



التنبؤ بتقدير وتحليل العوامل المعززة في هجرة الأطباء السودانيين للخارج للفترة من (2008 - 2018م)  
باستخدام منهجية بوكس - جينكنز

Prediction of the Estimation and Analysis of the Factors Contributing to the Migration of Sudanese  
Doctors Abroad for the period (2008-2018) Using Box-Jenkins Methodology

هنادي عبدالله محمد عبدالله

الكاملين الأهلية [hanadi19708@gmail.com](mailto:hanadi19708@gmail.com)

تاريخ قبول الورقة: أغسطس 2019

تاريخ الإستلام: مارس 2019

المستخلص

تناول هذا البحث منهجية بوكس-جينكنز للتنبؤ بأعداد الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج، واعتمد على سلسلة بيانات ثلاث سنوية للفترة (2008 - 2018م)، ومن خلال الرسم البياني واختبار ديكي- فوللر المطور اتضح أن السلسلة غير ساكنة عند المستوى وأنها ساكنة عند الفرق الأول، وبمقارنة نماذج مختلفة مع النموذج المقترح اتضح أن النموذج المناسب هو  $ARIMA(3,1,11)$  من خلال اجتيازه لاختبارات الفحص والتشخيص، وتم تطبيق النموذج في التنبؤ للفترة (2019-2024م)، وخلص البحث إلى اعتماد نتائج النموذج المقترح للتنبؤ بأعداد الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج، واستخدام أساليب تنبؤية أخرى ومقارنة نتائجها بنماذج  $ARIMA$ .  
كلمات مفتاحية: السلاسل الزمنية، بوكس-جينكنز، السكون، التشخيص.

**Abstract**

This study deals with Box-Jenkins methodology for predicting the number of migrant Sudanese doctors. It based on a three times a year data series during the period 2008-2018. Throughout the diagram and Augmented Dickey Fuller test, it was clear the series was not stationary but it was at the first difference. However, a comparison of different models was made with the proposed one showed that  $ARIMA(3, 1, 11)$  was the appropriate one after passing the examination and diagnostic tests. Thereafter, the model was used to predict the number of migrant Sudanese doctors for the period (2019-2024). The study concluded that the results of the proposed model were to be adopted to predict the number of migrant Sudanese doctors, along with adopting other forecasting models and compare their results with  $ARIMA$  models.

**Keywords:** Time series, Box-Jenkins, Stationary, Dickey -Fuller, Diagnosis.

## المقدمة:

يقصد بالهجرة بتعريفها البسيط انتقال الأفراد من منطقة ما إلى منطقة أخرى ، سواءً كان ذلك الانتقال داخلياً أو خارجياً، كما تقسم أنماط الهجرة إلى هجرة سكانية وهجرة عمالة ( ماهرة وغير ماهرة ) . وتزايد الاهتمام بهجرة الأطباء خلال الفترة الماضية لما أحدثته من أضرار على الأنظمة الصحية للدول النامية والتي تهجر كفاءتها الطبية إلى الدول الغربية والعربية ، واستمرت الهجرة في التصاعد مدفوعة بالأوضاع المالية والمهنية غير الملائمة في البلدان النامية ( الدول المرسلات ) ومتجهة نحو أسواق العمالة الجاذبة في الغرب وفي بعض دول الخليج ( الدول المستقبلة ) .

أضحت ظاهرة هجرة الأطباء السودانيين هاجساً حقيقياً ، فمع صباح كل يوم يغادر العشرات منهم السودان إلى دول مختلفة في العالم . فأخر الإحصاءات الصادرة عن المؤسسات المعنية بالهجرة أظهرت أن العام 2015م شهد هجرة 2502 طبيب (تقرير وزارة العمل وتنمية الموارد البشرية والإصلاح الإداري)، بينما هاجر 1698 طبيباً عام 2016 م (تقرير وزارة العمل وتنمية الموارد البشرية والإصلاح الإداري) ، الأمر الذي يتطلب دراسة عميقة لأسباب هذه الظاهرة والعمل على تلافى آثارها السالبة والبحث عن معالجات جذرية وذلك لما تمثله هذه الفئة من طاقة كامنة وقوة فاعلة لإحداث التغييرات الصحية والتنمية المنشودة .

لقد أصبح الاتجاه العام في البحوث الإحصائية، استخدام طرق القياس الكمي والأساليب والأدوات الإحصائية التي تساعد على تحديد خصائص الظاهرة وإبراز اتجاهاتها العامة، وتحليل العلاقات المتشابكة والمتبادلة بين الظواهر. وتعتبر السلاسل الزمنية من أهم الأساليب الإحصائية الحديثة التي يمكن من خلالها معرفة طبيعة التغيرات التي تطرأ على قيم الظاهرة مع الزمن ، والتنبؤ بما سيحدث من تغير على قيم الظاهرة في المستقبل على ضوء ما حدث لها في الماضي . وتتم عملية التنبؤ بالسلاسل الزمنية من خلال عدة نماذج ، من بينها نماذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة (ARMA)، ويتطلب تطبيقها توفر صفة السكون Stationary في السلسلة الزمنية المستخدمة. لذا فإن هذا الجزء من الدراسة سيركز على مناقشة الخصائص الإحصائية التي ينبغي توفرها في السلسلة الزمنية حيث:

تعتبر السلسلة الزمنية ساكنة، إذا كان متوسطها، تباينها، وتباينها المشترك ثابتاً عبر الزمن، أي إذا: (2004

(Damadar,

- تذبذبت حول متوسط حسابي ثابت عبر الزمن، أي أن:

$$E(Y_t) = \mu \quad (1)$$

ثبات التباين عبر الزمن، أي أن:

$$var(Y_t) = E(Y_t - U)^2 = \sigma^2 \quad (2)$$

- أن يكون قيمة التباين بين أي قيمتين، لنفس المتغير معتمداً على الفجوة الزمنية بين القيمتين، وليس على القيمة الفعلية للزمن الذي يحسب عنده التباين، أي أن:

$$COV(Y_t, Y_{t-1}) = E(Y_t - U)(Y_{t-1} - U) \quad (3)$$

وللكشف عن سكون السلسلة الزمنية ، يجب أولاً ملاحظة الرسم البياني للسلسلة مع الزمن، فإذا اتسمت السلسلة بالصعود أو الهبوط الواضح فأنها تكون غير ساكنة، أما إذا تذبذبت حول متوسط حسابي ثابت مع تباين ليس له علاقة بالزمن، فإنها تكون ساكنة. وإذا تعذر تحديد السكون أو عدمه من خلال الرسم التاريخي للسلسلة الزمنية، يمكن الاستعانة بدالة الارتباط الذاتي Auto Correlation Function حيث توضح هذه الدالة الارتباطات الموجودة بين المشاهدات لفترات مختلفة، وتهتم بدراسة

