إستخدام نماذج الذكاء الإصطناعي للتنبؤ باحتياطيات الصرف الأجنبي في الجزائر
- نموذج الشبكات العصبية الإصطناعية ANN -

Using Artificial Intelligence Models to predict the Algerian Foreign Exchange Reserves

أ. بن نور فريد[1]
جامعة سوق أهراس – الجزائر
bennour.farid@gmail.com

أ.د نايت مرزوق محمد العربي
جامعة عنابة– الجزائر
nait_merzoug_mohamed@yahoo.fr

تاريخ الاستلام: 2018/06/12
تاريخ النشر: 05 /03 / 2019

Abstract:

This study aims to predict the levels of foreign exchange reserves in Algeria by making use of one of the artificial intelligence means which is the Artificial Neural Networks (ANNs). The study also formulated a standard model to estimate the reserves' size through analysing the resulted data using the multi-paradigm numerical computing environment Matlab. The most important results of the study reveal that using ANNs, which are considered as the latest and most prominent prediction tools, offers tiny error rates compared to other statistical models.

Keywords: foreign exchange reserve, time series analysis, artificial intelligence models.

مقدمة:

لقد شهد تطور حجم إحتياطيات الصرف الأجنبي في الجزائر حركة عكسية ومتسارعة في ظرف زمني قصير ، ويرجع هذا للتذبذب الكبير في أسعار المواد الطاقوية عموما وبالتحديد أسعار البترول، حيث منذ بداية سنة 2000 والتي تعتبر السنة التي إنفجرت فيها أسعار البترول ووصلت إلى عتبة المئة دولار للبرميل نتج عن هذا حصول الإقتصاد الجزائري على مداخيل غير مسبوقة وفي نفس الوقت مفاجئة وغير متوقعة ، ففي غضون مدة من الزمن تقدر بعشرة سنوات بين 2000 و 2010 تضاعف حجم إحتياطيات الصرف الأجنبي 13 مرة منتقلا بين هذه الفترة من 13 مليار دولار الى 170 مليار دولار.

استمر حجم احتياطيات الصرف في الإرتفاع ، إلى أن جاءت المفاجئة الثانية والغير متوقعة وهي تدهور أسعار البترول والتي نتج عنها إنخفاض و تدهور كبير جدا في حجم الإحتياطيات في هذا الإطار نذكر أنه إنخفض حجم الإحتيطيات في ظرف سنتين فقط أي بين 2014 و2016 إنخفض بـ 66 مليار دولار.

إنطلاقا من ما سبق، أصبحت تثار الكثير من التساؤلات بين المتخصصين في مجال الإقتصاد الكلي والسياسات الإقتصادية حول حجم إحتياطيات الصرف الأجنبي و ما هي أهم المتغيرات التي تحدد حجمها، ماهو المستوى الأمثل لهذه الإحتياطيات كما طرح لضرورة إجراء نماذج قياسي للتنبؤ بمستوى إحتياطيات الصرف الأجنبي في المستقبل .

1- المؤلف المرسل: بن نور فريد،مايل :bennour.farid@gmail.com

مشكلة الدراسة

نظرا للأهمية الكبيرة التي تلعبها إحتيطيات الصرف الاجنبي في الجزائر ودورها البارز في تصحيح الإختلال التي يمكن أن تطرأ على مستوى متغيرات الإقتصاد الكلي، نجد أن هذه الأهمية الكبيرة تستلزم من السلطات المالية أن تعمل على بعث إجراءات و دراسات تسمح لها بالتحكم في حجم هذه الإحتياطيات والتنبؤ بها في السنوات القادمة ، على ضوء المعطيات السابقة فإن التساؤل الرئيسي الذي تطرحه هذه الدراسة العلمية هو :

- ماهو النموذج القياسي الأمثل الذي يمكن استخدامه في عملية التنبؤ بمستوى إحتياطي الصرف الأجنبي في الجزائر

ويتفرع على هذا السؤال الرئيسي التساؤلات الفرعية التالية :

- ماهي أهمية و دور إحتياطيات الصرف الأجنبي في الإقتصاد الجزائري
- ماهي أهم المتغيرات التي تؤثر في حجم إحتياطيات الصرف الاجنبي
- دراسة فعالية طريقة الشبكات العصبية في التنبؤ بحجم إحتياطيات الصرف الأجنبي .

فرضيات الدراسة :

تقوم الدراسة على مجموعة من الفرضيات و يمكن تلخيص أهم هذه الفرضيات في النقاط التالية :

- وجود علاقة أرتباط قوية بين الناتج الداخلي الخام وحجم إحتياطي الصرف الأجنبي.
- وجود علاقة إرتباط عكسية قوية بين حجم المديونية الخارجية و حجم إحتياطي الصرف الأجنبي .
- يعتبر التنبؤ باستخدام تقنية الشبكات العصبية الإصطناعية من أفضل الطرق المستخدمة في التنبؤ المستقبلي.

أهداف الدراسة :

- تحديد أبرز المتغيرات الإقتصادية الكلية التي لها علاقة إرتباطية كبيرة مع حجم إحتياطيات الصرف الأجنبي .
- صياغة نموذج شبكة عصبية اصطناعية بهدف التنبؤ بحجم احتياطيات الصرف الأجنبي في الجزائر.

المحور الأول: إحتياطيات الصرف الأجنبي

- تتكون الاحتياطيات الدولية من الأصول الخارجية الموجودة تحت تصرف السلطات النقدية والخاضعة لسيطرتها بحيث تكون رهن إستخدامها في تمويل إختلالات المدفوعات وتتضمن الذهب النقدي وحقوق السحب الخاصة ووضع الإحتياطي لدى صندوق النقد الدولي وأرصدة النقد الأجنبي بما في ذلك العملات والودائع والأوراق المالية [1].
- يطلق علي احتياطيات الصرف الأجنبي أيضاً أصول الاحتياطي في ميزان المدفوعات وتقع ضمن الحساب المالي. وبالتالي، فإنها عادة ما تكون جزءاً مهماً من وضع الاستثمار الدولي للدولة. تصنف الاحتياطيات كأصول الاحتياطي ضمن الأصول وفقاً للفئة الوظيفية. من حيث تصنيفات الأصول المالية، يمكن تصنيف أصول الاحتياطي كسبائك الذهب، وحسابات الذهب غير الموزعة، وحقوق السحب الخاصة، والعملة، ومركز الاحتياطي في صندوق النقد الدولي، والمركز بين البنوك، والودائع القابلة للتحويل الأخرى وغيرها من الودائع، وأوراق الدين، والقروض، والأسهم (المدرجة وغير المدرجة)، وأسهم صندوق الاستثمار والمشتقات المالية مثل العقود الآجلة والخيارات[2].

