مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية المجلد (٤) العدد (٦) ٢٠٢٠
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies -Economic and Legal Sciences Series Vol. (٤) No. (٦) ٢٠٢٠

التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية

د. طالب أحمد*

(تاريخ الإيداع ٣٠ / ٦ / ٢٠٢٠. قُبِل للنشر في ١٣ / ٩ / ٢٠٢٠)

□ ملخّص □

هدفت الدراسة إلى التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية، وذلك بالاعتماد على قاعدة بيانات للفترة من ٢٠٠٨ إلى ٢٠١٨، حيث يوجد في كل عام ست دورات لاستهلاك الكهرباء، وبلغ عدد المشاهدات ٦٦ مفردة.

وكانت أهم نتائج الدراسة: تم التوصل إلى نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية MLP(3-8-1) الممكن استخدامه في التنبؤ بقيمة استهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية بدرجة عالية من الدقة. حيث حصلت هذه الشبكة على أعلى قيمة لمعامل التحديد بين الشبكات الأخرى وبلغ ٠.٨١ ، بالإضافة لحصولها على أقل القيم لأخطاء التدريب والاختبار والتأكيد حيث بلغ خطأ الشبكة ٠.٠٠٠٩، مما يدل على كفاءة وجودة الشبكة وإمكانية استخدامها في التنبؤ للأعوام القادمة، حيث تم التنبؤ بقيم استهلاك الكهرباء حتى عام ٢٠٢٢

كلمات مفتاحية : التنبؤ، استهلاك الطاقة الكهربائية، الشبكات العصبية الاصطناعية.

* أستاذ مساعد، قسم الإحصاء والبرمجة، كلية الاقتصاد، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
Taleb_ahmad1976@yahoo.de

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الاقتصادية والقانونية المجلد (4) العدد (6) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies -Economic and Legal Sciences Series Vol. (4) No. (6) 2020

Forecasting electricity consumption in Lattakia governorate using artificial neural networks

Dr. Taleb Ahmad*

(Received 30 / 6 / 2020 . Accepted 13 / 9 / 2020)

□ ABSTRACT □

The study aimed to forecast the consumption of electrical energy in Lattakia governorate using artificial neural networks, by relying on a database for the period 2008 - 2018, there are six sessions for electricity consumption each year, the number of observations reached 66.

The main results of the study: It was build an artificial neural network model MLP (3-8-1) that can be used to forecast the value of electricity consumption in Lattakia governorate with a high degree of accuracy. As this network obtained the highest value of determination coefficient between other networks and reached 0.81, in addition to obtained the lowest values for training, testing and validation errors, the network error reached 0.009, which indicates to efficiency and quality of network and ability using in forecasting for the coming years, where predicted values of electricity consumption until year 2022.

Key words: Forecasting, Electricity consumption, artificial neural networks.

*Assistant Professor, Department of Statistics and Programming , Faculty of Economics , Tishreen University, Lattakia , Syria.
Taleb_ahmad1976@yahoo.de

مقدمة

يحتل قطاع الكهرباء أهمية كبيرة بين القطاعات الأخرى في سورية لكونه يشكل عصب الحياة للمواطن، ويؤثر بشكل مباشر وغير مباشر على الكثير من الحلقات ذات العلاقة بالمستوى المعيشي وجودة الحياة والتنمية الاقتصادية ومتطلبات الأمن والبيئة. وقد ظل هذا القطاع يعاني من اختلال بين عرض الطاقة الكهربائية وحجم الطلب عليها للأغراض الإنتاجية والاستهلاكية، في حين ازداد معدل استهلاك الطاقة الكهربائية بشكل كبير في السنوات الماضية نتيجة النمو السكاني والعمراني.

يعد التنبؤ بالسلوك المستقبلي للسلاسل الزمنية من المواضيع المهمة في الإحصاء، وذلك للحاجة إليه في مختلف مجالات الحياة مثل التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية، أسعار مؤشرات الأسواق المالية، وحالة السوق والأسعار وغيرها. وهناك عدد من النماذج التي تستخدم في التنبؤ بالسلاسل الزمنية، من بينها نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية والتي تعد من الطرائق المناسبة لتمثيل العلاقات بين المتغيرات بشكل مختلف عن الطرائق التقليدية، فهي نظام حسابي مكون من عدد من الوحدات المترابطة مع بعضها، وتتصف بطبيعتها الديناميكية والمتوازنة في معالجة البيانات الداخلة إليها.

إن السلاسل الزمنية لما لها من خصوصيات خطية وغير خطية تجعل الطرائق التقليدية في بعض الأحيان غير قادرة على التنبؤ الكفؤ، مما يجعل التفكير في طرائق الذكاء الاصطناعي كتقنية الشبكات العصبية الاصطناعية حيث لا تتطلب فرضيات مرتبطة بالتوزيعات الاحتمالية للبيانات.

تناولت دراستنا عرضاً مبسطاً لأسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية، بالإضافة إلى تطبيقها على بيانات استهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية للفترة ٢٠٠٨- ٢٠١٨، وتم الاستعانة ببرنامج Alyuda NeuroIntelligence الخاص بالشبكات العصبية الاصطناعية لتحليل هذه البيانات، حيث تم التنبؤ بالاستهلاك حتى عام ٢٠٢٢.

الدراسات السابقة

١- دراسة بعنوان: **استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في التكهن بالسلسلة الزمنية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة الموصل.** بحث منشور، إعداد: باسل الخياط، عزة زكي، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، العدد ٨ ، ٢٠٠٥.

هدف هذا البحث إلى : مقارنة الطرائق الكلاسيكية المستخدمة في التنبؤ بالسلسلة الزمنية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة الموصل مع أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية لإيجاد الأسلوب الأكثر كفاءة في التنبؤ.

وكانت أهم نتائج البحث: تفوق الشبكات العصبية الاصطناعية على الطرائق الكلاسيكية المتمثلة بمنهجية بوكس- جينكنز، حيث تم الحصول على نتائج ذات قيم أقل للمعايير الإحصائية المستخدمة لحساب أخطاء التنبؤ. لذلك تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية هي الطريقة الأفضل والأكثر دقة للتنبؤ بالقيم المستقبلية للسلسلة الزمنية قيد الدراسة.