العلاقة الموجودة بين السلسلة لذاتها، ونقصد هنا الارتباطات الداخلية للسلسلة الزمنية، وتحسب معاملات الارتباط الذاتي للعينة  $\hat{R}_k$  عند الفجوة k كالآتي: (دلهوم، 2009م).

$$\hat{R}_k = \frac{COV(k)}{COV(0)} = \frac{\gamma(k)}{\gamma(0)} \quad (4)$$

حيث:

$$COV(k) = \hat{\gamma}(k) = \frac{\sum (y_t - \bar{y})(y_{t+k} - \bar{y})}{n-k} \quad (5)$$

$$COV(0) = \hat{\gamma}(0) = \frac{\sum (y_t - \bar{y})^2}{n} \quad (6)$$

وتتراوح قيمة معاملات الارتباط الذاتي بين -1، 1، أي أن  $-1 \leq \hat{R}_k \leq 1$ ، فإذا كانت  $\hat{R}_k$  تساوي أو تقوّل إلى الصفر، عند أي فجوة زمنية ( $k > 0$ ) فإن السلسلة الزمنية تعتبر ساكنة. وبصورة عامة تعتبر السلسلة الزمنية ساكنة، إذا وقعت معاملات الارتباط الذاتي داخل حدود الثقة التقريبية 95%.

وهناك اختبارات مشتركة لفرضية أن كل معاملات الارتباط الذاتي  $\hat{R}_k$  أنياً مساوية للصفر (أحمد، 2008م) منها اختبار Q-Statistic والذي اقترح من قبل بوكس - بيارس Box - Pierce ويطبق في حالة العينات الكبيرة، وتأخذ الإحصائية Q الشكل الرياضي التالي:

$$Q = n \sum_{k=1}^m \hat{R}_k^2 \approx \chi^2(k) \quad (7)$$

حيث:

Q: تمثل قيمة إحصائية Box - Pierce

n: عدد المشاهدات

$\hat{R}_k$ : معامل الارتباط الذاتي

m: عدد الفجوات الزمنية.

وقد واجهت إحصاءه Box - Pierce العديد من الانتقادات والشكوك في نتائجها خاصة في العينات الصغيرة. ثم هناك اختبار الإحصائية LB الذي اقترح من طرف لجنق وبوكس Box-Ljung، ويعتبر بديلاً للإحصائية Q، كما أنه يصلح للعينات الكبيرة والصغيرة، وتعطي العلاقة الرياضية لهذا الاختبار كالآتي:

$$LB = n(n+2) \sum \left[ \frac{\hat{R}_k^2}{n-k} \right] \rightarrow \chi_m^2 \quad (8)$$

ثالثاً اختبار جزر الوحدة Unit Root Test وهو من الأساليب المعاصرة في تحديد سكون السلسلة الزمنية، والتي تعتمد فكرتها على المعادلة الآتية (عبد الرازق والجبوري، 2012م):

$$Y_t = RY_{t-1} + \varepsilon_t \quad (9)$$

حيث:

$Y_t$ : السلسلة الزمنية قيد الدراسة.

$\varepsilon_t$ : الخطأ العشوائي

وعندما تكون ( $R=1$ ) مقبولة إحصائياً فإن ذلك يدل على عدم السكون وأن البيانات تعاني من الجذر الأحادي. ومن أهم الاختبارات المستخدمة في الكشف عن الجذور الوحيدة هو اختبار ديكي - فولر المطور (Dickey and Fuller, 1981)، ويعتمد هذا الاختبار على تقدير النماذج الآتية:

(بدون حد ثابت واتجاه زمني)

$$\Delta Y_t = (R - 1)Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k R_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (10)$$

(بدون اتجاه زمني)

$$\Delta Y_t = \alpha + (R - 1)Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k R_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (11)$$

(مع حد ثابت واتجاه زمني)

$$\Delta Y_t = \alpha + BT + (R - 1)Y_{t-1} + \sum_{i=1}^k R_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (12)$$

ويجري اختبار فرض العدم ( $H_0: R = 1$ ) ضد الفرض البديل ( $H_1: R < 1$ )، ويتم رفض فرض العدم إذا كانت قيمة  $t$  المحسوبة أكبر من قيمة  $t$  الجدولية، والمستخرجة من جداول معدة خصيصاً تعرف بجداول (DF) أو جداول ماكنون Mackinnon.

وتعتبر نماذج ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average Models) من طرق التحليل الإحصائي التي تستخدم في نمذجة ووصف واستشراف السلاسل الزمنية، وهي تتكون من مركبتين، هما الانحدار الذاتي Autoregressive model (AR) والمتوسط المتحرك Moving Average Model (MA)، إضافة إلى الفروق (differences) التي يرمز لها بالرمز 1. وهذه النماذج تركز على الجانب العشوائي في السلسلة الزمنية، ويتم صياغة هذه النماذج كالاتي (طعمه، 2012):

أولاً نموذج الانحدار الذاتي (Autoregressive Model) AR والذي تأخذ صيغته العامة من الدرجة (p) الشكل التالي:

$$Z_t = \theta_0 + \theta_1 Z_{t-1} + \theta_2 Z_{t-2} + \dots + \theta_p Z_{t-p} + a_t \quad (13)$$

حيث أن:

$Z_t$ : قيم مشاهدات السلسلة.  $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)$ : معالم النموذج.

$\theta_0$ : الحد الثابت. P: درجة النموذج.

$a_t$ : الأخطاء العشوائية التي تتوزع طبيعياً بوسط حسابي صفر وتباين مساو  $\sigma^2$ .

ثم نموذج الأوساط المتحركة (Moving Average Model) MA والذي تأخذ صيغته العامة من الدرجة (q) الشكل التالي:

$$Y_t = \Phi_0 + a_t - \Phi_1 a_{t-1} - \Phi_2 a_{t-2} - \dots - \Phi_q a_{t-q} \quad (14)$$

حيث:

$\Phi_0$ : متوسط السلسلة الزمنية.  $(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_q)$ : معالم النموذج.

$a_t, a_{t-1}, a_{t-2}, \dots$ : متغيرات عشوائية مستقلة. q: درجة النموذج.

وهناك النموذج المختلط الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة  $ARMA(p, q)$  حيث يمكن كتابته وفق المعادلة الآتية:

$$Z_t = \theta_0 + \theta_1 Z_{t-1} + \theta_2 Z_{t-2} + \dots + \theta_p Z_{t-p} + a_t - \Phi_1 a_{t-1} - \Phi_2 a_{t-2} - \dots - \Phi_q a_{t-q} \quad (15)$$

ويرمز لهذا النموذج بالرمز  $ARMA(p, q)$ ، حيث يشير الحرف p إلى درجة الانحدار الذاتي، ويشير الحرف q إلى درجة المتوسط المتحرك. أما إذا كانت السلسلة الأصلية غير ساكنة، وأصبحت ساكنة بعد أخذ الفروق، فيضاف الحرف (I) للدلالة على التكامل Integrated، ويشار حينئذ للنموذج بالرمز  $ARIMA(p, d, q)$ ، حيث ترمز d إلى درجة الفروق التي تتطلبها السلسلة من أجل أن تكون ساكنة Stationary، كما يتم بناء نموذج السلاسل الزمنية Structure Time Series Model وفق أسلوب بوكس - جينكنز Jenkins-Box عبر أربع مراحل هي: تشخيص النموذج الملائم للبيانات، تقدير معالم النموذج المشخص، اختبار ملائمة النموذج المشخص والتنبؤ المستقبلي.