- هي الأصول الخارجية الموجودة تحت تصرف السلطات النقدية و الخاضعة لسيطرتها لتلبية احتياجات ميزان المدفوعات التمويلية ، أو التدخل في أسواق الصرف للتأثير على سعر صرف العملة، أو غير ذلك من الأغراض ذات الصلة (كالمحافظة على الثقة في العملة المحلية وتشكيل أساس يستند إليه في الإقتراض الخارجي) . ولا بد أن تكون الأصول الإحتياطية أصولا بالعملة الاجنبية وأصولا موجودة بالفعل .ويستبعد منها الأصول المحتملة .[3]

أولا : توضيحات إضافية حول إحتياطيات الصرف الأجنبي[4]:

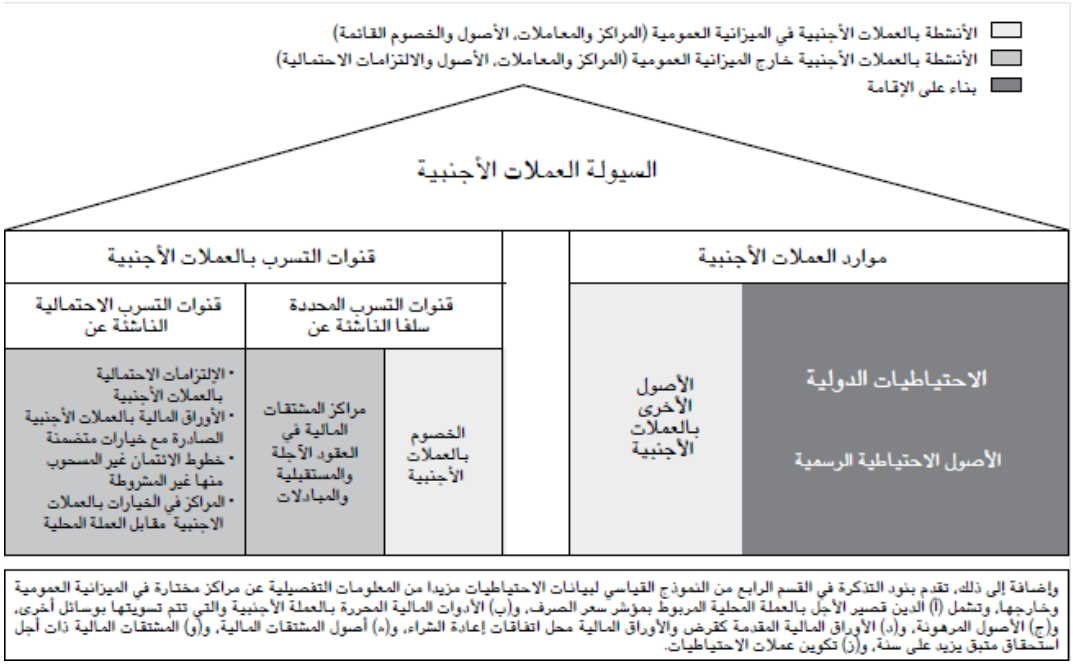
1. لابد أن تكون الأصول الإحتياطية مقومة وتتم تسويتها بالعملة الأجنبية نظرا لأن الغرض منها في تلبية إحتياجات تمويل ميزان المدفوعات ودعم أسعار الصرف .
2. حتى تكون الأصول الإحتياطية سائلة لا بد أن تكون مقومة وتتم تسويتها بعملات أجنبية قابلة للتحويل ، أي عملات قابلة للاستخدام بحرية في تسويات المعاملات الدولية ، وإضافة الى ذلك ، من الجائز أن تكون الأصول المقومة بالذهب وحقوق السحب الخاصة مؤهلة لاعتبارها أصولا احتياطية
3. لا تعد أصولا إحتياطية تلك الأصول المقومة أو المؤشرة بعملة محلية مع تسويتها بعملة أجنبية ، لأن قيمة هذه الأصول سوف تنخفض مع العملة المحلية في حالة وقوع أزمة عملة محلية.

1- السيولة بالعملة الأجنبية :

يغطي مفهوم السيولة بالعملة الاجنبية نطاقا أوسع من مفهوم الإحتياطيات الدولية ، وهناك بعدان للسيولة بالعملة الأجنبية في النموذج القياسي لبيانات الإحتياطيات وهما[5]:

1) موارد العملات الأجنبية (بما في ذلك الأصول الإحتياطية الرسمية والأصول الأخرى بالعملة الأجنبية) المتاحة تحت تصرف السلطات والتي يمكن الحصول عليها بسهولة لتلبية الطلبات على النقد الأجنبي .
2) التدفقات الداخلة والتدفقات الخارجة المحددة سلفا (المعروفة أو المقررة) والإحتمالية (التي يمكن حدوثها) من موارد العملات الاجنبية والناتجة عن الخصوم قصيرة الاجل بالعملة الأجنبية وأنشطة السلطات خارج الميزانية العمومية. ويستند هذا المفهوم للسيولة إلى أن الإدارة الحريصة لوضع السيولة تقتضي إدارة أصول النقد الأجنبي إلى جانب إدارة الإلتزامات بالعملة الأجنبية للحد من إمكانية التعرض للصدمات الخارجية.

3) **شكل رقم (01) : الروابط بين مفهومي الإحتياطات الدولية والسيولة بالعملة الأجنبية**



المصدر : صندوق النقد الدولي ، الإحتياطيات الدولية والسيولة بالعملة الأجنبية:المباديء التوجيهية لإعداد نموذج قياسي للبيانات ،2013 ، ص5 .

ثانيا : إستخدامات احتياطيات الصرف الأجنبي :

1–إعادة تدوير رؤوس الأموال البترولية– آلية البترودولار– :

كنتيجة للارتفاع الكبير في اسعار البترول والذي حدث بين سنتي 1973 و 1979 تحققت لدى الأقطار الإعضاء في منظمة الدول المصدرة للبترول OPEC ، تحققت لها فوائض مالية غير مسبوقة لم تستطع طاقتها الاستيعابية من امتصاصها وتوظيفها ، فكان السبيل الوحيد هو توظيف هذه الفوائض المالية في الدول الصناعية .

ولقد كان الشكل الأكثر انتشار لتوظيف الفوائض المالية هو وضعها في شكل ودائع في البنوك الأوروبية والأمريكية أما وجه التوظيف الثاني من حيث الاهمية فقد تركز في شراء سندات الخزينة وقد كانت الولايات المتحدة الامريكية المستفيد الأكبر من هذا التوظيف [6].

