منشورات جامعة وادي النيل
مجلة النيل للآداب والعلوم الانسانية
(ISSN: 1858 – 7054)
المجلد السادس، العدد الأول ،2025م
nilevalley.edu.sd

استخدام نماذج الشبكات العصبية للتنبؤ بهجره أساتذة الجامعات السودانية (2023-2032)

أ. د. إيمان محمود إبراهيم عبده [1] د. محمد حسن عثمان ابو شيبه [2]د. بكري علي بكري عبد الصادق [3] أماني عبد الله المكي [4]

1 كلية الاقتصاد- جامعة وادي النيل

2 المملكة العربية السعودية

3وزارة التربية والتعليم المرحلة الثانوية

4 وزارة التربية والتعليم المرحلة الثانوية

المؤلف : amaniabdalla627@gmail.com

المستخلص

تناولت هذه الدراسة أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بهجرة أساتذة الجامعات السودانية بالاعتماد على بيانات السلسلة الزمنية للفترة 2023-2032، مبينة مدى تأثر دقة التنبؤات المتحصل عليها بواسطة النماذج الإحصائية المستخدمة في الدراسة لاتخاذ القرارات الاستراتيجية بناءً على هذه التحليلات. وقد هدفت الدراسة إلى مناقشة أهمية التنبؤ بالسلاسل الزمنية وكيفية استخدامه على السلسلة الزمنية قيد الدراسة. ومن أجل الحصول على نموذج تنبؤ إحصائي كفؤ يعطي تنبؤات دقيقة لأعداد هجرة أساتذة الجامعات السودانية تم تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) على بيانات الدراسة وبناء نموذج للتنبؤ، ووفقاً للنتائج المتحصل عليها فإن النموذج ANN 2-9-1 هو النموذج الأصلح للتنبؤ. وتوصلت الدراسة من خلال قيم التنبؤات المستقبلية المتحصل عليها باستخدام النموذج المختار ANN 2-9-1 إلى أن هناك زيادة في الإنتاجية خلال الاعوام القادمة. ونلاحظ أن كل قيم التنبؤ تقع داخل حدود الثقة الأمر الذي يؤكد جودة وصلاحية هذا النموذج في التنبؤ. وعلى ضوء هذه النتائج أوصت الدراسة باعتماد النموذج المختار ANN 2-9-1 في إعداد الخطط المستقبلية. كما أوصت الدراسة أيضًا بضرورة جمع بيانات تدريب أكثر دقة وحجماً أكبر لتحسين دقة التنبؤات.

الكلمات المفتاحية: *التنبؤ، السلاسل الزمنية، الشبكات العصبية الاصطناعية، الارتباط الذاتي، الارتباط الذاتي الجزئي، الجامعات السودانية.*

Using neural network models to predict the migration of Sudanese university professors (2023-2032)

Abstract:

This study examines the method of artificial neural networks to predict the migration of Sudanese university professors based on time series data for the period 2023-2032, indicating the extent to which the accuracy of the predictions obtained is affected by the statistical models used in the study to make strategic decisions based on these analyses. The study aimed to discuss the importance of time series forecasting and how to use it on the time series under study. In order to obtain an efficient statistical prediction model that gives accurate predictions for the numbers of Sudanese university professors migrating, artificial neural networks (ANN) were applied to the study data and a prediction model was built. According to the results obtained, the ANN 2-9-1 model is the most suitable model for prediction. Through the values of future predictions obtained using the chosen model ANN 2-9-1, the study concluded that there is an increase in productivity during the coming years. We note that all prediction values fall within confidence limits, which confirms the quality and validity of this model in prediction. In light of these results, the study recommended adopting the chosen model ANN 2-9-1 in preparing future plans. The study also recommended that more accurate and larger training data should be collected to improve the accuracy of predictions.

Keywords*: prediction, time series, artificial neural networks, autocorrelation, partial autocorrelation, Sudanese universities.*

مقدمة:

تتصف العديد من الظواهر الطبيعية والاجتماعية والاقتصادية بقدر كبير من عدم التيقن والتقلب والعشوائية، فالعوامل المؤثرة في هذه الظواهر كثيرة ومتشابكة، وغالباً ما يصعب التنبؤ بسلوكها بدقة بسبب طبيعتها غير الخطية والمعقدة لذا فإن استخدام أساليب التحليل الإحصائي تصبح ضرورية لفهم سلوك هذه الظواهر. اذ شهد العالم في السنين الاخيرة تطورات كثيرة ومتسارعة في مجال استخدام الحاسوب من خلال الشبكات العصبية الاصطناعية Artificial Neural Networks فقد ظهرت تطبيقات في مجال التنبؤ بالاعتماد على الأساليب الحاسوبية الحديثة، فبدأ الإحصائيون وغيرهم بالتوجه اليها وتوظيفها في مجالات عملهم، فأصبحت الشبكات العصبية تستخدم في نطاق اوسع، وفي تطبيقات متنوعة لقدراتها على إنتاج تنبؤات مقبولة ودقيقة والمخرجات.

من المعلوم أن هناك هجرة الكفاءات العلمية خسارة للبلد، لأنه من الصعوبة تعويض هؤلاء أو استبدالهم بآخرين، فهم صفوة المجتمع الخالصة وقادته في سكة التطور والازدهار، وتعتبر هجرة السودانيين إلى الخارج ظاهرة مهمة من حيث أعداد المهاجرين وتأثير ذلك على التنمية في السودان، وتوفر تحويلات المهاجرين المالية مصدراً لدفع الضرائب والزكاة وتعزيز الإنفاق، كما أنها تسند أسر المغتربين بشكل كبير.

مشكلة البحث:

تُعد هجرة أساتذة الجامعات من أكبر أنواع الهجرة واخطرها، فأساتذة الجامعات هم العمود الفقري للتعليم العالي والبحث العلمي في السودان، وهجرتهم بأعداد كبيره لدول أخرى يؤثر سلبًا على القطاع التعليمي والبحثي وتنمية الموارد البشرية، ومن أهم أسباب الهجرة عدم توفيرِ الدولة للتسهيلات والمزايا التي من شأنِها أن تدعمَ الأشخاصَ ذوي الكفاءات العلمية والمهنية العالية، عدمُ الشعورِ بالراحةِ والطمأنينةِ، وكذلك سوء الأوضاع المالية، لذا يجب على الدولة الاهتمام بالتعليم وخاصة أساتذة الجامعات، وتوفير كافة المعينات التي تساعدهم في العطاء، وتقديم أفضل الخبرات بصورة جيدة، لذا يجب اعتماد أساليب إحصائية متقدمة للتنبؤ بأعدادهم، وتحديد الاتجاه المستقبلي لهجرتهم، لاتخاذ قرارات استراتيجية صائبة، وهذا ما تهدف إليه هذه الدراسة من خلال نماذج الشبكات العصبية.

أهمية البحث:

يحتل العنصر البشري والكادر المؤهل أهمية كبيرة في الاقتصاد السوداني، حيث أن هجرة هذه الكوادر يعتبر خسارة كبيرة على البلاد، وبتحليلنا للسلسلة الزمنية يصبح بالإمكان القيام بالتقديرات والتنبؤات المستقبلية الضرورية، ولتقدير أعداد المهاجرين نحتاج إلى استخدام أسلوب إحصائي قوى وحديث لإجراء عملية التنبؤ بسلوك تلك الظاهرة.

أهداف البحث:

تكمن أهداف البحث في النقاط التالية:

- استخدام الشبكات العصبية للتنبؤ في السلاسل الزمنية لأعداد المهاجرين من أساتذة الجامعات السودانية.
- وضع خطط مستقبلية تساعد على تقليل أعداد المهاجرين من السودان.
- من خلال التنبؤ معرفة ما إذا كان المهاجرين من الكفاءات العلمية والمهنية في تزايد مستمر.
- التعرف على أهم الأسباب التي تؤدي إلى هجرة الكفاءات العلمية والمهنية من السودان.

فروض البحث:

1/ أعداد المهاجرين من الكفاءات العلمية والمهنية في تزايد مستمر.

2/ تعتبر الشبكات العصبية من أفضل النماذج ذات الكفاءة والدقة في التعامل مع بيانات السلاسل الزمنية غير الخطية.

منهجية البحث:

تستند الدراسة إلى المنهج التحليلي الاستنتاجي الذي يعتمد النظرية الإحصائية المتقدمة، حيث اعتمدت الدراسة على استخدام تحليل السلاسل الزمنية باستخدام الحزم الإحصائية.