٢- دراسة بعنوان: **استخدام الشبكة العصبونية للتنبؤ بمقدار الطلب على الطاقة الكهربائية.** بحث منشور، إعداد: بديع زريفة، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية- المجلد ٢٥- العدد ٢ ، ٢٠٠٩.

هدف هذا البحث إلى: إنشاء طريقة متطورة للتنبؤ بمقدار الطلب على الطاقة الكهربائية في المحافظات، أو في غيرها من المنشآت والأماكن، وذلك باستخدام الشبكة العصبونية ذات الانتشار العكسي للخطأ. وعرض كيفية تغير منحنى استهلاك الطاقة الكهربائية خلال ٢٤ ساعة، وفي فترة تسعة أشهر، وعرض الذروة المسائية اليومية.

وكانت أهم نتائج البحث: تبين من خلال مقارنة التنبؤ بالطلب على الطاقة الكهربائية الناتجة بواسطة البرنامج المبني على الشبكة العصبونية والقيم الحقيقية للاستهلاك أن المتنبئ العصبوني المستخدم في البحث يعطي دقة كبيرة وكافية للتطبيقات العملية.

٣- دراسة بعنوان :

Australia's long-term electricity demand forecasting using deep neural networks

التنبؤ طويل الأجل للطلب على الكهرباء في أستراليا باستخدام الشبكات العصبية.

بحث منشور، إعداد: HAMEDMOGHADAM, H; JOORABLOO, N; JALILI, M، جامعة ملبورن ، أستراليا ، ٢٠١٤.

هدف هذا البحث إلى: استخدام أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ بالطلب على الكهرباء في أستراليا، ومعرفة معدلات الاستهلاك حتى ٢٤ شهر.

وكانت أهم نتائج البحث: أظهرت أن أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية هو الأفضل في التنبؤ من الطرق الإحصائية الأخرى، خاصة للفترات من سنة حتى سنتين.

٤- دراسة بعنوان: **دراسة مقارنة بين الشبكات العصبية الاصطناعية ومنهجية بوكس – جينكنز في التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية – ولاية الخرطوم.** أطروحة دكتوراه، إعداد: أمير مسمار، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، ٢٠١٦.

هدف هذا البحث إلى: معرفة كفاءة أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية، ونماذج بوكس– جينكنز لتحليل السلاسل الزمنية في التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية لولاية الخرطوم، ومقارنة أي من النموذجين هو الأفضل.

وكانت أهم نتائج البحث: أظهرت التنبؤات بين النموذجين باستخدام معايير متوسط مربع الخطأ، ومتوسط نسبة الخطأ المطلق تفوق الشبكات العصبية الاصطناعية على منهجية بوكس– جينكنز.

مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في محاولة الوصول لأفضل الطرائق والأساليب الإحصائية التي يمكن استخدامها في التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية، كذلك محاولة الوصول لنموذج دقيق للتنبؤ حتى نتمكن من استغلال الموارد المتاحة بأفضل الطرق الممكنة وتقدير احتياجات الاستهلاك المستقبلية للكهرباء، وبالتالي تكمن مشكلة البحث في التساؤل التالي:

ما مدى فعالية تطبيق نموذج الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية؟

أهمية البحث وأهدافه

تكمن أهمية البحث من إمكانية التنبؤ المستقبلي باستهلاك الكهرباء الذي سيساهم في حل مشاكل قطاع الطاقة الكهربائية من خلال التخطيط المستقبلي لتلبية الزيادة الحاصلة في الطلب على الطاقة الكهربائية. وتنبع الأهمية أيضاً من أن الكهرباء أصبحت من أهم محركات التنمية الحديثة في سورية، وهي المرتكز الأساسي لقيام المشروعات

التنموية، لذلك من المهم جداً التنبؤ باستهلاك الكهرباء على أسس علمية. كما يعتبر أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية أسلوباً حديثاً نسبياً حيث يحاكي عملية جمع البيانات وتشغيلها في العقل البشري بهدف الوصول الى قرار سليم.

ويهدف البحث إلى:

١- دراسة استهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية خلال فترة الدراسة.

٢- التعرف على أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية وطريقة عملها.

٣- بيان مدى فاعلية النموذج المقترح في التنبؤ باستهلاك الكهرباء في محافظة اللاذقية.

فرضيات البحث

١- لا يوجد فاعلية لأسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية.

٢- لا يوجد فروق ذو دلالة إحصائية بين القيم الحقيقية والمقدرة لاستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية.

منهجية البحث

تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي الذي يعتمد على وصف البيانات وتحليلها، وتم الاعتماد على أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية في تحليل السلاسل الزمنية، وتم الحصول على بيانات السلسلة الزمنية لاستهلاك الطاقة الكهربائية من مديرية الكهرباء في محافظة اللاذقية، وتم استخدام برنامجي Alyuda NeuroIntelligence ، و SPSS 23 لتحليل البيانات.

الحدود المكانية والزمانية للبحث:

الحدود المكانية: محافظة اللاذقية.

الحدود الزمانية: ٢٠٠٨ حتى ٢٠١٨.

النتائج والمناقشة

أولاً- الجانب النظري

سنستعرض من خلال هذه الفقرة عرضاً مختصراً لاستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية، وشرحاً كافياً لأسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية.

١-١ استهلاك الطاقة الكهربائية

تزداد أهمية الطاقة الكهربائية يوماً بعد يوم تبعاً لتعدد وتزايد مجالات استعمالاتها الاقتصادية والاجتماعية المختلفة، ولقد حظي موضوع الطاقة الكهربائية في سورية باهتمام كبير وبشكل متسارع، حيث يعد شح الموارد الطاقية ونضوبها واتسامها بالموارد غير المتجددة مشكلة كبيرة، حيث تؤدي الكهرباء دوراً محورياً ومهمّاً في الخطط التنموية الاقتصادية والاجتماعية كافة، ويعود الاهتمام الخاص بقطاع الطاقة الكهربائية لأهميته وارتباطه بالقطاعات المختلفة الخدمية والصناعية والزراعية، ودوره الحضاري في مختلف جوانب الحياة. ونظراً للمعدل المرتفع للنمو السكاني في سورية مع ما يرافقه من تغيير ثقافي في عقلية العيش وأنماط الاستهلاك يزداد الطلب على استهلاك الطاقة الكهربائية، وذلك نظراً لاتساع المشاريع الصناعية والخدمية والسياحية إضافةً لازدياد حصة الفرد من الطاقة الكهربائية، وإن إنشاء مرافق الكهرباء بمختلف فروعها يقوم على الطلب القائم للفئات المستخدمة للطاقة الكهربائية، وبذلك يكون الطلب على