2– صناديق الثروة السيادية :

صناديق الثروة السيادية ليست بالظاهرة الحديثة من حيث تواجدها في الواقع الإقتصادي سواء المحلي أو الدولي فهي تعود إلى منتصف القرن الماضي، أما من حيث المصطلح الذي أطلق عليها فهو حديث غذ أبتكر في عام 2005 نتيجة الضجة التي أحدثها المحلل المالي "اندرو روزانوف" (ANDREW ROZANOV) في مقاله المعنون بـ " من يمسك بثروة الأمم "[7] ، ولقد اختلفت وتعددت تعاريف المنظمات الإقتصادية الدولية للصناديق السيادية ونذكر من اهم هذه التعاريف :

أ. **تعريف صندوق النقد الدولي** : صناديق الثروة السيادية عبارة عن صناديق استثمار ذات غرض خاص تملكها الحكومة العامة، وتنشئ الحكومة العامة صناديق الثروة السيادية لأغراض اقتصادية كلية، وهي تحتفظ بالأصول أو تتولى توظيفها أو إدارتها لتحقيق أهداف مالية مستخدمة في ذلك استراتيجيات استثمارية تتضمن الاستثمار في الأصول المالية الأجنبية، وتتسم صناديق الثروة السيادية بتنوع هياكلها المنظمة للجوانب القانونية والمؤسسية وممارسات الحكومة، وهي مجموعة متغايرة الخصائص، فمنها صناديق

استقرار المالية العامة وصناديق المدخرات ومؤسسات استثمار الاحتياطات، وصناديق التنمية، وصناديق الاحتياطات الغير مقترنة بالالتزامات التقاعدية الصريحة [8].

ب. **تعريف منظمة التعاون والتنمية الإقتصادية OCDE :**

صناديق الثروة السيادية عبارة عن مجموعة من الأصول المالية المملوكة والمدارة بطريقة مباشرة أو غير مباشرة من طرف الحكومة لتحقيق أهداف وطنية والممولة إما باحتياطات الصرف الأجنبي أو صادرات الموارد الطبيعية أو الإيرادات العامة للدولة أو أية مداخيل أخرى[9] .

3- أهداف صناديق الثروة السيادية :

يكمن الهدف الرئيسي للصناديق السيادية في عملية نقل الثروة للأجيال المستقبلية ومن بين الاهداف الاخرى التي يمكن ذكرها في هذا الإطار :

- إستقرار مستوى الإيرادات
- جمع المدخرات للأجيال القادمة
- تمويل المعاشات التقاعدية[10]
- المساهمة في الاستقرار الاقتصادي الكلي،عن طريق استقرار الانفاق العام عبر برمجة تدفق الإيرادات النفطية المتقلبة والتي يصعب التنبؤ بها في الميزانية
- زيادة الشفافية في إدارة الايرادات النفطية والسياسة المالية
- توفير السيولة العالية لمواجهة تكلفة زيادة الإنفاق العام على المشروعات الإستثمارية الضخمة في أوقات ازدهار أسعار النفط[11].

4- مميزات صناديق الثروة السيادية[12] :

- تتميز عن البنوك المركزية من حيث أهدافها، فهي تسعى إلى الاستثمار وليس إلى إدارة السياسة النقدية وسياسة والصرف ويغلب على محفظة أصولها الاستثمار في الأسهم في حين أن البنوك المركزية، ولكونها ملزمة بالاحتفاظ بمستوى معين من السيولة لمواجهة التغيرات في أسعار الصرف، تستثمر أساسا في السندات وهذا بالرغم من أن بعض الدول مثل الصين والنرويج توكل مهمة إدارة صناديقها السيادية إلى أقسام في البنوك المركزية.
- تتميز عن صناديق المعاشات العمومية لكون موارد هذه الأخيرة تأتي أساسا من الاشتراكات من جهة، وهي تهدف إلى تمويل معاشات الأجيال القادمة من جهة ثانية.
- تميز عن المؤسسات العمومية حيث تأخذ المؤسسات العمومية شكل شركات تجارية وتخضع بموجب ذلك للقانون التجاري والأمر ليس كذلك بالنسبة للصناديق السيادية التي هي عبارة عن صناديق استثمار. ووظيفة الشركات الأساسية هي إنتاج السلع والخدمات في حين أن الوظيفة الأساسية للصناديق السيادية هي استثمار الأصول المالية.

المحور الثاني : إستخدام نماذج الشبكات العصبية الإصطناعية للتنبؤ بحجم إحتياطي الصرف الأجنبي :

لقد ظهر في الأونة الأخيرة إهتمام كبير وغير مسبوق باستعمال نماذج الشبكات العصبية الإصطناعية في حقل العلوم الإقتصادية بشكل عام، وعلى وجه الخصوص الدراسات المتعلقة بالمالية وسعر الصرف ، إلا أنه في الجهة المقابلة نلحظ وجود عدد قليل من البحوث العلمية التي تستخدم هذه النماذج في تحليل السلاسل الزمنية المتعلقة بالمتغيرات الإقتصادية الكلية[13] .

أولا : تعريف الشبكات العصبية الإصطناعية :

الشبكات العصبية الاصطناعية " Neural Network " هي إحدى أنواع الذكاء الإصطناعي " Artificial Intelligence"، هذا العلم الحديث احد تطبيقات علم المستقبليات الذي تبنى عليه كافة التطبيقات الحديثة من انظمة التنبؤ والتعرف ونظم دعم القرار ونذكر من أهم انواع الذكاء الاصطناعي : الانظمة الخبيرة، منطق الغموض،انظمة التحكم الآلي، الشبكات العصبية والتي سنستخدمها في دراستنا هذه، وهي من أقوى تقنيات الذكاء الإصطناعي فهي عبارة عن محاكات للشبكة العصبية الحيوية الموجودة في دماغ الإنسان[14].

و في إطار تعريف الشبكات العصبية الإصطناعية نذكر بعض التعاريف التالية :

- هي نظام مصمم لمحاكات الطريقة التي يؤدي بها العقل البشري مهمة معينة، وهي عبارة عن معالج ضخم موزع على التوازي ومكون من وحدات معالجة بسيطة،هذه الوحدات ما هي إلا عناصر حسابية تسمى عصبونات او عقد لها خاصية عصبونية حيث تقوم بتخزين المعرفة العلمية والمعلومات التجريبية لتجعلها متحة للمستخدم وذلك عن طريق ضبط الأوزان[15]
- تعتبر الشبكات العصبية نظام لمعالجة البيانات بأسلوب هيكلي يتشابه مع الشبكات العصبية الطبيعية والشبكات الإصطناعية ANN التي تحتوي على عدد من وحدات معالجة بسيطة تسمى خلايا عصبية Neurons أو العصبون، وكل خلية عصبية (عصبون) يحتوي على دالة خارجية تسمى التنشيط [16] Activation.

1- خصائص الشبكات العصبية الإصطناعية :

تتميز الشبكات العصبية الإصطناعية بالخصائص التالية[17] :

- القدرة على اشتقاق المعنى من البيانات المعقدة أو الغير دقيقة.
- القدرة على تعلم كيفية القيام بمهام الاعتماد على البيانات بواسطة التدريب أو التجربة الاولية.
- بإمكانها خلق تنظيمها الخاص، وتمثيل البيانات التي تستلمها أثناء عملية التعلم.
- حسابات الشبكات العصبية الإصطناعية قد تنفذ بشكل متوازي .

