤- مقارنة أساليب التنبؤ الكمية في إحداث واقع رشيد للاقتصاد السوداني (السلاسل الزمنية الهجينة والسلاسل الزمنية الغير خطية).

*** قائمة المراجع والمصادر**

**أولاً- المراجع العربية**


أحمد التجاني صالح، العولمة انعكاساتها على الاقتصاد السوداني وأفريقيا والوطن العربي، منشورات الخرطوم عاصمة الثقافة العربية، ٢٠٠٥م. ص ١١.

أحمد العرجان، فكرة النمذجة الخطية للسلاسل الزمنية، دار الزرقا للنشر، الأردن، ٢٠٠٠م، ص ٢٠

أحمد بشارة، الاحتياطي النقدي وسلة العملات، ماهيتها ووظيفتها، موقع الجزيرة الإخبارية، ٢/ديسمبر ٢٠١٥م.

تيم نبلوك، صراع السلطة والثروة في السودان (١٩٥٦-١٩٨٥)، ترجمة الفاتح التيجاني واخرون، مطبعة جامعة الخرطوم، ١٩٩٠، ص٢٥٩.

رمزي زكي، تاريخ التخلف النقدي، مطبوعات الكويت، ١٩٨٧، ص١٤٥.

شفيق العتوم، فتحي العاروري، الأساليب الإحصائية، ج١، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ١٩٩٥، ص٢٩٥.

صالح تومي، مدخل لنظرية القياس الاقتصادي، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزء الثاني، الجزائر، ١٩٩٩، ص١٧٣.

طعمة، د. حسن ياسين ، حنوش، ايمان حسين 2009 " طرق الإحصاء الوصفي" دار صفاء للنشر والتوزيع – عمان، ص ٥١.

عبد الحميد عبد المجيد البلداوي، الإحصاء للعلوم الإدارية والتطبيقية، دار الشروق، ط١، عمان، بدون سنة نشر، ص١٧٨.

عكاشة، محمود، (٢٠٠٢م)، استخدام نظام (SPSS) في تحليل البيانات الإحصائية جامعة الأزهر، غزة فلسطين، ط1، ص ٢١

علي عبد القادر، برنامج التكيف الهيكلي والفقر في السودان، مركز البحوث العربية، القاهرة، ١٩٩٤، ص١٠٦.

فاندل، والتر" السلاسل الزمنية من الوجهة التطبيقية ونماذج بوكس – جنكنز"، تعريب عبد المرضي حامد عزام، دار المريخ للنشر، الرياض،١٩٩٢م، المملكة العربية السعودية. ص ٢٢١

كمال سلطان محمد سالم، الإحصائي الاحتمالي، الإبراهيمية، الدار الجامعية، ٢٠٠٤، ص٢٢٣.

كمال فلفل، فتحي حمدان، المبادئ الإحصائية للمهن التجارية، طبعة ٢ن دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ١٩٨٩، ص٢٠١.

نصيب رجم، الإحصاء التطبيقي، دار العلوم للنشر والتوزيع، عنابة ٢٠٠٧، ص٣٩.

هاني سعيد عبد الرحمن الشتلة وليلي محمود أحمد الدغيدي، المؤشرات الإقتصادية للواقع الإنتاجي والإستهلاكي للزيوت الغذائية في مصر وتوقعاتها المستقبلية، مركز بحوث الصحراء، ٢٠١٨م، القاهرة.



عبد الحميد عبد المجيد البلداوي، الإحصاء للعلوم الإدارية والتطبيقية، دار الشروق، ط١، عمان، بدون سنة نشر، ص١٧٨.

عباس لفته كنيهر: بناء سلاسل زمنية للتنبؤ بأعداد المرضى المراجعين لمستشفى الزهراء في محافظة واسط، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة واسط، العراق، ص٣٢.

**ثانياً– المراجع الإنجليزية**

Bourbonnais R. Michel Terraza, Op-cit, p35.

**Box**, **G**. **E**. **P**. **and** Jenkins, G.M. (1979), "Time Series Analysis, Forecasting and Control", Sanfransiscow, Holden-Day. P 22

Brobonnais R. et Terraza, M., Analyses de seelies temporelles en economie, PUF, Paris, 1998, p15.

Brobonnais R. et Terraza, Op-cit, p25.

Grais Bernard, Methodes Statistiques, Dunod, Paris, 1978, p326.

Hamdani Hocine, Statistique Descriptive et Expression Graphique, OPU, Alger, 1988, p299.

M. David, J-C Michaud, La preivision approche empirique d'une method statsitique, paris, 1989, p: 81.

Michel Tenenhaus, Methode sttistique en gestion, Dunod ETP. France 1994, p: 285.