الكهرباء هو الباعث الأساسي لدى الدولة لعرض سلعة الكهرباء على الفئات التي تطلبها، وتتحدد تلك الفئات المستخدمة للكهرباء في القطاعات الآتية:

أ- القطاع المنزلي: يتحدد حجم الاستهلاك المنزلي بمستوى دخل الفرد وسعر الوحدة من الكهرباء، وكلما كان الدخل مرتفعاً وسعر الوحدة منخفضاً ازداد الاستهلاك المنزلي، وينخفض الاستهلاك بارتفاع الأسعار وثبات الدخل عند الأفراد، كما ويتأثر بالمناخ الذي تقع فيه المنطقة المأهولة حاراً أو بارداً، وكذلك بالموقع الجغرافي حضر أو ريف، وأيضاً يتأثر الاستهلاك بمستوى استخدام الأجهزة المنزلية، والاستخدامات المنزلية للكهرباء كالطهي والتدفئة والتبريد وغيرها من الاستخدامات الأخرى.

ب- القطاع التجاري: ويندرج ضمن هذا القطاع المحلات التجارية بمختلف أنواعها، والمطاعم والفنادق والمكاتب الخاصة كمكاتب المحامين، والاستشاريين، والورش الصناعية، والحرفية، والمستشفيات، والعيادات الخاصة، ويكون استهلاك هذا القطاع متذبذباً خلال اليوم جراء نشاط كل نوع من الأنواع التجارية، فمنها من يعمل خلال اليوم كالمستشفيات، ومنها من يعمل لساعات محددة في اليوم كالمحامين والأطباء، ومنهم من يعمل معظم ساعات اليوم كالمحلات التجارية والورش والحرفيين وغيرهم.

ج- القطاع الصناعي: يقسم مستهلكو القطاع الصناعي إلى شرائح متفاوتة الاستهلاك، فهناك صناعات تستخدم الكهرباء في عملياتها الإنتاجية بشكل كثيف كصناعة الأسمدة والألمنيوم، وتعرف هذه الصناعات باستقرارها النسبي وعدم التذبذب خلال اليوم، وهناك صناعات تقوم بالتشغيل خلال ساعات في اليوم أو حسب نظام الورديات، واستهلاكها للكهرباء يكون أقل من سابقتها، وهناك صناعات تقوم بالتشغيل بالاعتماد على وقود أخرى، ولكن تعتمد على الكهرباء لاستخدامها الإداري والتنفيذي والإضاءة الداخلية، مثل صناعة الحديد والصلب والصناعات الاستخراجية. ويعدّ القطاع الصناعي أكبر مستهلك للطاقة الكهربائية من بين القطاعات الأخرى (الحلبي، الخياط، ٢٠٠٩) .

د- مستهلكون آخرون: يقع ضمن هذه الفئة عدد كبير من القطاعات الإنتاجية والخدمية مثل: القطاع الزراعي، وقطاع النقل، والاتصالات، والسياحة ،وإنارة الشوارع ، وإشارات المرور، وأجهزة الحكومة بمختلف أشكالها. حيث يبين الجدول (١-١) كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في محافظة اللاذقية للفترة ٢٠٠٨- ٢٠١٨. حيث السلسلة الزمنية تتضمن ٦٦ مشاهدة على مدى أحد عشرة عاماً، حيث يتضمن كل عام ست دورات، وتتضمن كل دورة استهلاك شهرين من الكهرباء مقدرة بالغيغا واط ساعي، حيث نلاحظ انخفاضها بشكل ملحوظ منتصف عام ٢٠٠٨ وكذلك خلال عام ٢٠١٦.

جدول(١-١): كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في محافظة اللاذقية

العام	الدورة	كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة (غيغا واط ساعي)	العام	الدورة	كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة (غيغا واط ساعي)	العام	الدورة	كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة (غيغا واط ساعي)
٢٠٠٨	الأولى	435	٢٠١١	الخامسة	333	٢٠١٥	الثالثة	358
	الثانية	308		السادسة	345		الرابعة	430
	الثالثة	214		الأولى	428		الخامسة	343

	الرابعة	378	٢٠١٢	الثانية	355		السادسة	309
	الخامسة	322		الثالثة	372	٢٠١٦	الأولى	366
	السادسة	357		الرابعة	377		الثانية	353
٢٠٠٩	الأولى	419		الخامسة	393		الثالثة	323
	الثانية	349		السادسة	345		الرابعة	299
	الثالثة	334	٢٠١٣	الأولى	412		الخامسة	276
	الرابعة	396		الثانية	341		السادسة	313
	الخامسة	339		الثالثة	388	٢٠١٧	الأولى	377
	السادسة	389		الرابعة	440		الثانية	404
٢٠١٠	الأولى	421		الخامسة	399		الثالثة	458
	الثانية	343		السادسة	380		الرابعة	485
	الثالثة	347	٢٠١٤	الأولى	397		الخامسة	395
	الرابعة	436		الثانية	365		السادسة	410
	الخامسة	378		الثالثة	338	٢٠١٨	الأولى	478
	السادسة	368		الرابعة	432		الثانية	420
٢٠١١	الأولى	478		الخامسة	346		الثالثة	441
	الثانية	387		السادسة	351		الرابعة	358
	الثالثة	341	٢٠١٥	الأولى	342		الخامسة	430
	الرابعة	433		الثانية	332		السادسة	343

المصدر: مديرية الكهرباء في محافظة اللاذقية.

نلاحظ من الجدول (١-١) ارتفاع الاستهلاك في الطاقة الكهربائية للدورة الأولى وتشمل شهري كانون الثاني وشباط، وكذلك ارتفاع الاستهلاك للدورة الرابعة وتشمل شهري تموز وآب، وهي أشهر يزداد فيها استهلاك الكهرباء. بينما بقي الاستهلاك شبه مستقر بالنسبة لباقي فترات السنة.