2- مكونات الشبكات العصبية :

كما أن للإنسان وحدات إدخال توصله بالعالم الخارجي، وهي حواسه الخمس، كذلك فالشبكات العصبية لها مدخلات تتمثل في وحدات المعالجة التي تتم فيها العمليات الحسابية التي تضبط بها الأوزان ونحصل عن طريقها عن ردة الفعل لكل مدخل من المدخلات للشبكة. فوحدات الإدخال تكون طبقة تسمى طبقة المدخلات، ووحدات المعالجة تكون طبقة المعالجة، والتي تقوم بإخراج نتائج الشبكة تدعى طبقة المخرجات. وبين كل طبقة من هذه الطبقات هناك طبقة من الوصلات البينية التي تربط كل طبقة بالطبقة التي تليها والتي يتم فيها ضبط الأوزان الخاصة بكل وصلة بينية. وتحتوي الشبكة على طبقة واحدة فقط من وحدات الإدخال، لكنها قد تحتوي على أكثر من طبقة من طبقات المعالجة والشكل الموالي نموذجا بسيط للشبكة العصبية[18] .

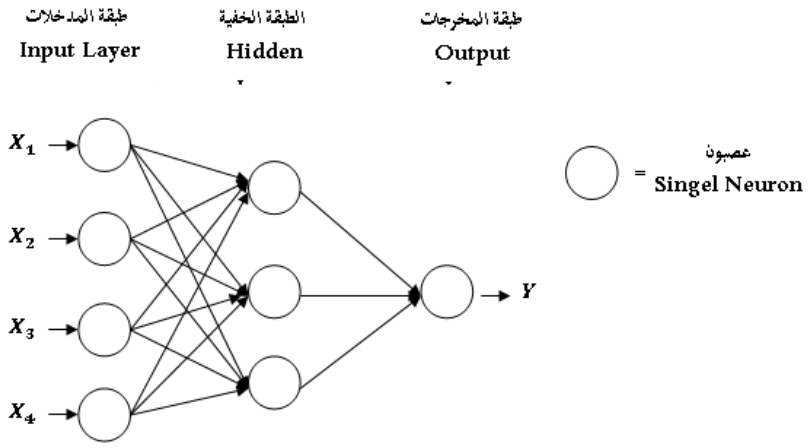
إن الخلية العصبية الإصطناعية تنجز نماذج رياضية بسيطة محددة إلا ان قوتها في الحساب والتنبؤ تنجم من محاكاتها في البناء للشبكة العصبية في دماغ الإنسان من حيث إتصال الخلايا العصبية مع بعضها البعض على شكل شبكة، فاللبنة الأساسية في الشبكة العصبية هي الخلية العصبية،وبتغيير وتعديل وضع الخلايا العصبية يختلف سلوك الشبكة وتأثيرها ونتائجها [19].

ويمكن التمييز بين نوعين من الشبكات العصبية :

أ. **شبكة عصبية وحيدة الطبقات** : وهي التي تحتوي على طبقة وحيدة للمعالجة، أما طبقة المدخلات فهي تقوم باستقبال وتمرير المدخلات فقط كما أنها تحتوي على رابط واحد فقط.

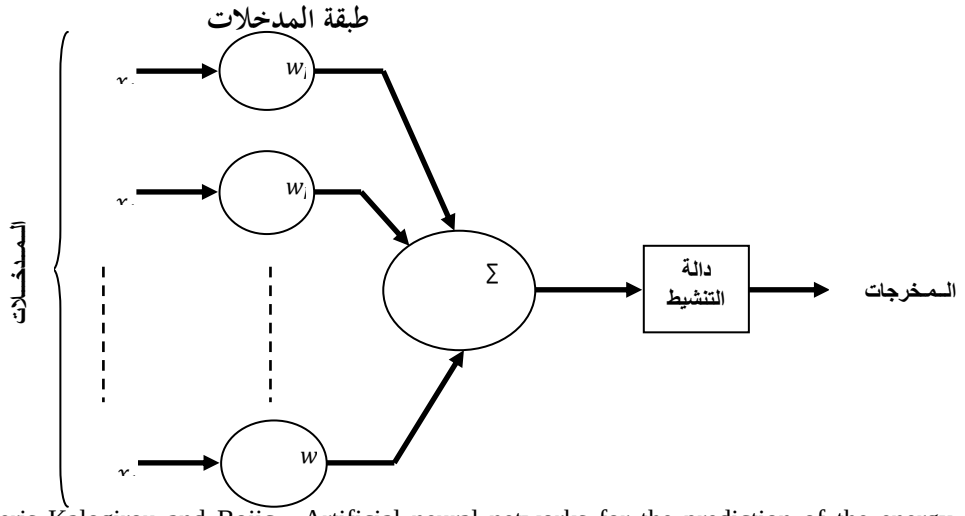
ب. **شبكة عصبية متعددة الطبقات** : وتحتوي على أكثر من طبقة للمعالجة وقد تكون بعض الطبقات مخفية ووظيفة هذه الطبقات زيادة قوة الشبكة وتحسين أدائها،وقد تكون الطبقة المخفية مكونة من عصبون واحد فقط.كما أن الطبقة المخفية تزيد من قدرة الشبكة على معالجة البيانات فإن عيبها الوحيد الإبطاء من عملية المعالجة ، وميزتها أن بإمكانها إيجاد الحل الأمثل وإيجاد حل أي مشكلة معقدة وبالتالي تحسين الأداء، والجدير بالذكر أنه يجب أن تكون هناك طبقة مخفية واحدة على الأقل[20] .

شكل رقم (02) : شكل شبكة عصبية إصطناعية



Source : Greg Tkacz and Sarah Hu, Forecasting GDP Growth Using Artificial Neural Networks ,Working Paper 99-3,Bank of Canada,1999,P5.

شكل رقم (03) : المخطط العام لعصبون إصطناعي



Source: Soteris Kalogirou and Bojic , Artificial neural networks for the prediction of the energy consumption of a passive solar building, Pergamon , Elsevier , Energy, 2000 , P482.

والشكل السابق يوضح مكونات العصبون والتي تتمثل في[21] :

- المدخلات : x1 , x2 , ... xn

وتقوم باستقبال البيانات من مصادرها المختلفة بحيث يمثل كل مدخل صفة مميزة واحدة ، وتحتوي على عدد من عناصر المعالجة مساوي لعدد المتغيرات المستقلة التي تعتبر مدخلات للنموذج.