يعتبر تشخيص النموذج Diagnosis Model أهم مرحلة من مراحل منهجية بوكس - جينكنز في بناء نماذج السلاسل الزمنية والتنبؤ بها، وقبل البدء في تشخيص النموذج يجب أن تكون السلسلة الزمنية المراد التنبؤ بها ساكنة. أما إذا كانت

السلسلة غير ساكنة في الوسط والتباين، فإنه يتم معالجة عدم السكون في الوسط بأخذ الفروقات حتى تستقر السلسلة، أما عدم السكون في التباين، فيتم معالجته من خلال إجراء التحويل المناسب للبيانات.

وبعد التأكد من سكون السلسلة الزمنية، يتم تحديد درجة الانحدار الذاتي (P)، ودرجة المتوسط المتحرك (q)، وذلك من خلال مشاهدة رسم دالة الارتباط الذاتي ACF، ودالة الارتباط الذاتي الجزئي PACF، ومقارنتها مع السلوك النظري لهما (إنصاف، 2014م) فإذا كانت:

- دالة الارتباط الذاتي تتناقص تدريجياً سالكة سلوكاً أسياً أو سلوك دالة الجيب المتناقصة ودالة الارتباط الذاتي الجزئي تنقطع بعد الفترة p، فإن النموذج الملائم هو  $AR(p)$ .
- دالة الارتباط الذاتي تنقطع بعد الفترة Q، ودالة الارتباط الذاتي الجزئي تتناقص تدريجياً سالكة سلوكاً أسياً أو سلوك دالة الجيب المتناقصة، فإن النموذج الملائم  $MA(q)$ .
- دالة الارتباط الذاتي ودالة الارتباط الذاتي الجزئي تتناقص تدريجياً سالكة سلوكاً أسياً أو سلوك دالة الجيب المتناقصة، فإن النموذج الملائم هو  $ARMA(p,q)$ .

بعد الانتهاء من مرحلة التشخيص والتعرف على النموذج المبدئي وتحديد درجته، يجب تقدير معالم هذا النموذج باستخدام إحدى الطرق المعروفة في نظرية الإحصاء، وأهمها "طريقتا المربعات الصغرى والإمكان الأكبر" (شعراوي، 2005م)، ثم تأتي مرحلة اختبار ملائمة النموذج (Model Diagnostic Checking)، حيث تجري بعض الفحوصات بغرض اختبار معنوية المعالم، والوقوف على الاعتبارات أو الخصائص الإحصائية التي ينبغي توافرها في بواقي Residuals نماذج ARIMA. وهذه الخصائص تتمثل في التوزيع الطبيعي للبواقي، وعشوائية البواقي (Rangsan and Titida, 2006). حيث يجري اختبار معنوية المعالم عن طريق اختبار t- test أو z- test، وتختبر طبيعة البواقي عن طريق رسم المدرج التكراري Histogram و إحصائية Bera Jargue أو منحني الاحتمال الطبيعي للبواقي، بينما تختبر عشوائية البواقي عن طريق رسم دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي، أو عن طريق إحصائية لجنق و بوكس Box-Ljung والتي تمت الإشارة إليها سابقاً.

وفي حالة قبول عدة نماذج إحصائية، لا بد من اختيار النموذج الأفضل من بينها، وتتم المفاضلة بين النماذج باستخدام معياري أكياكي (AIC) ومعيار شوارز (SC) Schwarz، والتي يتم تعريفهما بالمعادلات الآتية (Vogelvang, 2005):

$$AIC = Ln(\sigma_u^2) + \frac{2k}{n} \quad (16)$$

$$SIC = Ln(\sigma_u^2) + \frac{kLn(n)}{n} \quad (17)$$

حيث إن:  $\sigma_u^2$ : تباين البواقي. k: عدد معالم النموذج. n: عدد المشاهدات.

والنموذج الأفضل الذي يتم اختياره، هو النموذج الذي له أقل قيمة وفقاً لمعيار AIC أو معيار SC.

بعد تحديد النموذج الملائم للبيانات يتم التنبؤ Forecasting بقيم الظاهرة المستقبلية، وذلك عن طريق إحلال القيم الحالية والماضية للمتغير التابع  $Y_t$  والبواقي كقيم تقديرية لحد الخطأ في يمين الدالة، بغرض الحصول على القيمة الأولى المتنبأ بها  $Y_{t+1}$ ، وهو ما يسمى بالتنبؤ لفترة واحدة للأمام One period ahead forecasting، ويمكن الحصول على القيمة الثانية  $Y_{t+2}$ ، بإحلال القيمة الأولى  $Y_{t+1}$  التي تم التوصل إليها في الخطوة الأولى للتوقع في الطرف الأيمن من المعادلة، وهكذا حتى الفترة المطلوبة، مع افتراض حد الخطأ خارج العينة للدالة يساوي صفر (الغنام، 2003م).

لم يحفل الأدب الإحصائي بالدراسات التي تناولت هجرة الأطباء للخارج، لذا يتم في هذا الجزء عرض الدراسات السابقة عن هجرة الكفاءات العلمية وهجرة أساتذة الجامعات . فمن الدراسات التطبيقية التي تناولت هجرة الكفاءات العلمية العربية، كانت دراسة عبدالحسين السلطاني في العام 2009 م، للبحث في مشكلة العقول العراقية المهاجرة لدراسة أسبابها ومحاولة وضع الحلول المناسبة للحد منها ، وتحليل واقع الأضرار التي تصيب مجتمعهم نتيجة لتزايد وتيرة الهجرة المنظمة للخارج ، وأوضحت نتائج البحث أن الأطراف التي عملت على تفرغ العراق من كفاءاته وطاقاته الكامنة ليست داخلية ، والتي استفادت فائدة مزدوجة بحرمان العراق منها ومن توظيفها في البناء والتقدم والتطوير من جانب ، وتستقطب تلك الطاقات المهاجرة في تطوير أبنيتها وبناء طاقاتها الذاتية و إغناء جامعاتها والمستشفيات من جانب ثان .