١-٢ مفهوم الشبكات العصبية الاصطناعية

تعتبر الشبكات العصبية من أهم مجالات الذكاء الاصطناعي الذي يعكس تطوراً هاماً ملموساً في طريقة التفكير الإنساني، وتدور فكرة الشبكات العصبية حول محاكاة العقل البشري باستخدام الحاسب الآلي. وقد يعود التطور المنظور في هذا المجال إلى العديد من الدراسات التي تمت في مجال المعالجة العصبية. وتتم عملية المحاكاة عن طريق حل المشاكل التي تواجهها، وذلك من خلال إتباع عمليات التعلم الذاتي والتي تعتمد على الخبرات المختزنة في الشبكة التي تحقق أفضل النتائج. حيث تعد الشبكات العصبية من أهم الأساليب التي تستخدم في الكثير من التطبيقات التي يصعب إيجاد الحلول لها بالطرائق والخوارزميات التقليدية، وذلك لاعتماد معظم الشبكات العصبية على أسلوب المحاكاة للواقع الحقيقي لحل هذه المشاكل. لذا فإن الشبكات العصبية الاصطناعية تكون وسيلة فعالة لحل مسائل متنوعة تتضمن تصنيف وتمييز الأنماط، ويمكن استخدامها أيضاً في المسائل المالية والطب والجيولوجيا والهندسة لمسائل مثل التنبؤ والتصنيف والعنقدة (العباسي، ٢٠١٣).

تعرف الشبكة العصبية الاصطناعية على أنها نظام حسابي مكون من عدد من وحدات (عصبونات) المعالجة المترابطة مع بعضها، وتتصف بطبيعتها الديناميكية والمتوازية في معالجة البيانات الداخلة إليها.

كما يمكن تعريفها أيضاً: بأنها شبكات ذات ترابط (تواصل) كثيف فيما بينها، تضم عناصر بسيطة ومتوازية وعادة ما تكون قابلة للتكييف وذات تنظيم هرمي، حيث تتفاعل مع كائنات العالم الحقيقي بنفس الطريقة التي يتفاعل بها النظام العصبي الطبيعي (البيولوجي) مع العالم الحقيقي. تعد الشبكات العصبية الاصطناعية من أنظمة تكنولوجيا تشغيل المعلومات التي تعتمد على الوسائل الرياضية، بحيث تحاكي طبيعة الخلية العصبية البشرية في التعامل مع المعلومات والبيانات، وهي عبارة عن نماذج إلكترونية تعتمد على الهيكل العصبي للمخ البشري، فالعقل البشري يتعلم من خبرته والشبكات العصبية صممت بحيث تتعلم بنفس الطريقة من خبرتها في الأداء في مجال معين، وقد استخدمت الشبكة العصبية للتقييم بين مجموعة اختيارات قد لا توجد لها حلول تحليلية. وأخيراً الشبكات العصبية الاصطناعية هي إحدى أقسام علم الذكاء الاصطناعي الذي تبنى عليها جميع التطبيقات المعقدة والحديثة كصناعة الروبوتات وأنظمة التحكم الآلي وأنظمة دعم القرار وأنظمة التنبؤ. كما أنها تعالج البيانات الخطية واللاخطية بدون الرجوع إلى نماذج مقترحة من قبل، بالإضافة إلى معالجتها للبيانات الناقصة والمشوشة (Sinh, 2005).

١-٣ مكونات الشبكة العصبية الاصطناعية:

تتكون الشبكة العصبية الاصطناعية من مجموعة من وحدات المعالجة تسمى بالعصبونات والتي تشابه الخلايا البيولوجية لمخ الإنسان، وهذه الوحدات متصلة فيما بينها في شكل ترابطات أو مجموعات تسمى بالشبكة العصبية. بحيث تعمل الروابط على تمرير الإشارات من عصبون إلى آخر ويكون لكل رابط وزن عددي يصاحبه، كما يستقبل كل عصبون عدد من المدخلات عن طريق تشابكاته وينتج إشارة مخرجات واحدة فقط، حيث تنتقل إشارة المخرجات عن طريق الرابط الخارجي للعصبون، وينقسم الرابط الخارجي بدوره إلى عدد من الفروع التي تنقل نفس الإشارة. فمجموعة هذه المكونات تمثل البنية العامة أو الشكل العام للشبكات العصبية، بحيث أن أي شبكة عصبية تتكون من عدة طبقات –طبقتين على الأقل – زائداً الوصلات البينية أي تتكون الشبكة من العناصر التالية:

طبقة المدخلات، طبقة المخرجات، الطبقة الخفية، الوصلات البينية، وحدات المعالجة.

١- طبقة المدخلات:

هي الطبقة التي تتكون من وحدة معالجة واحدة أو أكثر لاستقبال المدخلات والتي تكون في صورة بيانات خام أو مخرجات من وحدات معالجة أخرى. وتقوم وحدات المعالجة في هذه الطبقة بنقل البيانات من خلال الوصلات البينية (الأوزان) إلى وحدات المعالجة في الطبقة الخفية أو إلى وحدات المعالجة في طبقة المخرجات إذا كانت الشبكة لا تحتوي على طبقة خفية، وتحتوي أي شبكة عصبية على طبقة واحدة فقط من وحدات الإدخال ولكنها قد تحتوي على أكثر من طبقة من طبقات المعالجة.

٢- طبقة المخرجات:

تتكون طبقة المخرجات من وحدات المعالجة التي تقوم بإخراج الناتج النهائي للشبكة، وقد تحتوي هذه الطبقة على وحدة معالجة واحدة أو أكثر من وحدة وفقاً للبنية المعمارية للشبكة. حيث تستقبل وحدات المعالجة في هذه الطبقة الإشارات القادمة إليها من طبقة الإدخال مباشرة أو من الطبقة الخفية. وبعد إجراء المعالجات اللازمة قد تُرسل إشارة بالمخرجات النهائية أو قد تقوم بإعادة هذه المخرجات كمدخلات مرة أخرى للشبكة، وذلك عند تعثر المعالجة المطلوبة للبيانات، حيث تحتوي الشبكة العصبية عادة على طبقة مخرجات واحدة فقط.