- **الأوزان** : $w_{k1}, w_{k1}, \dots \dots \dots \dots \dots, w_{kp}$

تعبر الأوزان عن الأهمية النسبية لكل مدخل إلى عنصر المعالجة فهي التي تحدد قوة العلاقة بين إثنين من عناصر المعالجة ، كما تبين مدى فاعلية الإتصال بين المدخلات ومنطقة التشغيل.

- عنصر المعالجة : وينقسم إلى قسمين :

أ. دالة التجميع (summation function): تقوم هذه الدالة بحساب الأوزان النسبية لكل المدخلات إلى عناصر المعالجة من خلال ضرب كل مدخل في وزنه فيتم إيجاد دالة الجمع.

ب. دالة التنشيط أو التحويل (Transfer function): وهي عبارة عن المعادلة الرياضية التي تحدد نوعية المخرجات الخاصة بعناصر التشغيل مع أخذ في الإعتبار نوعية المدخلات والأوزان المرجحة .

وهناك عدة انواع من دوال التنشيط منها :

1. الدالة الأسية أو السجماوية :

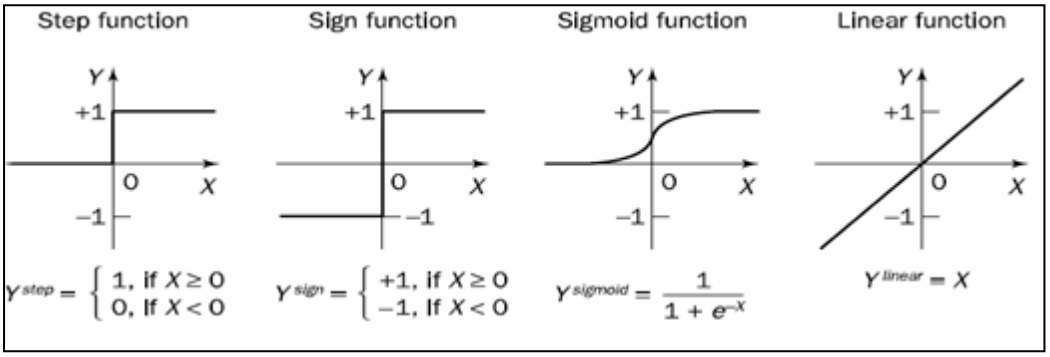
تأخذ هذه الدالة قيم المدخلات المحصورة بين ∞- و ∞+ وتجعل المخرجات محصورة بين 0 و 1 وهي اكثر الدوال إستخداما بسبب سهولة إشتقاقها [22].

2. الدالة الخطية (Linear Function) : وهي الدالة التي تكون فيها صورة المخرجات مثل صورة المدخلات وتعطي تصنيفات متعددة وغير محدودة.

3. دالة الإشارة (Sign Function): حيث يكون فيها صورة المخرجات بين [1,1-] وتستخدم في الصنيف والتعرف على الأنماط.

4. دالة الخطوة (Step Function) : وهي الدالة التي تكون مخرجاتها بين [0,1].

شكل رقم (04) : أنواع دوال التنشيط المستخدمة في الشبكات العصبية



المصدر : عمر صابر و إسراء رستم ، دراسة رياضية تحيليلة لخورزميات الشبكات العصبية الإصطناعية في ملاءة تموذج للتشخيص الطبي ، مجلة الرافدين لعلوم الحاسب والرياضيات ، العراق ، ص 187.

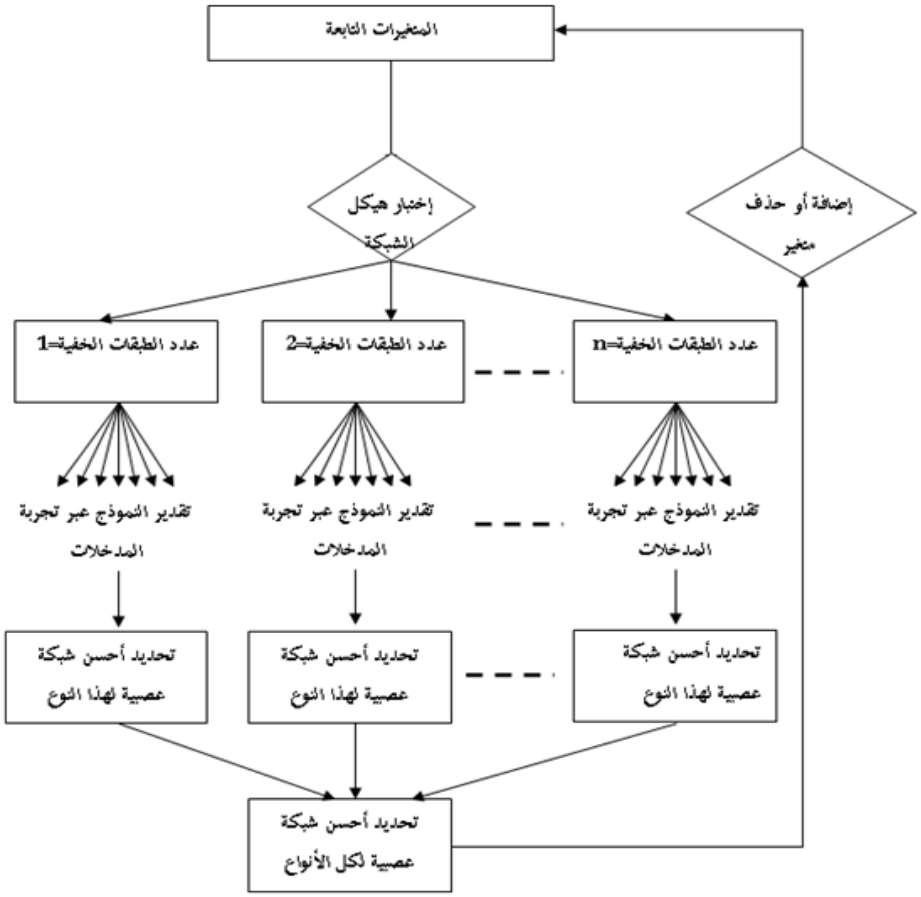
ثانيا : إختيار الحجم المناسب للشبكة [23]:

يعتبر إختيار الحجم المناسب للشبكة أصعب المشكلات على الإطلاق في تصميم الشبكات العصبية الإصطناعية ،فبالإضافة إلى الإختيارات الكثيرة المتوفرة لدالة التنشيط لكل خلية،هناك إشكالية إختيار العدد المناسب للطبقات في الشبكة وعدد الخلايا في كل من هذه الطبقات، وكل هذه الإختيارات يجب أن تتم قبل البداية في التدريب وبدون شك فإن الإختيار غير الموفق لحجم الشبكة يؤدي إلى نتائج غير مقبولة.