وفي دولة العراق أيضاً تناولت مشكلة دراسة عبدالناصر أحمد عبدالسلام البدراني ، 2009م ، كيفية معالجة المشكلة المتمحورة حول مفهوم نزوح العقول والكفاءات العربية من أوطانها الأصلية لصالح الدول الصناعية المتقدمة أو الدول ذات الاستقطاب العالي للكفاءات ، كما هدف البحث إلى توضيح وتقدير حجم الخسائر المتحققة جراء استنزاف عقولنا العربية الماهرة والخلاقة ، تشخيص وفهم الأسباب الدافعة لهجرة الكفاءات العربية إلى الدول المتقدمة . وكانت أهم النتائج فقدان الوطن علماءه نتيجة إلى ضعف تحقيق ضوابط العدالة الاجتماعية وعدم التوازن الاقتصادي والاجتماعي وتدني مستويات المعيشة وظهور أنماط من الفقر، كما أن ضالة فرص العمل أو انعدامها سيؤدي بالنتيجة إلى ظهور أشكال متعددة للبطالة قد تجعل من الهجرة حلاً .

وهناك دراسات عديدة عن هجرة الكفاءات العلمية في السودان، مثل دراسة هنادي عبدالله محمد (2017م) ، التحليل الإحصائي لهجرة أعضاء هيئة التدريس بالجامعات السودانية للخارج في الفترة من 2006 إلى 2014م، والتي هدفت إلى معرفة الأسباب الرئيسية التي تؤدي إلى هجرة أعضاء هيئة التدريس بالجامعات السودانية للخارج ، و اعتمدت على الاستبيان كوسيلة لجمع البيانات عن طريق العينة واستخدمت المنهج الوصفي التحليلي لوصف عينة البحث ، واستخدمت كذلك بعض المقاييس الإحصائية وبرنامج الحزم الإحصائية للعلوم الاجتماعية SPSS في تحليل متغيرات التحليل العاملي باستخدام طريقة المكونات الرئيسية لإيجاد العوامل المؤثرة على الهجرة ، وخلصت إلى أن أهم الأسباب المؤثرة على الهجرة أن الوظائف بالخارج تعتبر أعلى أجراً من السودان والتضخم وعدم الاستقرار الاقتصادي ، كما وجد أن الأعضاء المهاجرين من الرجال أكثر من ثلثي المهاجرات وأغلبهم من الفئات العمرية ذات العطاء .

وأجرى محمد حسن وفائزة محمد الحسن (2014م) ، استخدام التحليل العاملي في تحديد أهم العوامل التي تؤثر في هجرة الكفاءات العلمية السودانية ، دراسة اقتصادية إحصائية لحالة الكفاءات العلمية السودانية بالمملكة العربية السعودية، والتي هدفت إلى معرفة العوامل الرئيسية التي تؤدي إلى هجرة العقول السودانية ووضع حلول مناسبة لمواجهة مشكلة الهجرة ، وانتهجت الدراسة المنهج الوصفي ، واستخدمت برنامج SPSS بمكونات التحليل العاملي ، وأهم النتائج أن عوامل هجرة الكفاءات هي العامل الاقتصادي ، السياسي والأمني والاجتماعي والتأهيل . أما النتيجة الثانية هي أن دخل الكفاءات المغتربة يفوق دخل البروفيسور بالسودان .

دراسة عمر يوسف إبراهيم ( 2013م ) ، تطبيق النموذج الخطي اللوغاريتمي في تحليل بيانات هجرة أساتذة الجامعات السودانية ، والتي هدفت إلى معرفة عدد أساتذة الجامعات المهاجرين وطرق هجرتهم وأكثر السنوات التي هاجروا فيها وأكثر الدول استقبالاً لهم ، وخلصت الدراسة إلى أن أغلبية الأساتذة بدرجة الأستاذ المساعد والمحاضر وأن السعودية أكثر الدول

استقبالاً لهم ، و أهم ما أوصت به تنظيم الهجرة ومحاولة ضبطها بطريقة تكفل للأستاذ الجامعي حقه في الهجرة وعدم إحداث نقص حاد في الجامعات.

أما دراسة عبد الرحمن الطيب أيوبيه 2012م ، هجرة العقول والكفاءات السودانية وأثرها على التنمية الاقتصادية في السودان ، فقد هدفت إلى دراسة وتحليل ظاهرة هجرة العقول والكفاءات السودانية وآثارها على التنمية الاقتصادية في السودان ومعرفة أسبابها ، كما خلصت الدراسة إلى أن هجرة الكفاءات السودانية تتميز بالانتقائية أي أنها تنتقي الكفاءات ذات الخبرات والخصائص المميزة ومعظمهم من الفئات العمرية القادرة على العطاء مما يعني خسارة مادية مباشرة للدولة التي تكبدت الأموال الطائلة في سبيل إعداد وتدريب هذه الكفاءات ، وأن الدافع الرئيسي هو الدافع الاقتصادي يليه العلمي ثم يليه الاجتماعي ثم السياسي ، وأهم ما أوصت به الاستفادة من العملات الصعبة التي يحولها المغتربين للبلاد ، إعادة النظر جذرياً في سلم الأجور والرواتب مع مراعاة الأجر المناسب لكل عمل .

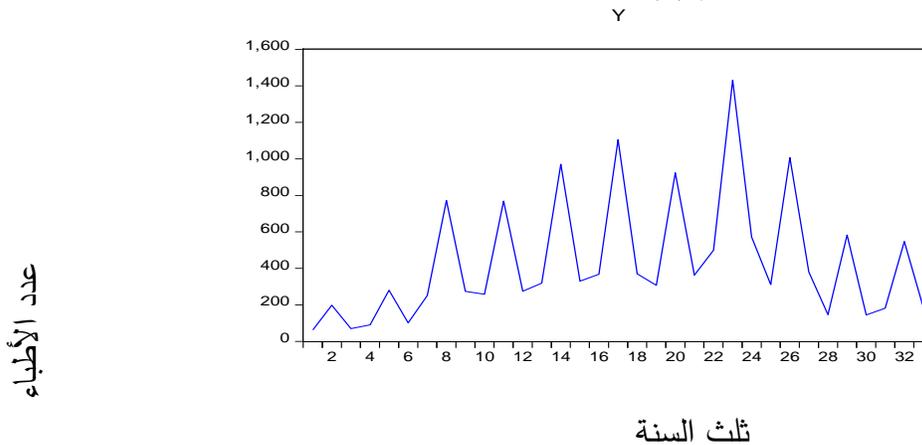
وبمقارنة أوجه الشبه والاختلاف بين الدراسة الحالية والدراسات السابقة نجد الدراسة الحالية هدفت إلى أهمية التحليل الإحصائي للأرقام والبيانات الإحصائية ودراسة البيانات المطلوبة من عملية هجرة الأطباء السودانيين إلى الخارج ، بينما ركزت الدراسات السابقة على الحصول على أرقام وحقائق ومعلومات عن هجرة العقول السودانية إلى الخارج ، باستثناء دراسة هنادي عبدالله التي هدفت إلى معرفة الأسباب الرئيسة التي تؤدي إلى الهجرة للخارج . وفيما يتعلق بأدوات التحليل الإحصائي المستخدمة فقد اتفقت الدراسة الحالية مع بعض الدراسات السابقة في استخدام منهجية بوكس - جينكنز واختبار ديكي - فولر المطور وتشخيص ذاتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي واختبار المعنوية الإحصائية لمعامله وصلاحيته التنبؤ ، واختلفت مع دراسة هنادي عبدالله ومحمد حسن وفائزة التي استخدمت مكونات التحليل العاملي ومصفوفة الارتباط الداخلية .