٣- الطبقة الخفية:

تقع الطبقة الخفية للشبكات بين طبقة المدخلات وطبقة المخرجات وقد تكون بعض الشبكات خالية من الطبقة الخفية أوقد تشتمل على طبقة خفية واحدة أو أكثر. ومن أهم وظائف هذه الطبقة استقبال الإشارات القادمة من طبقة المدخلات وتمريرها الى طبقة المخرجات بعد اجراء المعالجات اللازمة.

٤- الوصلات البينية (الأوزان):

عبارة عن وصلات اتصال تقوم بربط الطبقات مع بعضها البعض أو ربط الوحدات داخل كل طبقة عبر الأوزان التي تكون مصاحبة أو مرفقة مع كل وصلة بينية، تتمثل مهمة الوصلات البينية في نقل البيانات أو الإشارات بين الطبقات أو وحدات المعالجة.

٥- وحدات المعالجة (العصبونات):

وحدات المعالجة أو العصبونات هي الوحدات المسؤولة عن معالجة المعلومات في الشبكة العصبية وهي تشكل المكونات الأساسية التي تتألف منها كل طبقات الشبكة العصبية، وتتصل هذه الوحدات بطرق مختلفة بواسطة الوصلات البينية لتعطي الشكل العام أو البنية المعمارية للشبكة العصبية الاصطناعية، حيث أن المعالجة تتبع نظام

المعالجة المتوازنة – في نفس اللحظة في إجراء الحسابات أو معالجة البيانات، وهي في ذلك تشبه الطريقة التي يفكر بها الإنسان في حل المشكلات (عمل العقل البشري)، حيث تتألف أي وحدة معالجة (عصبون) من المكونات الأساسية التالية:

أ- معاملات الأوزان: يرتكز عمل الشبكات العصبية الاصطناعية على الوزن الترجيحي للعنصر والذي يعبر عن درجة الأهمية النسبية للعنصر المدخل، كما يعتبر الوزن هو العنصر الرئيس في الشبكة العصبية الاصطناعية في تمثيل الوسائط والروابط المختلفة التي يتم عبرها نقل البيانات من طبقة إلى أخرى، وتعتبر هذه الأوزان بمثابة الوسيلة الأساسية لذاكرة الشبكة العصبية، ويرمز للوزن بين عنصري معالجة (i, j) بالرمز Wij حيث تؤثر الأوزان على قيم المخرجات، ومن الممكن تعديل الأوزان من خلال خاصية التعلم في الشبكة والتي تعرف بدالة التجميع.

ب- دالة الجمع:

إن أول عملية تقوم بها وحدة المعالجة هي حساب مجموع المدخلات الموزونة القادمة إلى الوحدة باستخدام دالة الجمع، حيث تقوم هذه الدالة بحساب متوسط الأوزان لكل المدخلات الواردة إلى وحدة المعالجة، ويتم ذلك بضرب كل قيمة مدخلة في وزنها المصاحب، ومن ثم إيجاد المجموع لكل حواصل الضرب.

ج- دالة التحويل:

تتم هذه الخطوة باستخدام دالة التحويل حيث تقوم الدالة بتحويل ناتج عملية الجمع الموزون في الخطوة السابقة إلى قيمة محصورة في مدى معين، ويتم ذلك بمقارنة نتيجة الجمع مع قيمة العتبة ويرمز لها بالرمز θ ليتحدد الناتج، ويطبق على المجموع عادة قبل المقارنة تابع تنشيط معين وتتوقف مخرجات الشبكة بصورة أساسية على هذا التوزيع،

وبناء على هذه التوابع أو الدوال تعطي الشبكة مخرجات محصورة ضمن المجال (٠,١) أو المجال (-١,١)

ومن أهم توابع التحويل أو توابع التنشيط:

دالة الخطوة : وهي الدالة التي تقع القيمة المخرجة فيها من وحدة المعالجة من (٠,١).

دالة الإشارة : وهي الدالة التي تقع القيمة المخرجة فيها من وحدة المعالجة من (-١، ١).

دالة الخطية : وهي الدالة التي تكون فيها المخرجات تساوي المدخلات وتعطي تصنيفات متعددة وغير محدودة.

دالة السيغمويد : هذه الدالة تجعل المخرجات أو تحولها إلى قيمة محصورة بين (٠,١) وتسمى في هذه الحالة بدالة

تنشيط سيغمويد الثنائي، أو تحويل المخرجات إلى قيم بين (−١، ١) وتسمى بدالة تنشيط سيغمويد ثنائي القطبية.

د. دالة المخرجات:

تكون المخرجات في أغلب الأحيان مساوية لناتج دالة التحويل. ولكن هناك بعض الشبكات تقوم وحدة المعالجة فيها بتعديل نتيجة دالة التحويل ويتم ذلك خلال تنافس وحدات المعالجة المجاورة مع بعضها البعض، ويتم التنافس عادة في وحدات المعالجة التي يكون لها تنشيط أكبر، هذه المنافسة تحدد وحدة المعالجة التي ستكون نشطة أو التي ستقوم بالإخراج.

ويمكن تلخيص عمل وحدة المعالجة في الشبكة العصبية في الخطوة التالية:

١− استقبال الإشارات أو المدخلات الواردة من الطبقة الخفية أو من طبقة المدخلات.

2− تعديل الإشارة الداخلة إلى الوحدة عن طريق الأوزان، حيث تضرب كل إشارة داخلة بالوزن الموجود في خط ربط الوحدة.

3− جمع أوزان الدخل القادمة من الوحدات الأخرى باستخدام قاعدة أو دالة الجمع.

٤− تطبيق تابع تنشيط معين على مجموع إشارات الدخل الموزونة حتى يتم تحديد إشارة الخرج الناتجة من هذه الوحدة.

5− الخرج الناتج عن هذه الوحدة يمكن أن يبث إلى عدة وحدات معالجة أخرى أو يمكن أن يكون الناتج النهائي للشبكة.