نذكر هنا انه لا تزال طريقة المحاولة والخطأ (Trial and Error) هي أقدم الطرق وأسهلها إستعمالا في إختيار حجم الشبكة، حيث على المصمم أن يجرب عددا من الشبكات ويختار أحسنها على أن يكون هذا التجريب منهجيا حتى لا يستغرق وقتا طويلا في التجربة، فبإمكان المصمم أن يبدأ بشبكة بسيطة ويزيد في حجمها شيئا فشيئا عن طريق إضافة خلايا أو طبقات جديدة إلى أن يصل إلى نتائج مقبولة ، كما يمكنه أن يبدأ بشبكة معقدة ويعمل على تبسيطها شيئا فشيئا إلى أن يصل إلى شبكة مقبولة من ناحية التعقيد والأداء.

وللوصول للشكل النهائي الذي يجب ان تكون عليه الشبكة العصبية، يقوم المصمم بالتجريب المستمر والتغيير في حجم الشبكة عبر تعديل عدد الطبقات المخفية أو عبر إضافة أو حذف بعض العصبونات كل هذا من اجل التحصل على شبكة عصبية أكثر قدرة على التنبؤ وتتميز باقل قيمة لـ MSE[24] ،ونذكر هنا انه هناك العديد من البرمجيات التي تساعد على إختصار الوقت المخصص للتجربة وتساعد على الوصول إلى نتائج ممتازة وفي وقت معقول ومن ابرز هذه البرمجيات برنامج MATLAB.

شكل رقم (05) : مراحل تشكيل شبكة عصبية إصطناعية



Source: Steven Gonzales,Neural Networks of Macroeconomic Forecasting : A Complymentary Approach to Linear Regression Models, Working Paper ,Op cit, P13

ثالثا : بناء نموذج الدراسة :

قام الباحثين Shiyun Yang and Dongmei Li باستنتاج نموذج رياضي لحساب المستوى الامثل لإحتياطي الصرف الاجنبي حيث كانت المتغيرات المستقلة للنموذج كالتالي[25] :

$$\mathbf{RESERVE=\alpha+\beta_1.\ GDP\ +\ \beta_2.\ BFD+\ \beta_3.\ FDI+\ \beta_4.\ IEB+\ \beta_5.\ ER}$$

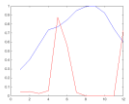
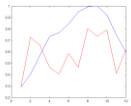
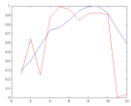
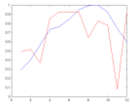
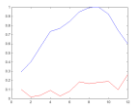
1) حجم الناتج الوطني الخام GDP
2) حجم المديونية الخارجية Balance foreign debt
3) حجم الإستثمار الأجنبي المباشر Foreign direct investment
4) الميزان التجاري Import-export balance
5) التغير السنوي في سعر الصرف Exchange rate

في هذا الإطار تم الإعتماد على نتائج الدراسة السابقة بتحليل قيم المتغيرات المذكورة منذ سنة 1960 ، وقبل مرحلة معالجة هذه البيانات يجب أن يتم تنظيمها عبر إجراء عملية تحويلها إلى بيانات معيارية [26] ، وفي هذا الإطار نذكر أنه هناك العديد من الصيغ الرياضية المستخدمة في تحويل البيانات إلى بيانات معيارية ، ولقد تم في هذا البحث إستخدام الصيغة التالية :

حيث :

- X_{NOR} : هي القيم المعيارية للمتغير .
- X : القيم الفعلية (الحقيقية) للمتغير .
- MIN_X : أدنى قيمة للمتغير .
- MAX_X : أقصى قيمة للمتغير .

بعد إجراء عدد كبير من التجارب عبر تغيير عدد الطبقات المخفية وتغيير دوال التنشيط المستخدمة في الشبكة وحساب كل من قيمة MSE ولقد تم إستخدام برنامج MATLAB في عملية الحساب والتمثيل البياني للمعطيات [27] ولقد قمنا بتمثيل بعض نتائج الدراسة في الجدول التالي :

	بنية الشبكة	دوال التنشيط المستعملة	التمثيل البياني
1	[5 12 1]	'logsig' 'logsig' 'logsig'	
	MSE = 0.1146		
2	[5 13 1]	'logsig' 'logsig' 'logsig'	
	MSE = 0.0268		
3	[5 23 1]	'logsig' 'logsig' 'logsig'	
	MSE=0.1010		
5	[5 19 1]	'tansig' 'logsig' 'logsig'	
	MSE=0.0687		
6	[5 55 1]	'tansig' 'logsig' 'logsig'	
	MSE=0.052		

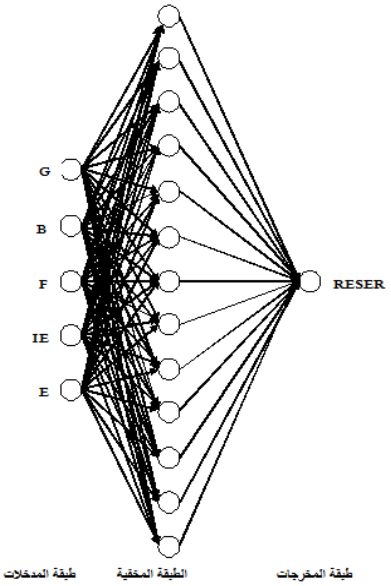
نلاحظ من النتائج المدرجة في الجدول السابق أن أحسن نموذج هو النموذج الذي لديه أقل قيمة لمتوسط مربعات الأخطاء (MSE) و هو النموذج رقم 2 والذي يتميز بالخصائص التالية :

أ. عدد الطبقات الخفية : 1 تحتوي على 13 عصبون

ب. دالة التنشيط المستخدمة من نوع : LOGSIGMOID

ويمكننا تمثيل الشبكة العصبية الإصطناعية التي تم إختيارها في الشكل التالي :

شكل رقم (06) : التمثيل البياني للشبكة العصبية الإصطناعية



تتميز هذه الشبكة العصبية الإصطناعية بان متوسط مربعات الأخطاء (MSE) لديها صغير جدا حيث يقدر بـ MSE = 0.0268 ويعتبر هذا المستوى من MSE دليل كبير على قدرة هذا النموذج على التنبؤ وأن الخطا الذي يكون بين القيم المتنبأ بها والقيم الحقيقية ضئيل جدا .

النتائج :

1. أثبتت الدراسة وجود علاقة إرتباط قوية بين كل من الناتج الداخلي الخام و حجم المديونية والاستثمار الأجنبي المباشر و وضعية الميزان التجاري و سعر الصرف من جهة وحجم إحتياطي الصرف الأجنبي من جهة أخرى.
2. توصلت الدراسة الى ان نموذج الشبكات العصبية الإصطناعية يعتبر من أكفأ النماذج التي تساعد على إجراء تنبؤ بحجم إحتياطي الصرف الأجنبي بأقل قدر ممكن من الأخطاء .
3. وضحت الدراسة أن النماذج الإحصائية الحديثة مثل نماذج الذكاء الإصطناعي لها جودة عالية في تحليل العلاقة بين المتغيرات الإقتصادية و إجراء عملية التنبؤ أيضا.
4. تتمثل خوارزمية الشبكة العصبية المثلى في طبقة خفية واحدة والمدخلات والمخرجات وتحتوي الطبقة الخفية على 13 عصبون .
5. نماذج الشبكات العصبية الإصطناعية هي من أبرز النماذج التي تساعد في عملية التنبؤ وهذا لأنها تتميز بخاصية التدرب على البيانات الحقيقية قبل التنبؤ.