Pankratz A, Forecasting with universiate Box – Jenkins models, John Wiley & Sons, 1983, p99.

Singh,S.,(1998)."Forecasting Using of Fuzzy Nearest Neighbour For Method", JCIS , vol.1,PP.80-83 .

WALER ZWEECHINI: OP, P37.

WALER ZWEECHINI: TIME SERISE ANALYSE< P37.

**ثالثاً– الدراسات والبحوث**

ابراهيم حميدان أحمد محمد، تطبيق نماذج الانحدار الذاتي المتكاملة والمتوسطات المتحركة ( *ARIMA* ) علي إنتاج النفط الخام في السودان ٢٠٠٥-٢٠١٢م رسالة ماجستير منشورة كلية العلوم، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، ٢٠١٣م، الخرطوم.

ابلرت كواني جوك، دارسة تطبيق نماذج بوكس – جنكنز الموسمية للتحليل والتنبؤ بمعدلات هطول الأمطار شهرياً في ولاية القضارف للفترة ١٩٩٠-٢٠٠٠م، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة البحر الأحمر، ٢٠٠٦م.

أبو ذر يوسف علي حامد، استخدام السلاسل الزمنية للتنبوء بانتاجية الصمغ العربي في صوق محاصيل الأبيض للفترة من "١٩٦٠-٢٠١٢م"، رسالة دكتوراه غير منشورة جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، ٢٠١٣م، السودان.

احمد حسين بتال العاني، استخدام نماذج ARIMA في التنبؤ الإقتصادي، مجلة العلوم الإنسانية والإقتصادية، جامعة الأنبار، العدد السادس، 2005 ، ص ٨٨

إسراء جعفر، أمل السر، تحليل السلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بالتطبيق علي مبيعات الكهرباء وعدد الزبائن في السودان (٢٠٠٧ – ٢٠١١ )، راسلة درجة الماجستير منشورة في الإحصاء جامعة السودان، ٢٠١٦م، الخرطوم.

أمل السر الخضر، نماذج بوكس – جنكنز للسلاسل الزمنية متعددة المتغيرات بالتطبيق على انتاج الكهرباء ومنسوب النيل، ورقة علمية منشورة، ٢٠١٧م، الخرطوم.

بسام يونس إبراهيم، التنبؤ بدرجات الحرارة في ولاية الخرطوم باستخدام أحد نماذج بوكس- جنكنز للسلاسل الزمنية) – قسم الإحصاء التطبيقي، كلية العلوم، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا ٢٠١١م.

بلقيس عمر سعيد، تطبيق نماذج بوكس- جنكنز للسلاسل الزمنية علي بيانات إنتاج الذرة الرفيعة في السودان في الفترة (١٩٥٣-٢٠٠٤م) جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا كلية العلوم، ٢٠٠٩م.

بن محسن زليخه، دراسة تنبؤية قصيرة الأجل للخطوط الجوية الجزائرية باستخدام منهجية بوكس جينكنز ٢٠١٠-٢٠١٥م، ورقة علمية مجلة الإحصاء، ٢٠١٦م، الجزائر.

بوغازي فريدة، فعالية تطبيق تقنيات التنبؤ بالمبيعات في المؤسسة دراسة تطبيقية بمؤسسة GNL/سكيكدة بالجزائر، ورقة علمية مجلة العلوم، ٢٠١٥م، الجزائر.

حضري خوله، استخدام السلاسل الزمنية من خلال منهجية بوكس جينكينز في اتخاذ القرار الإنتاجي، رسالة ماجستير منشورة جامعة محمد خيضر، ٢٠١٤م، الجزائر.

حمد بن عبد الله الغنام: تحليل السلسلة الزمنية لمؤشر أسعار الأسهم في المملكة العربية السعودية باستخدام بوكس جنكيز، مجلة الاقتصاد والإدارة، جامعة الملك سعود، م: ١٧ ع: ٢، ص – ص٣-٢٦، ٢٠٠٣.

حمد عبدالله الغنام، تحليل السلسلة الزمنية لمؤشر أسعار الأسهم في المملكة العربية السعودية باستخدام منهجية بوكس جينكيز (*Box – Jenkins Method*)، مجلة الاقتصاد والادارة، ورقة علمية منشورة، ٢٠٠٣م الرياض.

حمزه إبراهيم، التنبؤ بالناتج المحلي الإجمالي للسودان باستخدام منهجية بوكس – جينكنز، ورقة علمية منشورة مجلة جامعة القاهرة، كلية الاقتصاد والعلوم السياسية، ٢٠١٣م، القاهرة.