مصادر البحث:

المصادر الأولية: وزارة العمل وتنمية الموارد البشرية والإصلاح الإداري.

المصادر الثانوية: وهي الكتب والبحوث السابقة ويعتمد أيضاً على البيانات الخاصة بالنموذج والتي تم الحصول عليها من إدارة الجوازات والسفارات المختلفة.

حدود البحث:

الحدود الزمانية: 2000-2022م.

الحدود المكانية: جميع اساتذة الجامعات السودانية المهاجرين من السودان.

الدراسات السابقة:

1- دراسة نور عامر، ايناس عبد الحافظ (2023م): تحت عنوان: استعمال منهجية بوكس – جنكنز وأنموذج السلسلة الزمنية التدخلية للتنبؤ بأعداد المصابين بفايروس كورونا. هدفت الدراسة لمعرفة الاختلاف والتفاوت في العوامل المؤثرة لانتشار فايروس كرونا. وتوصلت الدراسة إلى أن اعداد المصابين تزايد خلال وقت قصير بالرغم من تزايد عدد الاختبارات والرعاية الجيدة. ومن خلال النتائج التي تم الحصول عليها تم التأكد من الفرض القائل إن تحليل السلاسل الزمنية التدخلية له القدرة على معرفة تأثير الاختبارات. (عامر، واخرون 2023م)

2- دراسة فلة بالله (2023م): تحت عنوان: التنبؤ بالتعثر المالي باستخدام الشبكات العصبية والمنطق الضباب -دراسة تطبيقية على عينة من المؤسسات الاقتصادية الجزائرية.

هدفت الدراسة إلى توضيح القدرة التنبؤية لنماذج تقنيات الذكاء الاصطناعي الحديثة في بناء نماذج للتنبؤ بالتعثر المالي، باعتبارها أساليب مرنة يمكنها تقديم نتائج تخدم المؤسسات الجزائرية.

وتوصلت الدراسة إلي أن نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية مكن من تصنيف جميع المؤسسات عينة الدراسة تصنيفا صحيحا قدرة ب 100%. وأن نموذج المنطق المضبب مكن من تصنيف المؤسسات الصغيرة والمتوسطة بنسبة خطا 4%. (بالله، 2023م)

3- دراسة عمر أحمد محمد(2018م): تحت عنوان: استخدام نماذج GARCH ونماذج الشبكات العصبية للتنبؤ بسعر الصرف في السودان خلال الفترة 1960-2025م.

هدفت الدراسة إلى التعرف على طبيعة سعر الصرف في السودان ومن ثم استنتاج نموذج قياسي يصلح للتنبؤ بسعر الصرف في المستقبل، وذلك باستخدام بيانات سنوية لمتوسط سعر الصرف بين الجنيه السوداني والدولار الأمريكي في الفترة من عام 2017/1960م من أجل التنبؤ بسعر صرف الجنيه السوداني حتى عام 2025م.

توصلت الدراسة إلي أن النتائج أثبتت صحة جميع الفرضيات الموضوعة للدراسة، إضافة إلى أن هناك علاقة قوية بين معدل نمو الناتج المحلي وسعر الصرف، وأن النموذج GARCH (2,2) هو أفضل نموذج تم توفيقه من عائلة نماذج GARCH، والنموذج MLP(1-1-1) هو أفضل نماذج الشبكات العصبية للتنبؤ بسعر الصرف في السودان. (محمد، 2018م)

4- دراسة مروان جمعة درويش (2018):

تحت عنوان: فعالية التنبؤ بمؤشر بورصة فلسطين باستخدام نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية: مقارنة بنموذج الانحدار الذاتي.

هدفت هذه الدراسة إلى التنبؤ بمؤشر القدس لبورصة فلسطين باستخدام نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية مقارنة بنموذج الانحدار الذاتي، وذلك بالاعتماد على قاعدة بيانات يومية للفترة 3/1/ 2010 إلى 28 /2/ 2018.

توصلت الدراسة الي تفوق نموذج الشبكة العصبية في التنبؤ بقيمة مؤشر القدس لبورصة فلسطين بدرجة عالية من الدقة وبمعدل خطأ أقل من نموذج الانحدار الذاتي، وبالتالي فإن نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية لديه قدرة أكبر على التنبؤ مقارنة بنموذج الانحدار الذاتي أوصت الدراسة بالاعتماد عليه كأسلوب مناسب للتنبؤ المستقبلي بمؤشر القدس لبورصة فلسطين. (درويش، 2018)

5- دراسة أحمد سعيد(2017م): تحت عنوان: هجرة أساتذة الجامعات السودانية للملكة العربية السعودية: الاسباب والحلول. هدفت الدراسة إلى التعرف إلى أسباب هجرة الاساتذة السودانيين للملكة العربية السعودية.

توصلت الدراسة للنتائج أهمها: الاسباب الاقتصادية تمثلت في ضعف الرواتب بالجامعات السودانية، ارتفاع تكاليف المعيشة، ارتفاع تكاليف العلاج، تدهور العملة المحلية مقابل العملات الاجنبية، اما اهم الاسباب الاكاديمية والعلمية كانت ضعف تمويل البحث العلمي وعدم الاهتمام به. قلة الاهتمام بالنشر العلمي والتأليف. وكانت اهم الاسباب الاجتماعية المسئولية الاجتماعية تجاه الاسرة الصغيرة والكبيرة، تلبية الطموح والرغبة في التطور. واهم الاسباب تمثلت في: الاستقرار الامني والاقتصادي في السعودية، وعدم المحاباة والمجاملة في التعيين والترقي. (عبد الله، 2017)

6- دراسة حادة مدوري (2017) تحت عنوان: دراسة مقارنة بين نماذج الذاكرة الطويلة ARFIMA والشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بسعر صرف الدينار الجزائري.

هدفت الدراسة إلى مقارنة نماذج التنبؤ المتمثلة في الذاكرة الطويلة ARFIMA ونماذج الشبكات العصبية الاصطناعية بسعر صرف الدينار الجزائري مقابل العملات الأجنبية الرئيسية لسوق الصرف، الدولار الأمريكي، اليورو، الجنية الإسترليني، بالاعتماد على قاعدة بيانات شهرية للفترة ما بين 2000/1/1 الي 2014/12/31.

توصلت الدراسة الي ان نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية لدية قدرة أكبر علي التنبؤ مقارنة بنموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة ذات التفاضل الكسري ARFIMA بالنسبة لسعر صرف الدينار الجزائري مقابل الدولار الأمريكي ومقابل اليورو، اما بالنسبة لسعر

صرف الدينار الجزائري مقابل الجنية الإسترليني فنموذج الانحدار الذاتي والمتوسطات المتحركة ذات التفاضل الكسري ARFIMA هو الذي كان أكفاء من نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية. (مدوري، 2017)

7- دراسة منوفلي موسي علي أحمد (2017): تحت عنوان: مقارنة للتنبؤ بإنتاج الصمغ العربي باستخدام نموذجي تحليل الانحدار والشبكات العصبية الاصطناعية.

هدفت الدراسة الي استخدام أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية مقارنة بأسلوب الانحدار الخطي وعلى وجه الخصوص مقارنة أسلوب الشبكات العصبية مع الأساليب الكلاسيكية في تحليل الانحدار المتدرج للتنبؤ بإنتاج وتصدير الصمغ العربي بولاية شمال كردفان في الفترة من (2015-2025م.