التوصيات :

1. مواصلة البحث على أهم المتغيرات الإقتصادية التي لها درجة إرتباط ودرة تأثير على حجم إحتياطيات الصرف الأجنبي في الجزائر.
2. ضرورة العمل على إستخدام نماذج الذكاء الإصطناعي وطرق تحليل البيانات الضخمة Big Data والتي تعتبر من أحسن النماذج وأكثرها كفاءة في عملية اجراء التنبؤ .
3. أهمية الولوج إلى التقنيات العلمية المستخدمة خارج فرع علم الإقتصاد والاستفادة منها في تحليل المتغيرات الإقتصادية ، على غرار بعض التقنيات المستخدمة في علوم الحاسب الآلي والرياضيات والهندسة الأوتوماتيكية .
4. توصي الدراسة بضرورة استعمال نماذج الشبكات العصبية الإصطناعية في العديد من مجالات علم الإقتصاد ، وأيضا ضرورة مقارنة نتائجها مع بعض النماذج الأخرى كالخوارزميات الجينية والبرمجة الضبابية.

الهوامش

[1] _ صندوق النقد العربي , التقرير الإقتصادي العربي الموحد لسنة 2015 , ص 366 .

[2] – نبيل حشاد، الإحتياطات الدولية وإنعكاساتها على سياسة سعر الصرف والتصنيف الإئتماني السيادي لمصر، الجمعية المصرية للبحوث الإقتصادية ، محاضرة منشورة ، مارس 2013، ص1.

[3] - International Monetary Fund , Balance of payments and international investment position manual, Washington D.C , P111, 2009.

[4] _ صندوق النقد الدولي، دليل ميزان المدفوعات ووضع الإستثمار الدولي، الطبعة السادسة،2009، ص113.

[5] _ صندوق النقد الدولي ، الإحتياطيات الدولية والسيولة بالعملة الأجنبية:المباديء التوجيهية لإعداد نموذج قياسي للبيانات ،2013 ، ص4

[6] _ محمدي الطيب أحمد، إدارة احتياطي الصرف الأجنبي في الجزائر (الواقع والمتطلبات) ، مذكرة ماجستير ، جامعة حسيبة بن بوعلي الشلف ، 2007 ، ص 100-101.

[7] _ أحمد نصير و سليمان زواري فرحات ، دراسة تحليلة لمدى إمتثال صناديق الثروة السيادية لمبادئ سانتياغو ، مداخلة مقدمة للمؤتمر الأول حول " السياسات الإستخدامية للموارد الطاقوية بين متطلبات التنمية القطرية وتأمين الإحتياجات الدولية "،جامعة سطيف ،أفريل 2008،ص2.

[8] _ نبيل بوفليح ، دور صنادبق الثروة السيادية في تمويل اقتصاديات الدول النفطية الواقع والأفاق مع الإشارة الى حالة الجزائر ، رسالة دكتوراه ، جامعة الجزائر 3 ، 2011، ص86 .

[9] _ نبيل بوفليح ، المرجع السابق ، ص 86 .

[10] _ هاجر يحي، سياسات ترشيد دور صناديق الثروة السيادية، دراسة حالة صندوق ضبط الموارد بالجزائر، مجلة الإستراتيجية والتنمية ، العدد 11 ، ص 12

[11] _ محمد جعفر هني، صناديق الثروة السيادية من منظور إسلامي،مجلة إقتصاديات شمال إفريقيا ، العدد 13،ص8.

[12] _عبد المجيد قدي،الصناديق السيادية والازمة المالية الراهنة، مجلة اقتصاديات شمال افريقيا، جتمعة الشلف، العدد السادس ، 2010 ، ص 2.

[13] _Emi Nakamura,Inflation forecasting using aneural network, economic letter,ELSEVIER,2005,P373.

[14] _هند محمد هاني قنديل،استخدام الشبكات العصبية –الذكاء الإصطناعي– في التنبؤ المستقبلي بالنمو الاقتصادي في مصر،مجلة الدراسات المستقبلية،مجلة الدراسات المستقبلية،جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا،2016،ص6.

[15] _ سعد غالب ياسين، نظم المعلومات الإدارية وتكنولوجيا المعلومات،دار المناهج، عمان، الطبعة الأولى، 2006، ص127.

[16] _ عبد العظيم عبد الكريم وفوزية غالب، إستخدام الشبكات العصبية الإصطناعية للتنبؤ من أنموذج للإقتصاد الكلي متعدد الأبعاد في العراق للمدة 1996-2007،مجلة الإقتصادي الخليجي، عدد 2013،24،ص12.

[17]_فروم محمد الصالح و آخرون ، دور أنظمة المعلومات المعتمد على الذكاء الإصطناعي في عملية صنع القرارات الإدارية،مداخلة مقدمة للملتقى الوطني السادس حول دور التقنيات الكمية في إتخاذ القرارات الإدارية،جامعة سكيكدة،جانفي 2009، ص7.

[18]_ المرجع السابق.

[19]_ هند محمد هاني قنديل،استخدام الشبكات العصبية –الذكاء الإصطناعي– في التنبؤ المستقبلي بالنمو الاقتصادي في مصر،مرجع سبق ذكره،ص7.

[20]_ المرجع السابق .

[21]_ لمجد بوزيدي و رياض عيشوش ، دور تقنية الشبكات العصبية الإصطناعية في تسيير المخاطر في المؤسسات الصناعية ، مجلة إقتصاد المال والأعمال ، جامعة عبد الحفيظ بو الصوف – ميلة ، العدد 4 ،2017 ، ص 49-50 .

[22]_فادي هشام سالم ، طرق التنبؤ بمعدلات الجريمة في قطاع غزة ، رسالة ماجستير ،كلية الإقتصاد والعلوم الإدارية ، جامعة الأزهر–غزة ، 2014 ، ص41.

[23]_عادل عبد النور،الشبكات العصبية الإصطناعية،محاضرات غير منشورة،قسم الهندسة الكهربائية،جامعة الملك سعود،ص53-54.

[24] _Steven Gonzales,Neural Networks of Macroeconomic Forecasting : A Complymentary Approach to Linear Regression Models, Working Paper , 2000 , P12

[25] _Shiyun Yang and Dongmei Li , Analyse and Forecst about China's Foreign Exchange Reserve Based on Grey System, Asian Social Science, Vol 8, 2012 ,P154.