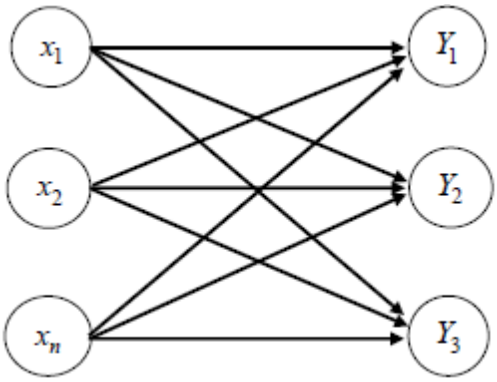
١−٤ أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية

تم تطوير أنواعاً مختلفة من الشبكات العصبية الاصطناعية تميّز كل منها بقدرته على حل مشاكل معينة دون غيرها، فكل من هذه الأنواع له خصوصيته في المعمارية وآلية معالجة البيانات من خلال عدد ونوع العقد في كل طبقة بالإضافة إلى نوعية دوال التنشيط وآلية تعديل الأوزان، من أبرز أنواع الشبكات العصبية الاصطناعية وأكثرها استخداماً نذكر:

أ− الشبكات العصبية الاصطناعية وفقاً لعدد طبقاتها: اعتمادا على معيار عدد طبقات الشبكة العصبية يمكن التمييز بين النوعين التاليين:

١− شبكات وحيدة الطبقة: تستطيع الخلية العصبونية الاصطناعية أن تنجز نماذج بسيطة لتوابع رياضية إلا أن قوة الحساب في الشبكة العصبية، يأتي من اتصال الخلايا العصبونية مع بعضها البعض على شكل شبكة متداخلة، فاللبنة الأساسية في هذه الشبكة هي الخلية العصبونية، بحيث يختلف سلوك الشبكة وتأثيرها ونتائجها بتغير وتعديل وضعية اتصال الخلايا مع بعضها البعض، أي هذه الشبكة لا تحتوي على طبقة مخفية، أبسط شكل لهذه الشبكات يمكن الحصول عليه من ترتيب مجموعة من الخلايا العصبونية في طبقة واحدة (بوعروري، ٢٠١٩) كما هو موضح في الشكل (١−١):

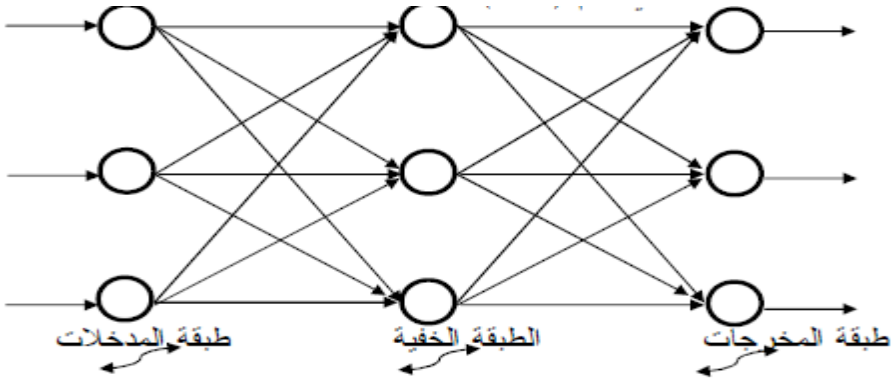
شكل (١-١): شبكة وحيدة الطبقة



من الشكل (١-١) توجد طبقة واحدة من ارتباطات الأوزان في هذا النوع من الشبكات، ويتميز هذا النوع بوجود طبقة دخل تستقبل الإشارة من العالم الخارجي وطبقة الخرج التي تحصل منها على استجابة الشبكة.

٢- شبكات متعددة الطبقات: وهي الشبكات التي يوجد بها طبقة خفية واحدة أو أكثر، ومن ثم تكون هذه الطبقة الخفية كافية لحل معظم المشكلات، تتكون هذه الفئات من طبقة واحدة أو أكثر من العقد والتي تدعى بالوحدات الخفية، وتوضع بين وحدات الدخل ووحدات الخرج. يوجد بين كل طبقتين متجاورتين طبقة من ترابطات الأوزان (دخل -خرج) ، (دخل – طبقة خفية) (طبقة خفية – خرج) (أدم، ٢٠١٥)، ويبين الشكل (١-٢) الشبكات متعددة الطبقات:

شكل (١-٢): شبكة متعددة الطبقات



ب- الشبكات العصبية الاصطناعية تبعا لطرق تغذيتها وتعليمها:

بالاعتماد على طريقة التغذية والتعليم للشبكة العصبونية يمكن تمييز الأنواع التالية:

١- الشبكات ذات التغذية الأمامية: تقسم عصبونات شبكة التغذية الأمامية إلى مجموعة من الطبقات تحتوي كل طبقة على عدد من العصبونات، ويتم تدفق المعلومات من طبقة إلى أخرى، بشكل متسلسل وفق مسار أمامي فقط أي من طبقة الدخل إلى الطبقة الخفية الأولى، منها إلى الطبقة الخفية الثانية وهكذا حتى الوصول إلى طبقة المخرجات، أي أن كل طبقة في الشبكة ترتبط بالطبقة التي تليها، هذا يعني أن شبكة التغذية الأمامية تسمح للإشارات بالمرور في اتجاه واحد فقط، من المدخل إلى المخرج، ولا توجد تغذية عكسية أي أن المخرج من طبقة معينة لا يؤثر في نفس الطبقة، أما نوع التعلم في هذه الشبكات فيتأثر بطريقة انسياب المعلومات ويطلق عليه بالتعلم المشرف عليه،

ويعتمد عدد الخلايا في الطبقة الخفية على درجة تعقيد المسألة وحجم معلومات الإدخال. ومن أشهر وأهم أنواع الشبكات العصبية ذات التغذية الأمامية هي شبكة البيرسبيترون، وهي شبكة مصممة على أساس عمل المخ في التعرف على العينات، وما يميز هذه الشبكة اعتمادها على ترتيب العقد التي تمثل العصبونات الاصطناعية في الطبقات التي من خلالها تتم نقل الاشارات من الطبقة الأولى إلى الطبقات النهائية مروراً بالطبقات الخفية في اتجاه الأمام فقط، ومن أهم استخدامات شبكات البيرسبيترون الفصل والتمييز بين المشاهدات.