خلصت الدراسة إلى أنه إذا لم يكن طول السلسلة الزمنية كافيا بحيث تظهر كل التغيرات بوضوح فإنه يفضل استخدام الانحدار على نماذج الشبكات العصبية. وان من أجل رفع كفاءة الانحدار ونماذج الشبكات العصبية للتنبؤ في السلاسل الزمنية الاهتمام بإزالة تأثيرات المتغيرات المختلفة من بيانات السلسلة الزمنية قبل تطبيق هذه الأساليب. (أحمد ،2017)

الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Network (ANN:

مقدمة:

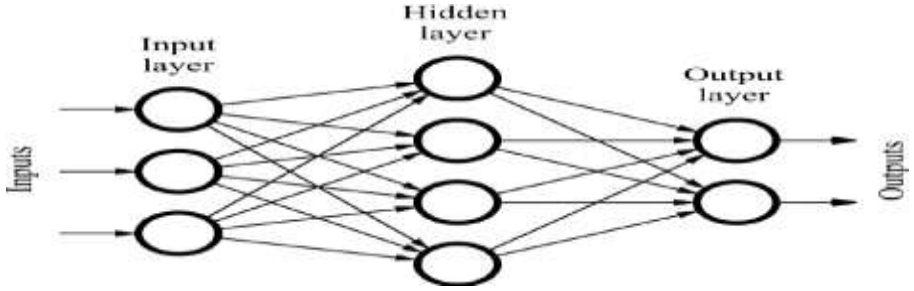
تعريف الشبكات العصبية الاصطناعية:Definition of ANN

تعد الشبكات العصبية الاصطناعية أحد النماذج اللاخطية، وهي عبارة عن نظام معالجة للمعلومات يستند إلى نماذج رياضية بسيطة لها مميزات أداء معينة بأسلوب يحاكي الشبكات العصبية الحيوية (النظام العصبي)، وذلك عن طريق معالجة ضخمة موزعة على التوالي ومكونة من وحدات معالجة بسيطة تسمي عصبونات أو عقد أو خلايا (Neurons،Nodes) تقوم بتخزين المعرفة العملية والمعلومات التجريبية لتجعلها متاحة للمستخدم، وذلك عن طريق ضبط الأوزان. (.Negnevitsky, M., 2011, 4-5)

أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية:

- الشبكات العصبية ذات التغذية الأماميةFeed Forward Neural Networks

في هذه البنية يسمح للإشارة بالتنقل باتجاه واحد فقط إلى الأمام ويتم ذلك من المدخلات إلى المخرجات. فمخرجات أي من الطبقات لا تؤثر إلا في الطبقة التي تليها كما لا يوجد أي ترابط بين خلايا الطبقة الواحدة، وتعد هذه الشبكات من أكثر الشبكات استخداما، (يوسف، واخرون2016، 433) حيث تتكون الشبكة من هذا النوع من طبقة المدخلات وطبقة المخرجات، وهما الطبقتان الوحيدتان اللتان لهما اتصال بالمحيط خارج الشبكة. إضافة إلى هاتين الطبقتين تضم الشبكة على الأقل طبقة خفية (Hidden Layer). (عبد النور، ص36)

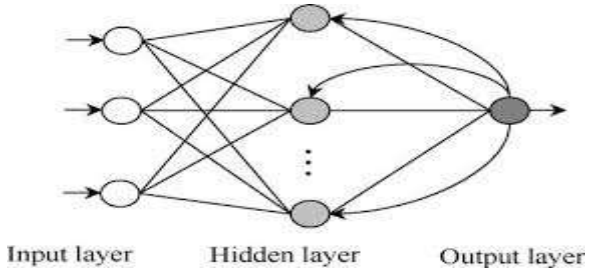


الشكل (1) الشبكات العصبية ذات التغذية الأمامية

المصدر: من إعداد الباحث.

- الشبكات العصبية ذات التغذية الخلفية: (Feed Back Neural Network)

وهي الشبكات التي تجد لمخرجاتها طريقا خلفيا مرة أخرى لتصبح مدخلات حيث تنتقل الاشارات في كلا الاتجاهين. هذا النوع من الشبكات ديناميكي وحالته تتغير باستمرار حتى تصل إلى حالة الاستقرار، أحيانا يدعى هذا النوع من الشبكات بالتفاعلي interactive، وأهم ما يميز هذا النوع من الشبكات القوة والتعقيد. (طياري، واخرون 2007، ص250.)



الشكل (2) الشبكات العصبية ذات التغذية المرتجعة

المصدر: من إعداد الباحث

معمارية(هيكلية) الشبكة العصبية الاصطناعية:

معمارية الشبكة العصبية هي الطريقة التي تربط بها وحدات المعالجة(العصبونات) مع بعضها البعض داخل كل طبقة أو بين الطبقات المختلفة المكونة للشبكة، (فضل المولي 2015 ص 38) حيث ترتبط هذه الوحدات بطرق مختلفة ووفقا لكيفية هذا الترابط وعدد الطبقات المكونة للشبك،ة تظهر لنا البنية أو المعمارية العامة للشبكة العصبي،. ويتم حساب عدد الطبقات في الشبكة بدون حساب طبقة الإدخال. (عيسى، واخرون 2000م، ص 23)

خطوات بناء الشبكة العصبية. (العباسي ،2013، ص 4.)

تمر عملية بناء الشبكة العصبية الاصطناعية بعدة مراحل يمكن تلخيصها في الآتي:

1- تجميع واعداد البيانات:

تشتمل هذه المرحلة على عمليتين تتمثل في جمع البيانات وتجزئة البيانات المجمعة إلى فئتين هما فئة التدريب (Training set) وفئة الاختبار (Test set) وتتم عملية التجزئة للبيانات بصورة عشوائية حيث تستخدم الفئة الأولى لتدريب وتجهيز الشبكة والفئة الثانية للتحقق من صلاحية الشبكة.

2- تحديد تركيبة الشبكة:

يتم اختيار النموذج أو التركيبة الملائمة عادة بناءً على الغرض من الدراسة

3- اختيار خوارزمية التعلم:

في هذه المرحلة يتم تحديد خوارزمية التعلم التي تتناسب مع تركيبة الشبكة، حيث يتم استخدام هذه الخوارزمية في تدريب.

4- تحديد قيم الأوزان الابتدائية ومعدل التعلم:

قبل بدء تدريب الشبكة يتم وضع قيم ابتدائية للأوزان والانحيازات وكذلك وضع قيمه لمعدل التعلم.

5- تدريب الشبكة:

يتم تدريب الشبكة بتقديم بيانات التدريب التي تم تجهيزها في الخطوة الأولى ومن خلال التدريب تتغير الاوزان بشكل متكرر، وباستمرار المحاولات التدريبية تتمكن الشبكة من الحصول على فئة متوافقة من الاوزان تمكننا من الحصول على المخرجات المطلوبة لكل المدخلات. (عاشور، 2019، ص 33)

6- الاختبار:

بعد الانتهاء من عملية التدريب تبدأ عملية الاختبار وذلك بتقديم بيانات الاختبار للشبكة حتى يتم التأكد من أداء الشبكة ومدي مقدرتها على حساب المخرجات الصحيحة. (محمد 2006م، ص154.)

7- التنفيذ :

يتم في هذه المرحلة استخدام الشبكة للغرض الذي أنشئت من أجلها ومن ثم المتابعة والتطوير المستمر لتحسين أداء الشبكة.

التعلم في الشبكات العصبية الاصطناعية:Learning in ANN

تشكل مرحلة تدريب الشبكة العصبونية مرحلة أساسية ومهمة تأتي بعد مرحلة تصميمها، حيث يجري تدريبها على مجموعة من الأمثلة لتعطي الشبكة نتائج صحيحة على كل الأمثلة التي قمنا بتدريبها عليها. ((2017) Phil Kim, MATLAB Deep Learning with Machine learning، P4.)

تطبيق نموذج الشبكات العصبية:

إحدى الميزات القوية للشبكات العصبونية هي قدرتها على التعلم الآلي واكتساب المعرفة من البيانات بدون أي تعليمات مسبقة حيث تستطيع الشبكات العصبونية اكتشاف العلاقات والأنماط المخبأة في كم هائل من البيانات من خلال تدريبها على عينات كبيرة. وهذا ما يمكنها من حل مشكلات صعبة من خلال قدرتها على التعامل مع البيانات غير الخطية والمتعددة الأبعاد.