#### الإطار التطبيقي :

إن البيانات التي استخدمت في هذا البحث تتألف من سلسلة زمنية ثلث سنوية بواقع (33) مشاهدة تمثل أعداد الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج للفترة من 2008 م إلى 2018 م ، وقد أخذت من مركز المعلومات بوزارة العمل وتنمية الموارد البشرية والإصلاح الإداري وكذلك من سجلات قسم الإحصاء بجهاز شؤون السودانيين العاملين بالخارج .

ولاختبار سكون السلسلة الزمنية نلاحظ الرسم التاريخي لها بالشكل أدناه:

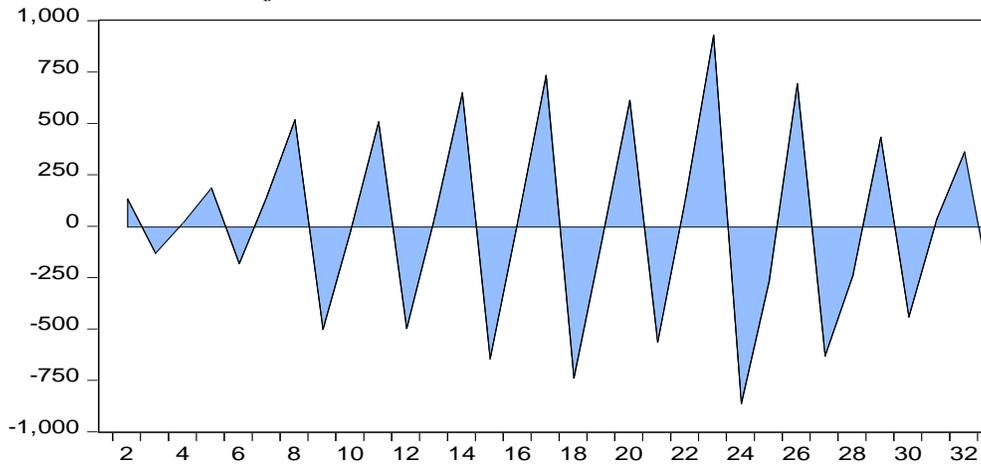
#### شكل رقم (1): سكون السلسلة الزمنية



المصدر : إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews 10

حيث يوضح الشكل (1) الرسم البياني لسلسلة أعداد الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج مع الزمن ، ومنه يلاحظ وجود اتجاه عام تصاعدي في الثلث الثاني (الشهور مايو ، يونيو، يوليو وأغسطس) خاصة في سنة 2013م المقابل للسلسلة 17 حيث بلغ عدد الأطباء المهاجرين 1105 طبيب ، و سجلت تزايداً واضحاً في أعداد الأطباء المهاجرين وصل ذروته بالسلسلة 23 في العام 2015م مسجلة أعلى عدد هجرة (1431) طبيب شهده السودان خلال السلسل الزمنية مما يستدعي أخذ فروقات.

شكل رقم (2): سلسلة الفروق من الدرجة الأولى



المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

يتضح من الشكل (2) أن السلسلة لا تعاني من مشكلة اختلاف التباين والمتوسط مما يعني أن بيانات السلسلة ساكنة عند الفروق من الدرجة الأولى، ويلاحظ أنها خلت من أثر الاتجاه العام كما يوضحها الرسم البياني بالشكل (2)، حيث أصبح منحني سلسلة الفروق يوازي المحور الأفقي تقريباً. ثم اختبار جذور الوحدة لديكي - فولر المطور بالجدول أدناه:

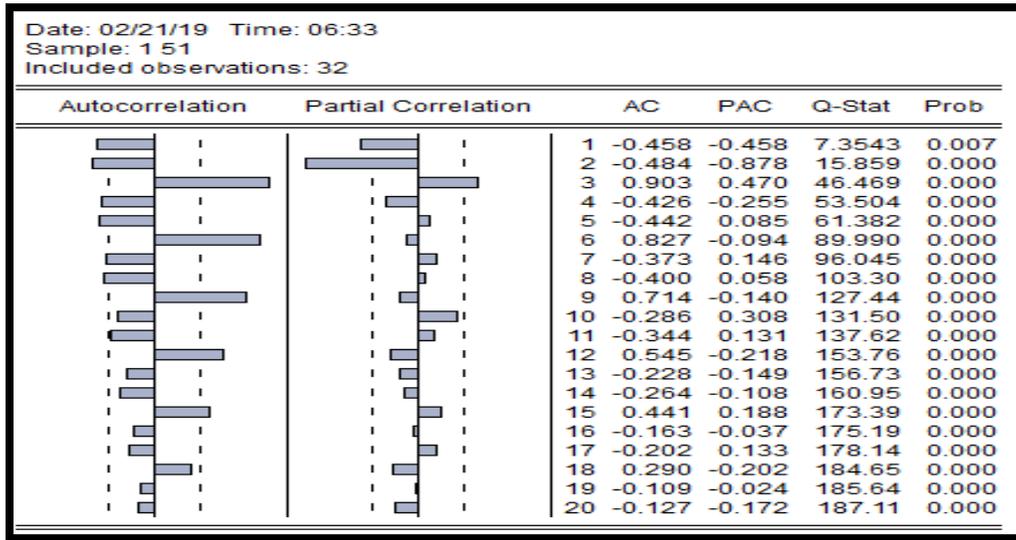
جدول رقم (1): اختبار جذور الوحدة للأطباء السودانيين المهاجرين

القرار	P_ Value	قيمة ADF	القيمة الحرجة عند مستوى معنوية %5	مستوى المتغير
غير مستقرة	0.160	-2.364	-2.967	المستوى
مستقرة	0.025	-3.293	-2.971	الفرق الأول

المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

من الجدول (1) نلاحظ أن القيمة الاحتمالية لبيانات السلسلة عند المستوى (0.160) وهي أكبر من قيمة مستوى معنوية %5 لذلك نقبل فرضية العدم ( $H_0$ ) السلسلة غير ساكنة عند المستوى، وتم اخذ الفرق الأول فوجد أن القيمة الاحتمالية لبيانات السلسلة عند الفرق الأول (0.025) أقل من قيمة مستوى المعنوية %5 وبالتالي يرفض فرض العدم ( $H_0$ ) ويقبل فرض البديل ( $H_1$ ) أي أن سلسلة بيانات الفرق الأول ساكنة.