[26] _ data normalisation

[27]_ لقد تم إدراج كود المصدر المستخدم في الدراسة في جزء ملاحق الدراسة .

ملاحق الدراسة :

ملحق (01) : تطور متغيرات الدراسة

ER	IEB	FDI	BFD	GDP	RESERVE	السنة
4,94	-28,10045911	0	0	2723648551,75	265802800	1960
4,94	-21,25921415	0	0	2434776645,74	311729450	1961
4,94	-1,024774007	0	0	2001468867,73	185716410	1962
4,94	-12,14083309	0	0	2703014867,33	237218040	1963
4,94	-4,355703801	0	0	2909351792,59	194924560	1964
4,94	-3,229134794	0	0	3136258896,92	184224560	1965
4,94	1,332625514	0	0	3039834558,75	273085970	1966
4,94	1,802647444	0	0	3370843065,77	442988000	1967
4,94	-1,051619755	0	0	3852115816,98	532109700	1968
4,94	-4,281981256	0	0	4257218772,15	410627600	1969
4,94	-7,079935005	80120000	939559000	4863487492,66	352276529,9	1970
4,91	-9,221258374	600000	1260811000	5077222366,97	537317756,2	1971
4,48	-5,277306318	41490000	1549797000	6761786386,55	640168724,2	1972
3,96	-6,086100529	51000000	2991380000	8715105930,49	1526311872	1973
4,18	3,259267991	358000000	3365978000	13209713643,32	2474721203	1974
3,95	-9,276662973	119000000	4632813000	15557934268,50	1895709582	1975
4,16	-4,064089031	187000000	6114380000	17728347374,99	2502227909	1976
4,15	-11,15375037	178452646,8	10598950000	20971901273,27	2590690992	1977
3,97	-14,63289545	135152172,3	15733603000	26364491313,45	3229638376	1978
3,85	-1,717448875	25692486,04	18505558000	33243422157,63	5517255336	1979
3,84	3,999999771	348669038,1	19363274000	42345277342,02	7063796372	1980
4,32	3,709507912	13207259,36	18370310000	44348672667,87	5914589910	1981
4,59	1,926781377	-53569192,64	17639482000	45207088715,65	4972783952	1982
4,79	2,139494868	417641,1628	16367460000	48801369800,37	4010230638	1983
4,98	-1,756351325	802668,8741	15890301000	53698278905,97	3185336129	1984
5,03	-3,158254855	397788,2971	18260736000	57937868670,19	4644533504	1985
4,70	-10,3171959	5316528,378	22649742000	63696301892,81	3842514564	1986
4,85	-4,139635018	3711537,9	24448828000	66742267773,20	4343098847	1987
5,91	-7,09585152	13018265,02	26101338000	59089067187,39	3190542206	1988
7,61	-9,874793035	12091646,8	27248507000	55631489801,55	3085702748	1989
8,96	-1,493343516	334914,5642	28153909000	62045099642,78	2703474414	1990
18,47	5,518057633	11638686,45	28489963000	45715367087,10	3459969139	1991
21,84	1,450104323	30000000	27351236000	48003298223,12	3317517174	1992
23,35	-1,355059378	494375620,6	26274671000	49946455210,97	3655668345	1993

35,06	-3,522987297	494375620,6	30241912000	42542571305,51	4813488071	1994
47,66	-2,80145325	494375620,6	33051440000	41764052457,88	4164319968	1995
54,75	5,815748774	270000000	33653884000	46941496779,85	6296459592	1996
57,71	9,568711254	260000000	30902557000	48177862501,95	9666874794	1997
58,74	0,062257461	606600000	30692715000	48187747528,90	8452272531	1998
66,57	5,371117544	291600000	28206747000	48640574566,65	6146079025	1999
75,26	21,28109256	280100000	25476934000	54790245600,58	13556106992	2000
77,22	14,67244702	1113105541	22763886000	54744714396,17	19625060633	2001
79,68	9,874901372	1065000000	23045302000	56760288973,67	25151012399	2002
77,39	14,37288614	637881239	23774850000	67863829880,48	35454600240	2003
72,06	14,40502682	881851385	22426650000	85324998813,60	45691652704	2004
73,28	23,13178888	1156000000	17092402000	103198228458,59	59167069245	2005
72,65	26,89136236	1841000000	5910801000	117027304746,54	81462730309	2006
69,29	22,19820016	1686736540	6134509000	134977087734,01	114972269871,77	2007
64,58	19,26216822	2638607034	6246392000	171000691877,71	148098646115,27	2008
72,65	-0,581027068	2746930734	7420897000	137211039898,19	155111906161,91	2009
74,39	7,022433936	2300369124	7260316000	161207268655,39	170461126574,81	2010
72,94	10,10193563	2571237025	6064669000	200013051408,12	191369117585,62	2011
77,54	8,376581105	1500402453	5515626000	209047389309,48	200586904405,68	2012
79,37	2,808590379	1691886708	5245583000	209783503258,22	201436605683,67	2013
80,58	-1,437837942	1503453102	5521298000	213983107815,93	186350597819,06	2014
100,69	-13,22481251	-403397081,1	4676992000	164779467703,30	150595236046,41	2015

المصدر: إحصائيات البنك الدولي على الموقع www.data.worldbank.org

ملحق (02) : كود المصدر المستخدم في برنامج MATLAB

```
clear all;
close all;
clc;

% Data base
load('data.mat');

% data normalisation
gdp=(gdp-min(gdp))/(max(gdp)-min(gdp));
balanc=(balanc-min(balanc))/(max(balanc)-min(balanc));
debt=(debt-min(debt))/(max(debt)-min(debt));
fdi=(fdi-min(fdi))/(max(fdi)-min(fdi));
rate=(rate-min(rate))/(max(rate)-min(rate));
reserve=(reserve-min(reserve))/(max(reserve)-min(reserve));

 % network creation
net = newff([0 1;0 1;0 1;0 1;0 1],[5 13 1],{'logsig' 'logsig' 'logsig'},'trainlm');
net.trainParam.epochs =250;
net.trainParam.goal = 0.00000000001;

% Training data 80%
gdp80=gdp(1:45);
balanc80=balanc(1:45);
debt80=debt(1:45);
fdi80=fdi(1:45);
rate80=rate(1:45);
reserve80=reserve(1:45);
```

```
% Validation data 20%
gdp20=gdp(46:57);
balanc20=balanc(46:57);
debt20=debt(46:57);
fdi20=fdi(46:57);
rate20=rate(46:57);
reserve20=reserve(46:57);

net2 = train(net,[gdp80;balanc80;debt80;fdi80;rate80],reserve80);
reserve_simul = sim(net2,[gdp20;balanc20;debt20;fdi20;rate20]);
save('ANN','net1')
plot(reserve20,'b')
hold on
plot(reserve_simul,'r')
hold off
```