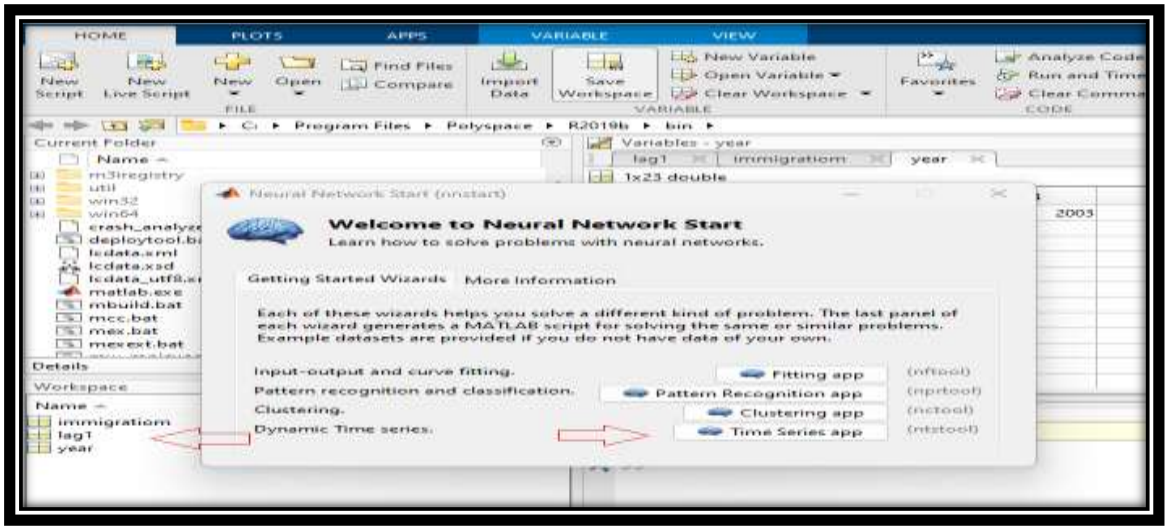
اختياروبناء الشبكات العصبية الاصطناعية:

من أجل تطبيق ما تطرقنا إليه في الجانب النظري للشبكات العصبية الاصطناعية كنموذج واسع الاستخدام خاصة في مجال التنبؤ والنمذجة تم الاعتماد على البرنامج (Matlab R2023a, Spss28, Statistica14) وهي برنامج تقوم ببناء الشبكة العصبية واختبار دقتها، مرورا بمراحل أساسية عده وذلك وفق الخطوات التالية:

الخطوة الأولى:

تجميع البيانات اللازمة للتدريب وهي أهم خطوة في الشبكات العصبية وبقدر ما تكون البيانات دقيقة تكون المخرجات دقيقة ويفضل أن تكون البيانات كبيرة وغالبا ما تأخذ لسنوات عديدة سابقة فذلك يساهم في زيادة فاعلية أداء الشبكة بشكل كبير.

وتتكون الشبكة العصبية الاصطناعية المستخدمة من ثلاث طبقات حيث تم تحديد بيانات الهجرة و(Lag) تباطؤ السلسلة لدرجه واحدة كطبقة مدخلات (input)، أما الطبقة الثانية فهي الطبقة الخفية والمتكونة افتراضا من 10 عصبونات والطبقة الثالثة والمتمثلة في اعداد المهاجرين كمخرجات (output) للشبكة، ويوضح الشكل (3) إدخال متغيرات الشبكة واختيار معالجة السلاسل الزمنية.



المصدر: من اعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

الشكل (3) إدخال متغيرات الشبكة واختيار معالجة السلاسل الزمنية.

الخطوة الثانية: تصنيف ومعالجة البيانات

في هذه المرحلة يقوم البرنامج بتقسيم البيانات إلى مجاميع أي تقسيم المدخلات إلى ثلاثة أقسام على النحو التالي:

سيتم استخدام 70% من البيانات للتدريب أي ما يعادل 17 مشاهدة.

واستخدام 15% من البيانات لأجل التحقيق أي ما يعادل 3 مشاهدات وذلك للتحقق من أن الشبكة معممة ووقف التدريب قبل الإفراط فيه أي عندما يصبح التدريب غير مفيد.

ويتم استخدام 15% من البيانات أي 3 مشاهدات كاختبار مستقل عن تعميم الشبكة.

بعد ذلك نقوم بوضع خطة للتدريب وعناصره الرئيسة (عدد مرات التدريب - نسبة الخطأ أو الهدف الذي يمكن التوقف عندها) .

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

الشكل (4) بيان التدريب والتحقيق واختبار المعطيات

الخطوة الثالثة بنية النموذج وتحديده:

بناء هيكل الشبكة من حيث تحديد نوعها وعدد طبقاتها، وقد تم تحديد معمارية وبنية الشبكة من خلال تجريب عدد من التراكيب المختلفة والمفاضلة بينها باستخدام معيار أخطاء التدريب، واخطاء الاختبار، واخطاء التحقق، حيث إن هذه العملية تكرر حتى تصل إلى بنية معينة اعتماداً علي أقل الأخطاء، وعندما نلاحظ أن قيمة الخطأ قد توقفت في الانخفاض يتم التوقف في عملية التدريب والاعتماد على البنية والمعمارية التي توقفت فيها عملية التدريب.

ولتحديد نموذج الشبكة العصبية يجب اختيار ما يلي:

-عدد عصبونات الإدخال الذي يساوي عدد المتغيرات المستقلة x(t) ويساوي اثنين، وكما أشرنا سابقا عبارة عن أعداد أساتذة الجامعات السودانيين المهاجرين ومتباطئة السلسلة (نفس السلسلة بعد تأخيرها خطوة).

-عدد الطبقات المخفية والذي يعتمد على قيمة الخطأ المستخدم في الشبكة والتي حُددت ألياً بطبقة واحدة.

- عدد العصبونات في الطبقة المخفية، والذي حدد عن طريق التجربة والذي حُدد بـ 10 عصبونات.

- عصبون الإخراج الذي يساوي الواحد.

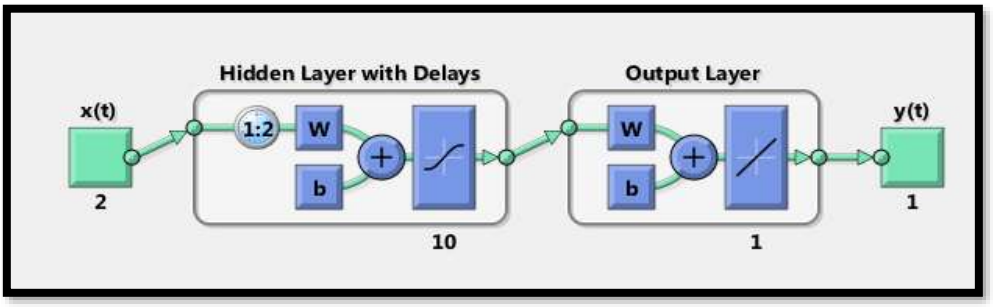
- كما أن العدد الافتراضي من التأخر يساوي 2 ويعدل حسب تدرب الشبكة حيث يمكن التعديل إذا كان تدريب الشبكة رديئا.

ووفقا لمعطيات الجدول (1) فقد تم اختيار المعمارية MLP 2-9-1 لبيانات الدراسة.

جدول (1) وصف نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية.

MODEL	خطأ التحقيق	خطأ الاختبار	خطأ التدريب	دالة التنشيط
MLP 2-9-1	2.88308e-1	1.24385e-0	3.144215e-1	Logistic
MLP 2-10-1	4.30313e-2	2.19317e-0	6.82104e-3	Logistic
MLP 2-11-1	5.29461e-1	2.79899e-0	8.88641e-1	Logistic

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

الشكل رقم (5) بيان معمارية الشبكة العصبية

الخطوة الرابعة:

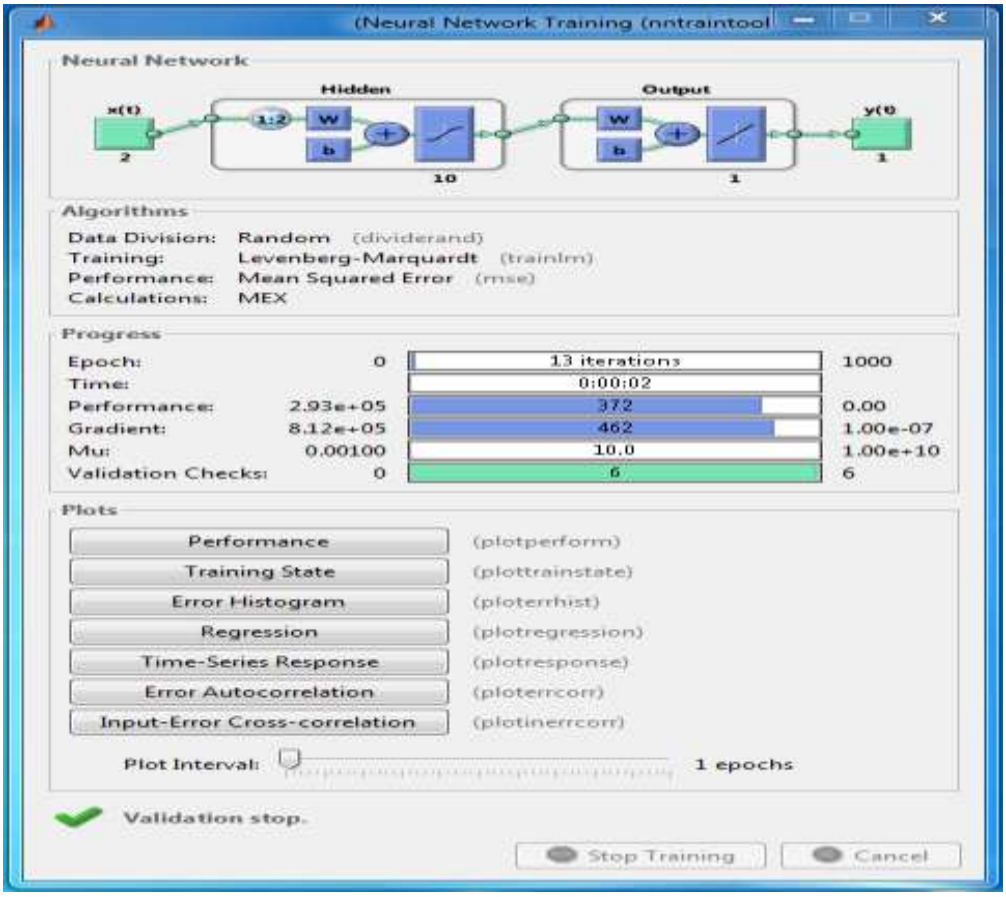
التدريب مع تنفيذ الشبكة: بعد تحديد خيارات عملية التدريب وتحديد لوغاريتم التعلم ومعدله تنتهي هذه المرحلة باستخراج النتائج النهائية للشبكة، ومستوى دقة تنبؤاتها في عينتي التدريب والتحقيق، أما مرحلة الاختبار فيتم فيها اختبار مدى مصداقية الشبكة ودرجة دقتها مع توضيح مستوى الاستجابة.

وتتضمن هذه الخطوة:

- تعليم النموذج: عبر تحديد مجموعة الأوزان بين العصبونات ومن ثم تحسين هذه الأوزان نتيجة التدريب والتي تحدد أقل قيمة لمتوسط مربع الخطأ (MSE) للوصول إلى اوزان تعطي نتائج دقيقة.

- اختيار خوارزمية الشبكة: تم اختيار شبكة البيرسبيترون متعددة الطبقات (MLP) التي تعتبر من أهم أنواع الشبكات التي تستخدم في مجالات التنبؤ بالسلاسل الزمنية وتستخدم خوارزمية التدريب لتقليل الميل (خوارزمية.Levenberg-Marquardt)

- **التنفيذ:** وهو من أهم الخطوات حيث تختبر الشبكة من حيث قدرة التكيف مع حالة التغير في الدورة وإمكانية إعادة التدريب والوصول إلى أقل مربع خطأ عند تغير البيانات الي الوصول إلى حالة الاستقرار. والشكل رقم (12) يوضح عملية التدريب.



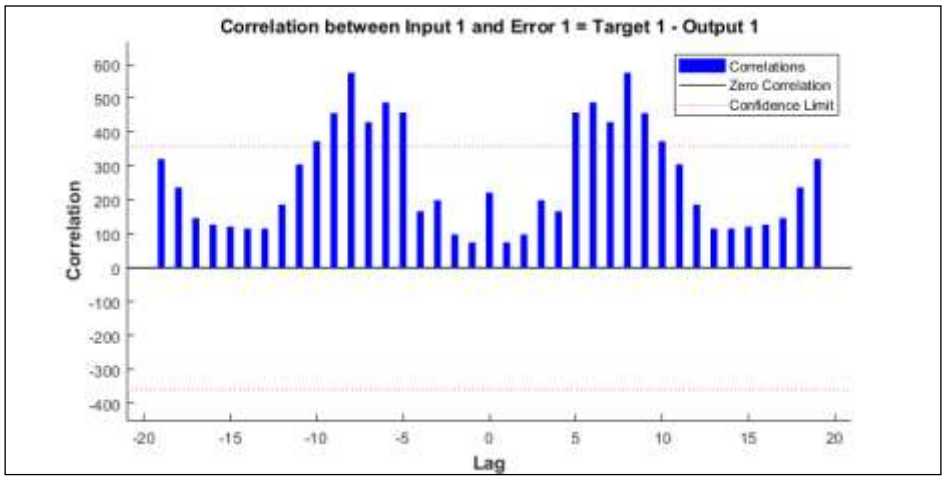
المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

الشكل (6) تدريب الشبكة العصبية

تحليل نتائج نماذج الشبكات العصبية:

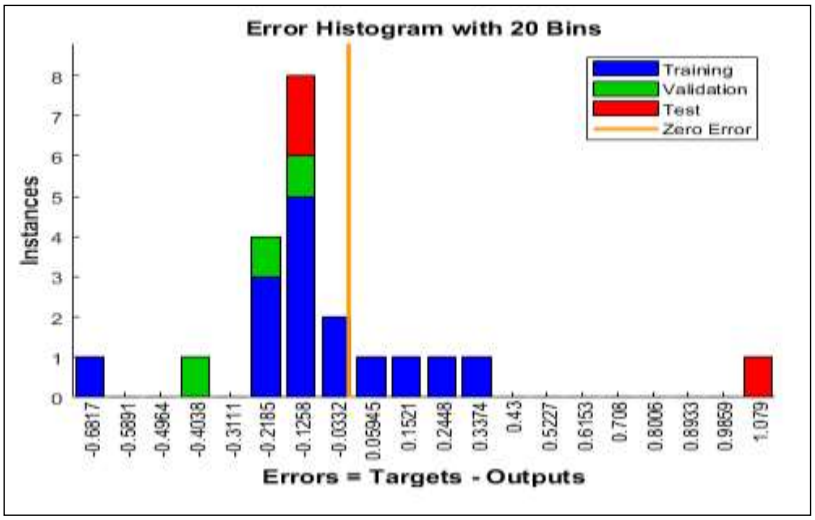
بعد عملية التدريب نقوم بقراءة في نتائجه:

حيث نلاحظ من خلال الشكل (7) الخاص بدالة الارتباط الذاتي للأخطاء (البواقي) أن معظم معاملات الارتباط تقع خارج مجال الثقة وهذا مؤشر على وجود ارتباط ذاتي بين البواقي، كذلك نجد من خلال الرسم البياني للبواقي الشكل (8) ان الشبكة مازالت تحتوي على نسبة كبيرة من أخطاء التدريب، لذا يحتم علينا إعادة التدريب.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

الشكل (7) دالة الارتباط الذاتي للأخطاء(البواقي).



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

الشكل (8) المدرج التكراري للبواقي

ومن خلال عمليات إعادة التدريب والعمل على تغيير هيكل الشبكة، ولاسيما عدد الطبقات المخفية أكثر من مرة بهدف الوصول الي أفضل نموذج تحصلنا على النتائج النهائية التالية:

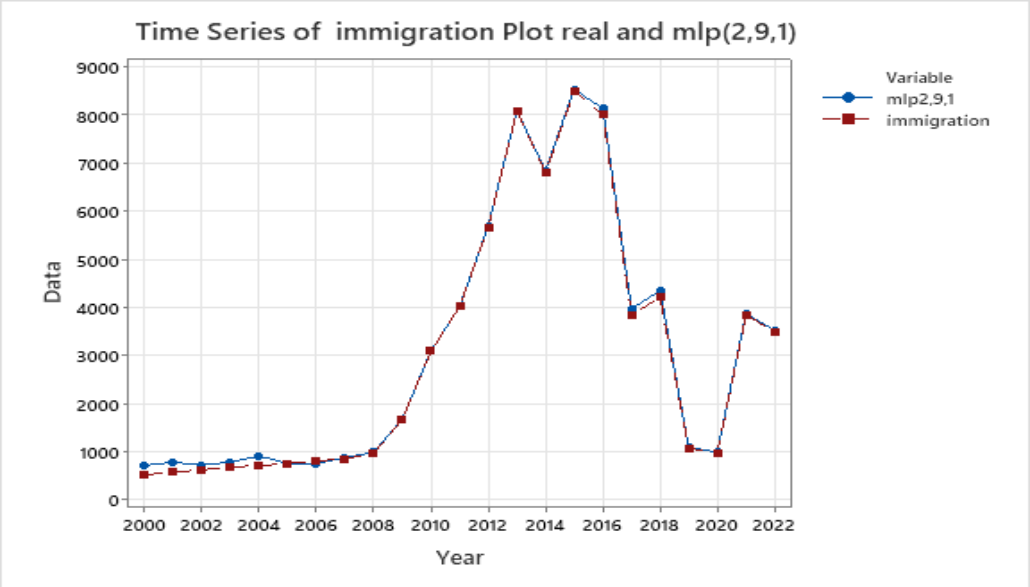
جدول رقم (2) معايير المفاضلة بين النماذج الثلاث المقترحة.