٢- الشبكات ذات التغذية العكسية: ترتبط الخلايا في هذا النوع من الشبكات مع بعضها البعض حيث ترتبط مدخلات كل خلية عصبونية مع مدخلات الخلايا الأخرى في نفس الطبقة والطبقة المجاورة، شبكات التغذية العكسية متغيرة وديناميكية حيث تتغير حالاتها باستمرار إلى أن تصل لنقطة التوازن، أي أنها شبكات حركية يتغير استقرارها باستمرار للوصول إلى نقطة التوازن، ويشار إلى الشبكة من هذا النوع باسم الشبكة التفاعلية، أما الشبكات ذات الطبقة الوحيدة والتغذية العكسية فيطلق عليها الشبكة المرتدة. وتعد شبكات الانتشار الخلفي من أكثر الشبكات استخداماً في كثير من التطبيقات حيث تستخدم في تطبيقات التحكم، تطبيقات الكلام، التعرف على الأنماط والصور والتطبيقات في المجالات الاقتصادية والمالية. ومن أمثلة هذه الشبكات شبكة هوبفيلد التي تعتبر من الشبكات العصبية المتكررة والتي لها دورات تغذية مرتجعة من مخرجاتها إلى مدخلاتها، وهي عبارة عن شبكة عصبية اصطناعية بسيطة قادرة على تخزين ذاكرة معينة أو أنماط أو مواقف معينة بحيث يمكن استرجاع تلك الأشكال المحفوظة بالكامل إذا توفرت معلومات جزئية فقط للشبكة.

١-٥ تعليم الشبكات العصبية الاصطناعية

القدرة على التعلم هي أحد أهم سمات الذكاء وهو ما يميز الشبكات العصبية عن بقية النظم الخبيرة التقليدية، والتعلم ضمن الشبكات العصبية هو عبارة عن تعديل قيم مصفوفة أوزان الوصلات التي تربط عقد الشبكة فيما بينها، من أجل إنجاز مهمة معينة. لذلك الشبكة العصبية الاصطناعية من خلال التعلم والتدريب تستطيع الوصول إلى النتائج المطلوبة بأقل خطأ ممكن، وذلك بإعطاء الشبكة العصبية مجموعة من الأمثلة والتي تمثل بعينة التدريب والتي تُحدث الأوزان بين عقد الشبكة. ويوجد ثلاثة نماذج للتعلم هي:

١- **التعلم الموجه (المراقب):** في هذا النمط من التعلم يتم تزويد الشبكة بالخرج الصحيح الموافق لكل دخل، ويتم تحديد الأوزان بشكل مبدئي، وهي طريقة شائعة تستخدم لتدريب الشبكات، بحيث تقوم بمقارنة خرجها مع الهدف وتتعلم من أخطائها. يتم إدخال البيانات إلى عصبونات طبقة الدخل، ويتم تمريرها للطبقة التالية ومن ثم توزيعها ومن ثم يتم جمع الدخل الموزون ونقله للطبقة التالية من خلال توابع النقل حتى نصل لطبقة الخرج حيث يتم التنبؤ بخرج محدد. في نظم التعلم المراقب، يقارن الخرج المتنبأ به مع القيمة الحقيقية الموافقة للدخل، وعندما يتطابق الخرج المتنبأ به مع القيمة الحقيقية لا يتم أي تعديل على الأوزان، بينما عندما يكون الخرج المتنبأ به أكبر أو أصغر من القيمة الحقيقية فإن الخطأ ينشر بشكل تراجعي في حال شبكات التغذية الخلفية عبر الشبكة، بحيث يتم تعديل الأوزان تبعاً لذلك وطريقة التغذية الرجعية للأخطاء عبر الشبكة تسمى خوارزمية الانتشار الخلفي. من تطبيقات هذا النوع من التعلم، بناء ذاكرة باستخدام الشبكات العصبونية، مثل تطبيقات التعرف على الصور.

٢- **التعلم غير الموجه (غير المراقب):** في هذا النموذج من التعلم لا يوجد أية حاجة من أجل تحديد الخرج الصحيح وربطه بدخل معين في عينات التدريب، وإنما يتم إعطاء الشبكة مجموعة معطيات التدريب ويتم تحديد الترابط بين عينات التدريب، ويتم تصنيف هذه العينات ضمن فئات عن طريق تعديل أوزان الوصلات في الشبكة.

٣- **التعلم المختلط:** هو دمج بين النموذجين السابقين حيث يتم تقسيم الشبكة إلى قسمين: قسم يتم فيه تحديد الأوزان وفق التعلم الموجه وقسم وفق التعلم غير الموجه (نادر، ٢٠١٤).

ثانياً- الجانب التطبيقي:

تم الاعتماد على برنامج Alyuda NeuroIntelligence، وهو من البرامج الجاهزة الخاصة بالذكاء الصناعي التي ظهرت خلال الفترة ٢٠٠٢-٢٠٠٣، له عدة اختصاصات في حل العديد من المسائل المعقدة، كما أنه يعتبر من البرامج سريعة الذكاء، حيث يقوم هذا البرنامج ببناء الشبكة العصبية واختبار دقتها، مرورا بمراحل أساسية، فبعد أن يحول إليه ملف البيانات المراد بناء الشبكة العصبية على أساس ما يحتويه الملف من بيانات تخص المشكلة أو الظاهرة المراد التنبؤ بها وتصنيف مكوناتها. تم تطبيق أسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية بالاعتماد على شبكة بيرسبيترون متعددة الطبقات (MLP) وبناء على معطيات الجدول رقم (١-١) وذلك وفق الخطوات التالية:

٢-١ تحديد المدخلات: إن أول خطوة في بناء شبكة عصبية اصطناعية لغرض التنبؤ هو تحديد عدد المدخلات، حيث تم الحصول على طبقة المدخلات وبها ثلاثة من عناصر المعالجة بناء على النتائج المتحصل عليها من البرنامج التطبيقي Alyuda NeuroIntelligence.