ولتحديد النموذج المناسب نرسم دالة الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة بيانات الفرق الأول.  
شكل رقم (3): دالة الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لسلسلة بيانات الفرق الأول



المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

من خلال الشكل (3) نلاحظ أنه بالنسبة للانحدار الذاتي للتأخيرات الأكثر أهمية هي (p=3) وبالنسبة للمتوسطات المتحركة فإن التأخيرات الأكثر أهمية هي كذلك (q=10) وعليه يمكن أن يكون النموذج الأمثل هو ARIMA(3,1,11).  
ولاختيار أفضل نموذج يتم المفاضلة بينها وفقاً للمعايير التالية:  
AIC: (مقياس معلومات أكياكي) يأخذ النموذج أصغر قيمة لهذا المعيار.  
SC: (مقياس معلومات شوارز) يأخذ النموذج أصغر قيمة لهذا المعيار.  
 $R^2$ : (معامل التحديد) يأخذ النموذج أكبر قيمة لهذا المعيار.  
SSR: (مجموع مربعات الأخطاء) يأخذ النموذج أقل قيمة لهذا المعيار.

جدول رقم (2): مقارنة بين النموذج المقترح والنماذج الأعلى والأدنى منه مباشرة

النموذج	AIC	SC	$R^2$	SSR
ARIMA(0,1,1)	14.53	14.57	0.48	3605825
ARIMA(0,1,2)	14.33	14.38	0.58	2944091
ARIMA(0,1,3)	14.09	14.14	0.67	2321266
ARIMA(1,1,0)	14.99	15.03	0.21	5523751
ARIMA(1,1,1)	14.58	14.67	0.51	3434233
ARIMA(1,1,2)	14.28	14.37	0.63	2554208
ARIMA(1,1,3)	14.05	14.14	0.71	2017873
ARIMA(2,1,0)	14.98	15.03	0.24	5294393
ARIMA(2,1,1)	14.56	14.65	0.53	3252694
ARIMA(2,1,2)	14.35	14.44	0.62	2632161
<b>ARIMA(3,1,11)</b>	<b>12.88</b>	<b>13.02</b>	<b>0.92</b>	<b>545130</b>

المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

بعد التعرف على النموذج الأمثل  $ARIMA(3,1,11)$  من الجدول (2) يتم تقدير معالمه كما يلي:

يتم في هذه المرحلة تقدير معالم النموذج الذي تم اختياره في مرحلة التعرف وهو نموذج  $ARIMA(3, 1, 11)$ ، وباستخدام برنامج الحزم الإحصائية، Eviews10 وبرنامج Minitab17 حصلنا على تقدير المعلمات الموضحة بالجدول رقم (3).

جدول رقم (3): تقدير معلمات ومعنوية النموذج  $ARIMA(3, 1, 11)$

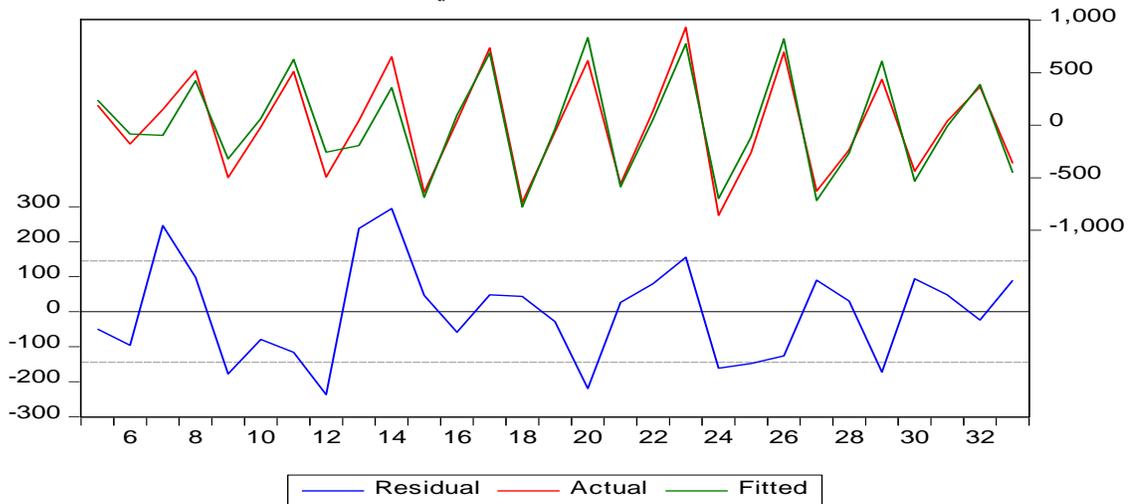
Dependent Variable: D(Y)				
Method: ARMA Conditional Least Squares (Gauss-Newton / Marquardt steps)				
Date: 02/21/19 Time: 06:58				
Sample (adjusted): 5 33				
Included observations: 29 after adjustments				
Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 16 iterations				
Coefficient covariance computed using outer product of gradients				
MA Backcast: -6 4				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	155.7495	405.4149	0.384173	0.7040
AR(3)	0.909392	0.076627	11.86775	0.0000
MA(11)	-0.852638	0.052094	-16.36716	0.0000
R-squared	0.922231	Mean dependent var	3.241379	
Adjusted R-squared	0.916248	S.D. dependent var	500.3419	
S.E. of regression	144.7983	Akaike info criterion	12.88626	
Sum squared resid	545130.0	Schwarz criterion	13.02770	
Log likelihood	-183.8507	Hannan-Quinn criter.	12.93056	
F-statistic	154.1610	Durbin-Watson stat	1.743126	
Prop(F-statistic)	0.000000			
Inverted AR Roots	.97	.48+.84i		-.48-.84i
Inverted MA Roots	.99	.83+.53i	.83-.53i	.41-.90i
	.41+.90i	-.14-.98i	-.14+.98i	-.65+.74i
	-.65-.74i	.95+.28i		-.95-.28i

المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

يلاحظ من الجدول (3) أن القيمة الاحتمالية لمعلمة نموذج الانحدار الذاتي (Prob=0.0000) وهي أقل من (0.05) مما يدل على معنويتها، وأيضاً نجد أن القيمة الاحتمالية لمعلمة نموذج المتوسطات المتحركة (Prob=0.000) وهي أقل من

(0.05) مما يدل علي معنويتها، وكذلك نجد أن القيمة الاحتمالية لمعلمة الثابت (Prob=0.7040) وهي أكبر من (0.05) أي أن الثابت غير معنوي لذلك تكتب معادلة النموذج المقدر بدون ثابت. تعد مرحلة فحص مدي الملائمة من أهم مراحل التحليل حيث يتم فيها التحقق من ملائمة النموذج، وبالتالي يمكن استخدامه في التنبؤ أو يتم فيها تعديل هذا النموذج وذلك بناءً علي نتائج الفحوصات والاختبارات التي تجري في هذه المرحلة، وتعتمد ملائمة النموذج بصفة عامة على إجراء العديد من الاختبارات أهمها مقارنة بين السلسلتين الأصلية والمقدرة بالشكل التالي:

شكل رقم (4): المنحنى البياني لمرحلة التقدير



المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

نلاحظ من خلال الشكل (4) شبه تطابق بين المنحنيين، منحني السلسلة الأصلية (Actual) ومنحنى السلسلة المقدرة (Fitted) وهذا يعطينا فكرة عن قوة النموذج المستعمل. ومن ثم يأتي اختبار استقلالية البواقي والذي يتم فيه رسم دوال الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لمربعات البواقي

شكل رقم(5): دالة الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لمربعات البواقي للنموذج ARIMA(3,1,11)

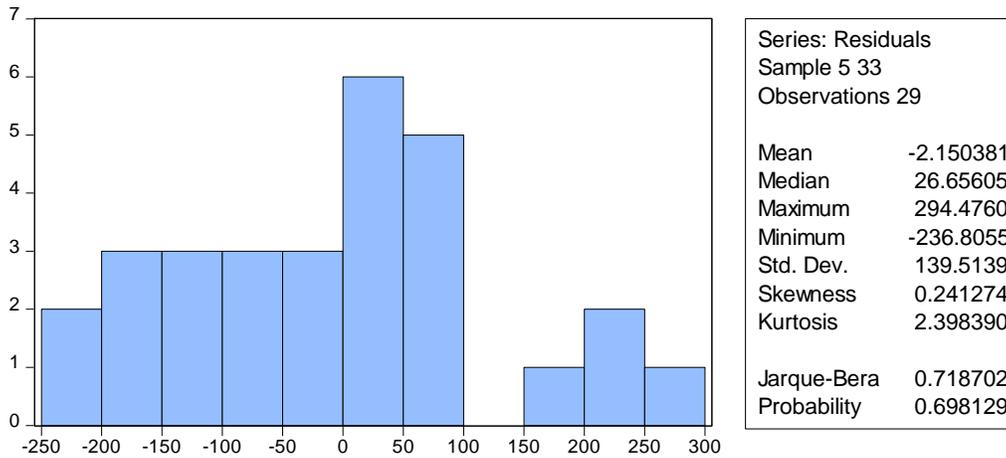
Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.184	0.184	1.0850	0.298
		2	0.038	0.004	1.1322	0.568
		3	-0.170	-0.183	2.1259	0.547
		4	-0.181	-0.126	3.3087	0.508
		5	0.041	0.116	3.3709	0.643
		6	0.148	0.120	4.2308	0.645
		7	0.071	-0.037	4.4392	0.728
		8	-0.213	-0.269	6.3755	0.605
		9	-0.102	0.042	6.8406	0.654
		10	0.004	0.137	6.8416	0.740
		11	0.119	0.043	7.5542	0.753
		12	-0.009	-0.224	7.5581	0.819

المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

يتضح من الشكل (5) أن أخطاء النموذج تمثل تغيرات عشوائية بحتة وذلك لأن جميع قيم معاملات الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي لمربعات البواقي تقع بأكملها داخل فترة ثقة 95%، وبالتالي فإن النموذج مقبول ويمكن استخدامه في التنبؤ.

ويتم اختبار طبيعية البواقي برسم المدرج التكراري للبواقي بالشكل رقم (6).

شكل رقم (6): المدرج التكراري للبواقي وإحصائية Jargue Bera



المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

يتضح من الشكل (6) ومن خلال المدرج التكراري أن معظم البواقي تتمركز حول الصفر مما يشير إلى التوزيع الطبيعي للبواقي ويؤكد ذلك إحصائية Jargue Bera من خلال قيمتها الاحتمالية (Prob=0.698) وهي أكبر من (0.05) وهذا يعني أن البواقي تتوزع طبيعياً.

يلي ذلك اختبار عدم ثبات التباين (ARCH) بالجدول التالي:

جدول رقم (4): اختبار عدم ثبات التباين (ARCH) للنموذج ARIMA(3,1,11)

Heteroskedasticity Test: ARCH			
F-statistic	0.931586	Prob. F(1,26)	0.3433
Obs*R-squared	0.968543	Prob. Chi-Square(1)	0.3250

المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10

من الجدول (4) نجد أن قيمة كاي الاحتمالية (Probability =0.325) وهي أكبر من (0.05) وبالتالي نقبل فرض عدم، أي أن تباين حد الخطأ ثابت ومتجانس.

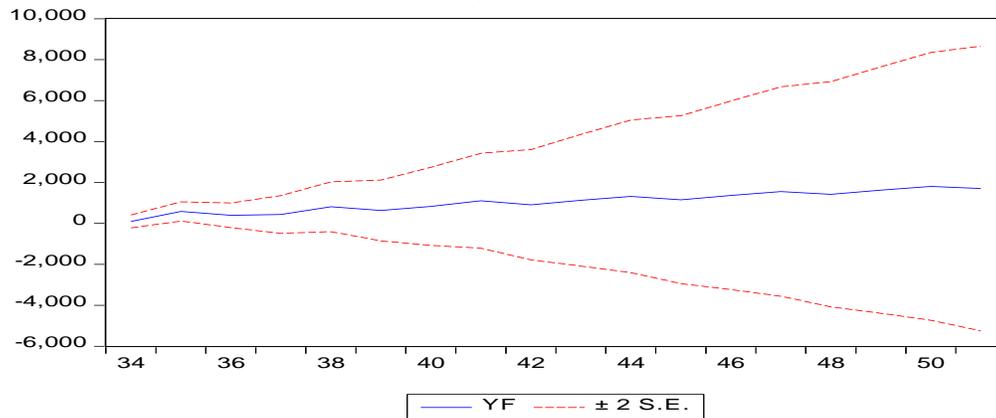
ومن ثم تطبيق نموذج ARIMA(3, 1, 11) للتنبؤ بأعداد الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج للفترة من 2019م إلى 2024م كما في الجدول التالي:

جدول رقم (5): القيم التنبؤية حتى عام 2024م

القيم التنبؤية	ثلث السنة	القيم التنبؤية	ثلث السنة	القيم التنبؤية	ثلث السنة
1368	(1)2023	830	(1)2021	99	(1)2019
1554	(2)2023	1107	(2)2021	582	(2)2019
1419	(3)2023	912	(3)2021	392	(3)2019
1626	(1)2024	1129	(1)2022	437	(1)2020
1809	(2)2024	1319	(2)2022	813	(2)2020
1702	(3)2024	1156	(3)2022	629	(3)2020

المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10.

شكل رقم (7): حدود الثقة للقيم التنبؤية لنموذج ARIMA(3,1,11)



المصدر: إعداد الباحثة من مخرجات برنامج Eviews10.