MODEL	MSE	R
MLP 2-9-1	1.55003	**0.999**
MLP 2-10-1	4.23032	**0.844**
MLP 2-11-1	5.53044	**0.786**

المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

يتضح من الجدول (2) أن الانموذج MLP 2-9-1 قد سجل اقل قيم لمعيار متوسط مربع الخطأ MSE وحصل أيضا على قيمة معامل تحديد R قريبة جدا من الواحد الصحيح (0.999) الأمر الذي يعني أن النموذج يتواءم مع البيانات بشكل جيد، لذا سيتم اعتماد النموذج MLP 2-9-1 واستخدامه في توليد التنبؤات للسنوات المقبلة.

والشكل (8) ادناه يوضح القيم الفعلية والمقدرة بواسطة النموذج MLP 2-9-1 حيث يتبين لنا مدي تقارب قيم السلسلة الفعلية مع القيم المقدرة بواسطة النموذج المختار وهذا يشير إلى مدي جودة النموذج.

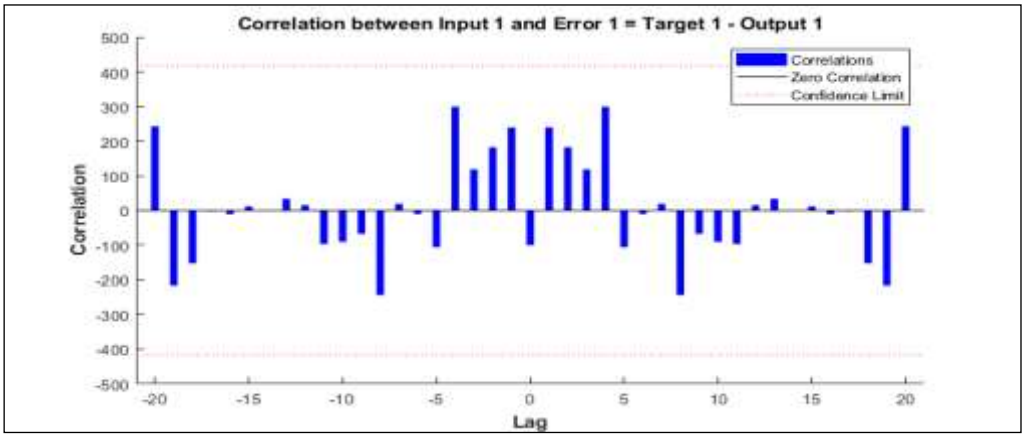


المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج Statistica

الشكل رقم (8) القيم الفعلية والمقدرة بواسطة النموذج MLP 2-9-1

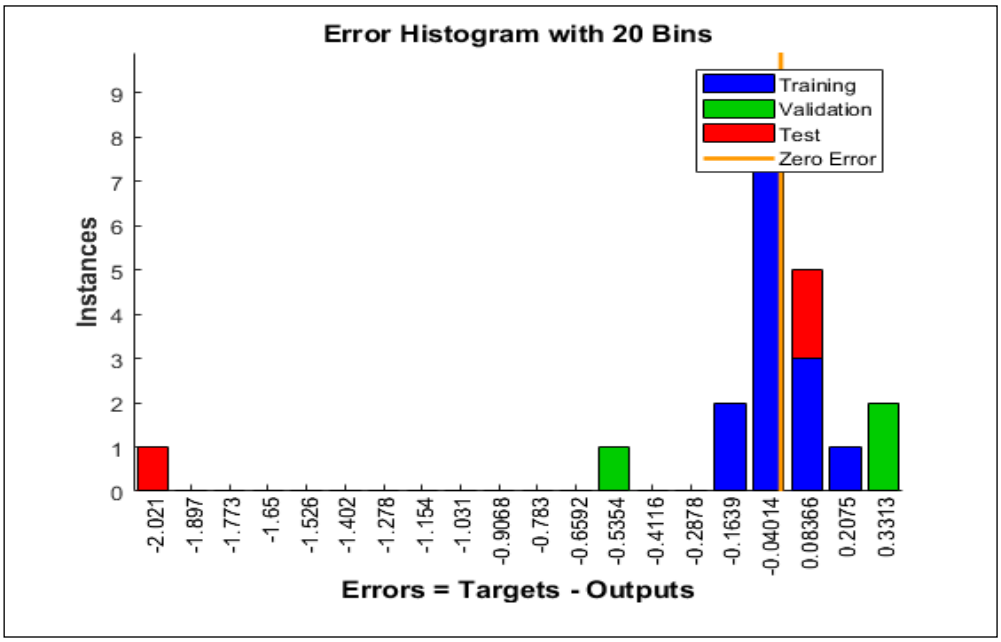
كذلك يتبين لنا من خلال الشكل رقم (9) الخاص بدالة الارتباط الذاتي للأخطاء بعد إعادة التدريب أن جميع الحدود أصبحت داخل مجال الثقة وهذا مؤشر على عدم وجود ارتباط ذاتي للبواقي.

أيضاً نلاحظ من خلال الشكل رقم (10) أن المدرجات التكرارية للبواقي متناظرة للمحور الصفري أي أن الأخطاء متناظره بالنسبة للصفر، مما يعني أنه لا يوجد إشكال في العينة.



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج Matlab R2023a

الشكل رقم (9) دالة الارتباط الذاتي للأخطاء بعد إعادة التدريب.