يوضح الشكل (7) أن جميع القيم المتنبأ بها حتى العام 2024م تكون محصورة بين الحدين الأدنى والأعلى للثقة بمعنى أن احتمال وقوع القيم خارج حدود الثقة هو (5%).

#### النقاش:

1. عند فحص البيانات واختبار إستقرارية السلاسل وجد أن بيانات الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج غير مستقرة في المستوى ولكنها استقرت بعد أخذ الفرق الأول باختبار ديكي - فولر.
2. ومن تشخيص دالتي الارتباط الذاتي والارتباط الذاتي الجزئي اتضح أن النموذج الملائم لسلسلة البيانات ثلث السنوية للأطباء السودانيين المهاجرين للخارج في الفترة من 2008 إلى 2018 م هو نموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة ARIMA(3,1,11).
3. تتمركز البواقي حول الصفر مما يشير إلى التوزيع الطبيعي للبواقي.
4. وفقاً لهذا النموذج تم التنبؤ بأعداد الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج في الفترة من 2019 إلى 2024م ، حيث أظهرت القيم التنبؤية توافقاً كبيراً مع قيم السلسلة الأصلية.

#### الخلاصة:

1. التأكيد على أهمية التنبؤ كأسلوب لبناء المستقبل وصياغة القرارات.

2. الأخذ بنتائج هذا البحث، واعتماد النموذج المقترح للتنبؤ بأعداد الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج من قبل الجهات ذات العلاقة على مستوى الدولة.
3. استخدام أساليب تنبؤية أخرى ومقارنة نتائج هذه الأساليب مع نتائج نماذج ARIMA التي استخدمت في هذا البحث.
4. إجراء المزيد من الأبحاث والدراسات حول هجرة الأطباء السودانيين للخارج مع تحمل الدولة لتكلفة الأبحاث والمؤتمرات العلمية و توفير فرص التدريب بالداخل والخارج .

#### المراجع:

1. أحمد، أ. (2008). النمذجة القياسية للاستهلاك الوطني للطاقة الكهربائية في الجزائر خلال الفترة 1988-2007 م ، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر، ص 77.
2. إنصاف، ع. (2014). استعمال نموذج ARIMA للتنبؤ بعدد الإصابات بمرض التدرن في محافظة واسط ، مجلة التقني ، 5: 1-24.
3. تقرير وزارة العمل وتنمية الموارد البشرية والإصلاح الإداري في الفترة من 2008 وحتى 2018/12/20 م .
4. دلهوم، خ. (2009) ، أساليب التنبؤ بالمبيعات - دراسة حالة ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير ، جامعة الحاج لخضر، الجزائر، ص 91 .
5. سمير، م. (2005) ، مقدمة في التحليل الحديث للسلاسل الزمنية ، الطبعة الأولى ،مركز النشر العلمي ، جامعة الملك عبدالعزيز ، جدة ، ص 279 .
6. طعمه وحسن، (2011 م)، الاختبارات الإحصائية أسس وتطبيقات، عمان، دار صفاء للنشر.
7. طعمه وسعدية، ع.(2012) ، استخدام السلاسل الزمنية للتنبؤ بأعداد المصابين بالأورام الخبيثة في محافظة الأنبار ، مجلة جامعة الأنبار للعلوم الاقتصادية و الإدارية.
8. عبدالحسين، ا.(2009م)، معايير جذب الكفاءات العلمية خارج البلد من وجهة نظر الكفاءات العلمية داخل البلد رسالة علمية منشورة ، بغداد.
9. عبدالرازق وآخرون، (2012م) ، دراسة مقارنة في طرائق تقدير انحدار التكامل المشترك مع تطبيق عملي ، المجلة العراقية للعلوم الاقتصادية ، : 151-172.
10. عبدالرحمن، أ. (2012م) ، هجرة العقول والكفاءات السودانية وأثرها على التنمية الاقتصادية في السودان ،رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الاقتصاد، جامعة أم درمان الإسلامية .
11. عبدالناصر، أ. (2009م)، هجرة الكفاءات العربية الأسباب والنتائج (العراق أنموذجاً)، رسالة ماجستير غير منشورة.
12. عمر، ي. (2013م). تطبيق النموذج الخطي اللوغريتمي في تحليل بيانات هجرة أساتذة الجامعات السودانية ،رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية العلوم ، جامعة الجزيرة .
13. الغنام، ح. (2003م) ، تحليل السلسلة الزمنية لمؤشر أسعار الأسهم في المملكة العربية السعودية ، باستخدام منهجية بوكس وجينكنز مجلة جامعة الملك عبدالعزيز، الاقتصاد والإدارة، 2: 3-26 .

14. محمد، ح. وآخرون، (2014م)، استخدام التحليل العاملي في تحديد أهم العوامل التي تؤثر في هجرة الكفاءات العلمية السودانية، دراسة اقتصادية إحصائية لحالة الكفاءات العلمية السودانية بالمملكة العربية السعودية، مجلة الأكاديمية الأمريكية العربية للعلوم والتكنولوجيا (أماراباك)، 12: 65-84.
15. هنادي ع، (2017م)، التحليل الإحصائي لهجرة أعضاء هيئة التدريس بالجامعات السودانية للخارج في الفترة من 2006 إلى 2014م، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة أم درمان الإسلامية .
16. Damadar and Gujarati ,N .(2004). Basic Econometrics ,4<sup>th</sup> Edition ,Mc Graw Hill Companies ,p 797.
17. Dickey ,D. and Fullar ,W. (1981). Likelihood Ratio Statistical for Autoregressive Time Series With a unit root. Econometrica ,49: 1057-1072.
18. Rangsan ,N. and Titida ,N. (2006). ARIMA Model for Forecasting Oil Palm Price. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> IMT – GT Regional Conference on Mathematics ,Statistics and Applications ,Universities Sains Malaysia ,Penang ,June 15 :3-5.
19. Vogelvang ,B .(2005). Econometrics Theory and Application with Eviews ,First Published ,Prentice Hall ,England ,p 344.

#### الملاحق :

بيانات ثلاث سنوية لعدد الأطباء السودانيين المهاجرين للخارج في الفترة (2008 – 2018م) :

المهاجرين عدد الاطباء	ثلاث السنه
63	2008(1)
198	2008(2)
70	2008(3)
90	2009(1)
280	2009(2)
101	2009(3)
251	0120(1)
772	0120(2)
274	0120(3)
258	1120(1)
769	1120(2)
275	1120(3)
319	1220(1)
971	1220(2)
330	1220(3)
368	1320(1)
1105	1320(2)
370	1320(3)
307	1420(1)
923	1420(2)
363	1420(3)
499	1520(1)
1431	1520(2)
572	1520(3)
311	1620(1)
1007	1620(2)
380	1620(3)
146	1720(1)
583	1720(2)
145	1720(3)
182	1820(1)
547	1820(2)
184	1820(3)