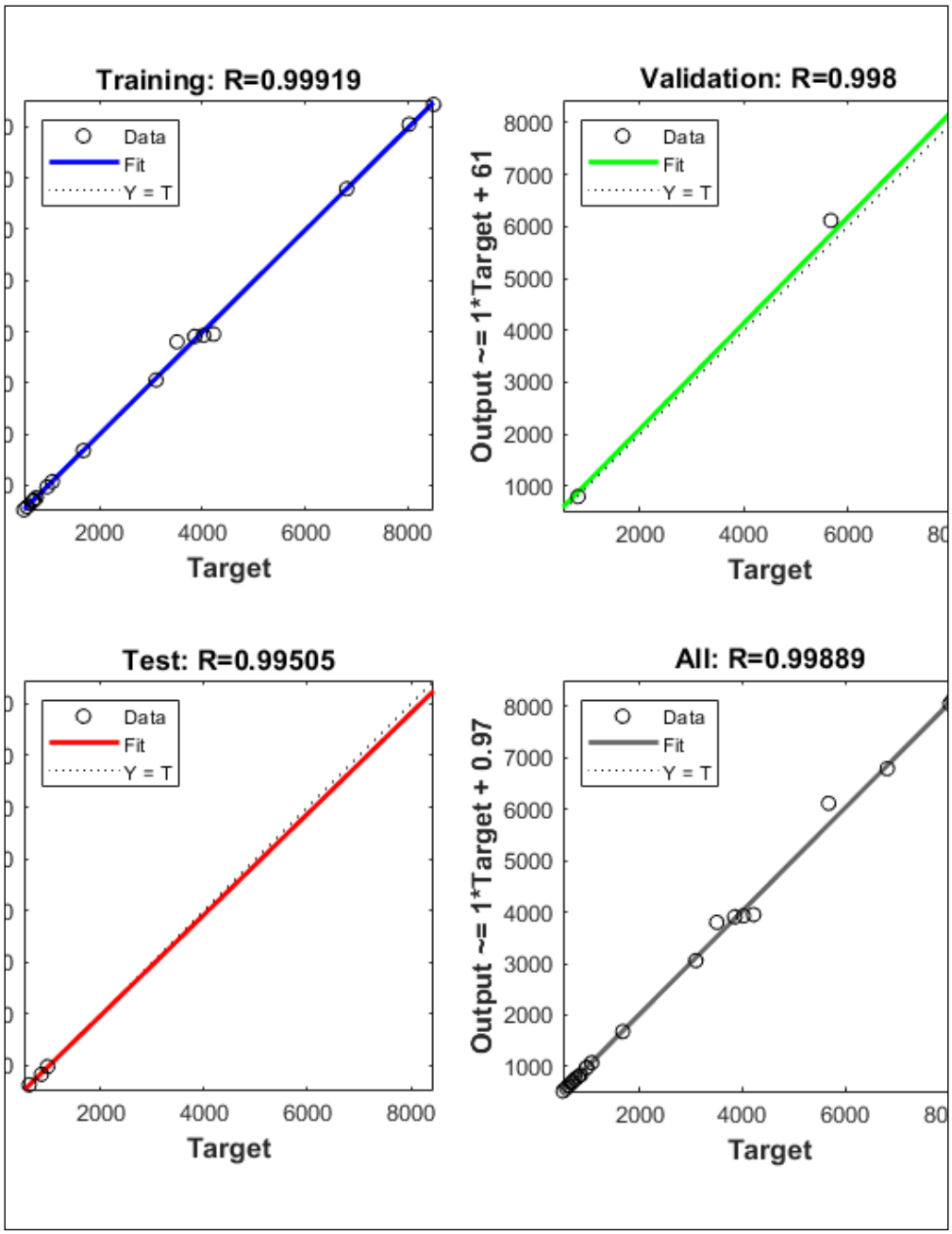


المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج Matlab R2023a

الشكل رقم (10) المدرج التكراري للبواقي.

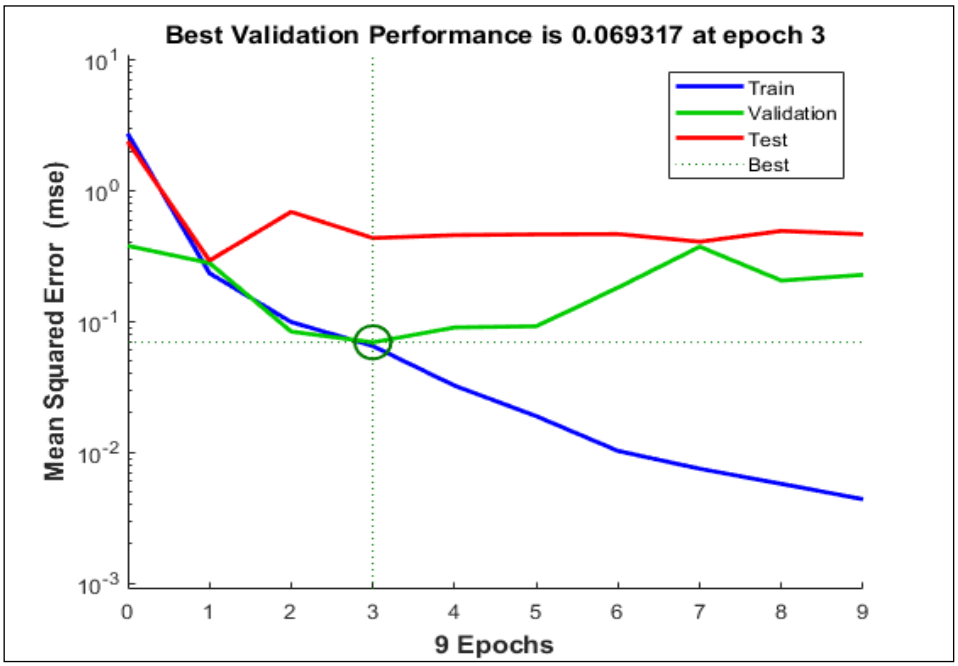
وبالإضافة إلى ذلك فقد أعطت الشبكة العصبيّة الاصطناعيّة ذات البينية MLP 2-9-1 قيماً عالية لمعامل الارتباط R قريبة جدا من الواحد تعكس القيمة المقاسة للعلاقة بين الأهداف والمخرجات.

حيث كانت خلال مراحل التدريب والتحقق والاختبار على الترتيب 0.99919، 0.998، 0.99505 أما قيمة الارتباط الكلية فقد بلغت 0.99889 كما هو موضح في الشكل (11)، في حين يظهر الشكل (12) ان أفضل أداء تحقق للشبكة العصبية المقترحة بعد 8 دورات تدريب وبمتوسط خطأ يساوي 0.023038 لمجموعة التحقيق.



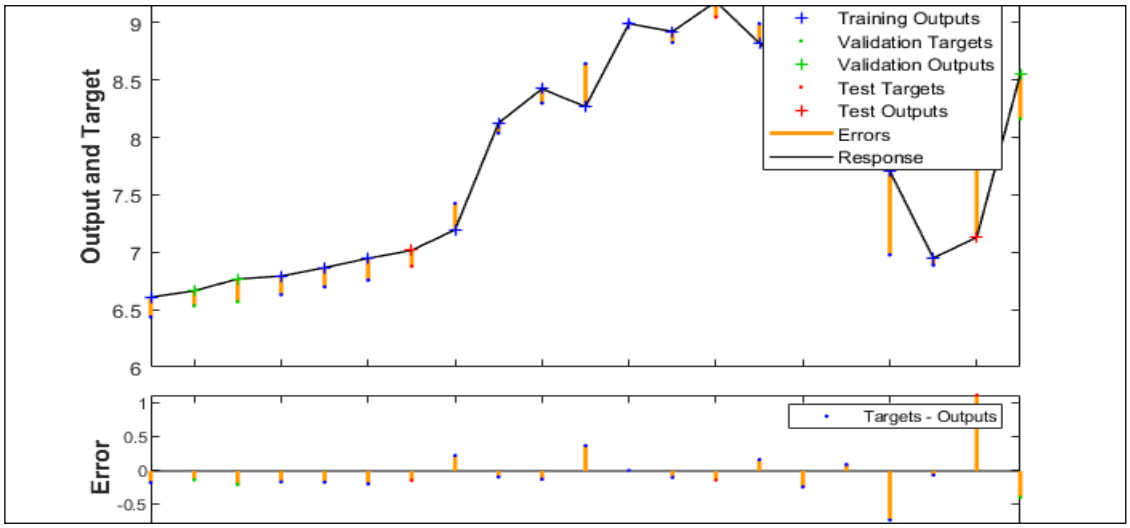
المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

الشكل (11) معامل الارتباط R



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a.

الشكل (12) يبين أن أفضل أداء تحقق للشبكة العصبية بعد 14 دورة تدريب



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج MATLAB R2023a

الشكل (13) دالة الارتباط الذاتي للأخطاء بعد التدريب

ويبن الشكل (13) الأخطاء بين مخرجات الشبكة العصبية والقيم المستهدفة للسلسلة الزمنية بعد إعادة التدريب.

التنبؤ باستخدام نماذج الشبكات العصبية

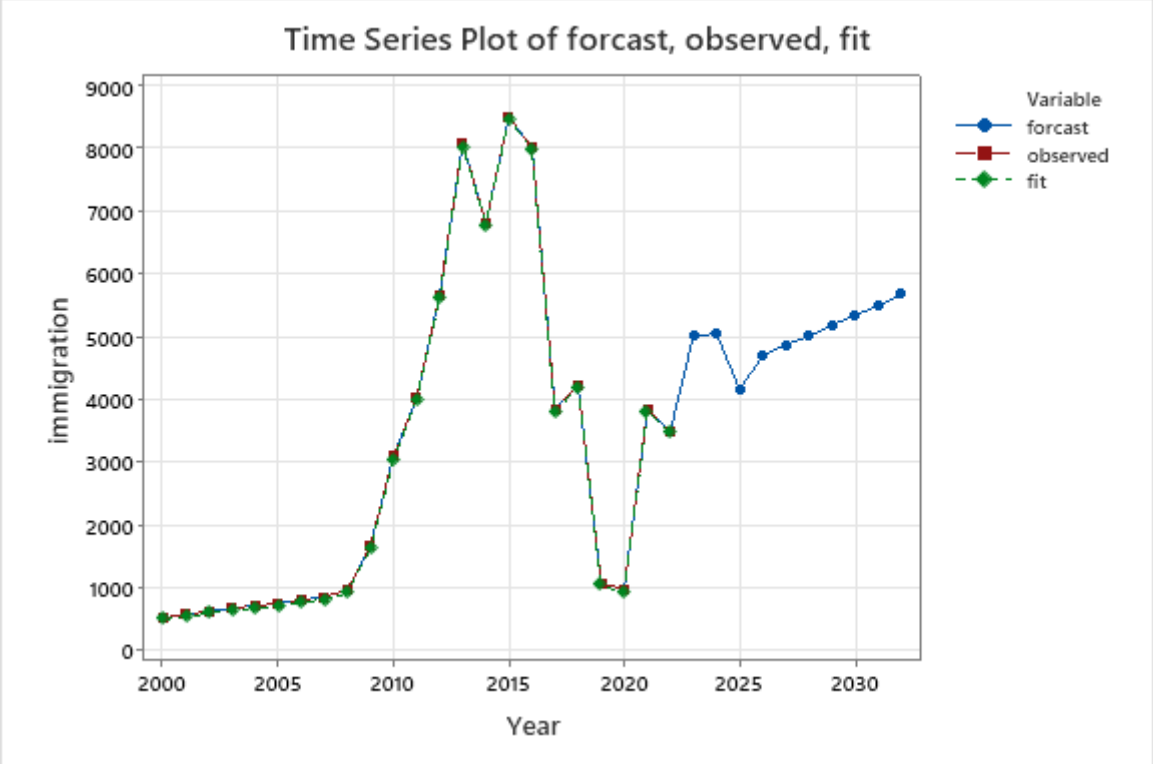
اعتمادا على النموذج المناسب المتحصل عليه لأعداد هجرة أساتذة الجامعات السودانية (MLP 2-9-1)، قمنا بعملية التنبؤ بالمستويات المستقبلية للفترة من 2023 إلى 2032م.ووجد أنه سيكون هنالك زيادة في أعداد الأساتذة المهاجرين لخارج البلاد وإن كان هنالك تذبذب وتناقص في تلك العداد في منتصف فترة التنبؤ.

جدول (3) القيم التنبؤية لأعداد هجرة أساتذة الجامعات السودانية (2023-2032م)

السنة	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
التنبؤ	5021	5052	4163	4702	4880	5011	5198	5345	5500	5682

المصدر: من مخرجات برنامج Matlab R2023a.

شكل (14) الإنتاجية الفعلية والمقدرة والمتنبأ بها لأعداد هجرة أساتذة الجامعات السودانية للفترة من (2023-2032م)



المصدر: من إعداد الباحث باستخدام برنامج Alyuda NeuroIntelligence

النتائج:

1- بعد إجراء عملية التنبؤ وُجد أن هنالك زيادة في أعداد الأساتذة السودانيين المهاجرين مما يؤكد الفرضية الأولي.

2- استنادا إلى النتائج المستخرجة فإن نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN 2-9-1) نموذج كفؤ ويصلح للتنبؤ بأعداد هجرة أساتذة الجامعات السودانية مما يدعم الفرضية الثانية.

3- إن طريقة الشبكات العصبية الاصطناعية فيها إمكانية إضافة بيانات لسنوات قادمة لنفس السلسلة المدروسة وبدون أي تغيرات في النموذج.

4- عدم وجود القواعد الواضحة واتباع معظم خطوات بناء نموذج الشبكة للتجريب يجعل تطبيق هذا الأسلوب صعباً في بعض الدراسات الاقتصادية، خاصة البيانات التي تعاني من مشكلات النماذج.

التوصيات:

1- إعداد دراسات مستمرة تخص هجرة أساتذة الجامعات السودانية بدون إهمال الدراسات السابقة أي البناء المتكامل لكي نحصل على نتائج دقيقة.

2- اعتماد النموذج الذي تم التوصل إليه عن طريق الشبكات العصبية الاصطناعية بغية الاستفادة في التخطيط والتنبؤ للفترات القادمة لأنه يعطي نتائج أفضل.

3- إنشاء قواعد بيانات تعني بهجرة أساتذة الجامعات السودانية على أجهزة الحواسيب ويتم تحديثها وتطويرها باستمرار.

4- دعم الدراسات والأبحاث التي تتخذ من التنبؤ بهجرة أساتذة الجامعات السودانية موضوعاً لها، وذلك نظرا لقلة الدراسات والأبحاث في هذا المجال.

5- دراسة مفهوم (ملاءمة النموذج) لبقية أنواع الشبكات العصبية، ويمكن تعميم الدراسة إلى جميع أنواع نماذج التقنيات الذكائية لأنها تعتمد على الأسس الرياضية لهذه التقنيات. (ملاءمة النموذج) هو مصطلح يتم من خلاله تحديد الآلية الصحيحة والدقيقة لاختيار النموذج المستخدم في حل المسائل المختلفة تبعاً لنوع المسألة.

المصادروالمراجع:

المراجع العربية:

أحمد، منوفلي موسي علي(2017م)، مقارنة للتنبؤ بإنتاج الصمغ العربي باستخدام نموذجي تحليل الانحدار والشبكات العصبية الاصطناعية، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة السودان.

بالله، فلة(2023م)، التنبؤ بالتعثر المالي باستخدام الشبكات العصبية والمنطق الضباب -دراسة تطبيقية على عينة من المؤسسات الاقتصادية الجزائرية، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة احمد درايعية، الجزائر.

حجازي، محمد عثمان علي(2006م)، مقدمة في الذكاء الاصطناعي، ط1، دار الاندلس للنشر والتوزيع، حائل.

درويش، مروان جمعة(2018م)، فعالية التنبؤ بمؤشر بورصة فلسطين باستخدام نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية: مقارنة بنموذج الانحدار الذاتي، مجلة جامعة القدس المفتوحة، فلسطين، المجلد 3 العدد (10).

السهلي، شيخة(2013م)، مسالة فصل العينات باستخدام الشبكات العصبية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة طيبة، المملكة العربية السعودية.

الشرقاوي، محمد علي(1997م)، الذكاء الاصطناعي والشبكات العصبية، القاهرة، مطابع المكتب المصري الحديث.

طياري، حسين، الحسن، هيثم صديق(2007م)، الكافي من الذكاء الاصطناعي، ط1، الناشر مكتبة الرشد، الرياض.

عاشور، مروان عبد الحميد(2019م)، الشبكات العصبية الاصطناعية وطرائق تنبؤ السلاسل الزمنية، بغداد، الذاكرة للنشر والتوزيع.

العباسي، عبد الحميد محمد(2013م)، مقدمة في الشبكات العصبية وتطبيقاتها في العلوم الاجتماعية باستخدام spss، القاهرة، معهد الدراسات والبحوث الاحصائية.

عبد الله، أحمد سعيد رحمة (2017م)، هجرة أساتذة الجامعات السودانيين للمملكة العربية السعودية – الأسباب والحلول، مجلة السودان الأكاديمية للبحوث والعلوم، المجلد1 العدد (2).

علام، عيسى (2000م)، الشبكات العصبية، البنية الهندسية-الخوارزميات-التطبيقات، ط1، حلب، شعاع للنشر والعلوم.

فضل المولي، علي ابشر(2015م)، المقارنة بين التحليل التمييزي والنموذج اللوجستي الثنائي ونماذج الشبكات العصبية في تصنيف المشاهدات، رسالة دكتوراه غير منشورة جامعة السودان للعلوم والتكنلوجيا.

محمد، عمر أحمد(2018م)، استخدام نماذج GARCH ونماذج الشبكات العصبية للتنبؤ بسعر الصرف في السودان خلال الفترة 1960-2025م، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة السودان.

مدوري، حادة(2017م)، دراسة مقارنة بين نماذج الذاكرة الطويلة ARFIMA والشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بسعر صرف الدينار الجزائري، مجلة الباحث دورية علمية محكمة، الجزائر، العدد (17).

يوسف، بادية، عبد الكريم، غطفان(2016م)، التنبّؤ بالتبخّر الإنائي الشهري في محطّة حمص المناخيّة باستخدام الشبكات العصبيّة الاصطناعيّة، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، المجلد (38)، العدد (5).

المراجع الأجنبية:

Negnevitsky, M. (2011). "Artificial Intelligence", 3rd, University of Tasmania, ISBN 978-1-4082-2574-5.

Phil Kim, MATLAB Deep Learning with Machine learning (2017), Seoul, Soul-t'ukpyolsi, Korea (Republic of Korea), P4.