٢-٢ مرحلة التحليل: بعد القيام بعملية تحليل الشبكة بينت النتائج ما يلي:

جدول(٢-١): نتائج عملية التحليل

المجموعات	العدد	النسبة
مجموعة التدريب	٤٧	%٧١.٢١
مجموعة التأكيد	١٠	%١٥.١٥
مجموعة الاختبار	٩	%١٣.٦٣
مجموع المشاهدات	٦٦	%١٠٠

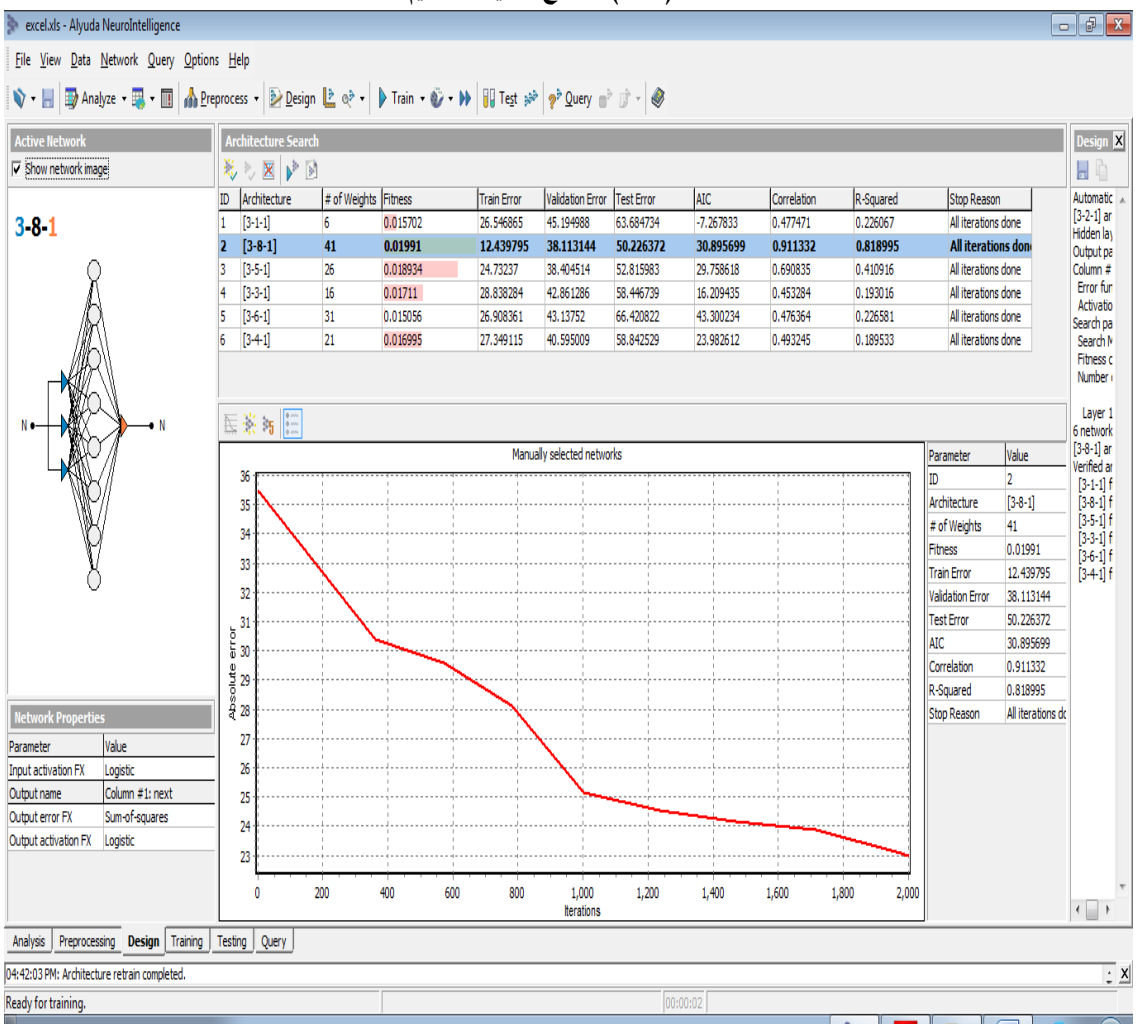
المصدر: من إعداد الباحث بناء على مخرجات برنامج Alyuda NeuroIntelligence

في هذه المرحلة تم تجميع البيانات محل الدراسة وعددها ٦٦ مشاهدة، ثم تجزئتها بالاعتماد على برنامج Alyuda NeuroIntelligence بشكل عشوائي، حيث خصص ٤٧ مشاهدة وبنسبة 71.21 % كمجموعة تدريب Training Set، و 10 مشاهدات وبنسبة 15.15% كمجموعة تأكيد Validation Set ، بينما خصصت ٩ مشاهدات وبنسبة 13.63% كمجموعة اختبار Test set.

٢-٣ مرحلة المعالجة: تم تمثيل البيانات في الشبكة بالشكل الثنائي (٠،١) للمخرجات، أو بالتمثيل ثنائي القطبية (-١،+١) للمدخلات وذلك بالاعتماد على برنامج Alyuda NeuroIntelligence بما يوفره من تقنيات لمعالجة البيانات.

٢-٤ مرحلة التصميم: في هذه المرحلة تم الاعتماد على الدالة اللوجستية logistic كدالة تحفيز في الطبقة المخفية وطبقة المخرجات، وبالاعتماد على برنامج Alyuda NeuroIntelligence تم ترشيح مجموعة من التصاميم للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية، حيث يوضح الشكل (٢-١) نتائج مرحلة التصميم كما يلي:

الشكل (٢-١) : نتائج عملية التصميم



كما هو موضح في الشكل (٢-١) فقد تم ترشيح ست شبكات بمعماريات مختلفة للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية، حيث تم اختيار الشبكة ذات المعمارية [1-8-3] من قبل برنامج Alyuda NeuroIntelligence اعتماداً على معيار أكاكي AIC ، ومعيار درجة الملائمة Fitness ومعامل التحديد. حيث تشير النتائج في الشكل (٢-١) إلى أن هذه الشبكة قد حصلت على أقل قيمة لمعيار أكاكي، وبلغت ٣٠.٨٩٥٦٩٩ في حين كانت قيمة درجة الملائمة الأعلى بين قيم الشبكات الأخرى حيث بلغت 0.01991 ، إضافة إلى حصولها على أعلى معامل تحديد حيث بلغ ٠.٨١٨٩٩٥، مما يدل على كفاءة وجودة الشبكة وإمكانية استخدامها في التنبؤ، بالإضافة لحصولها على أقل القيم لأخطاء التدريب والاختبار والتأكيد. وبالتالي نرفض الفرضية الرئيسية الأولى ونقبل البديلة لها التي تنص بأنه يوجد فاعلية لأسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية في التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية. وعليه فان أفضل شبكة تتكون من ثلاث طبقات هي:

- طبقة المدخلات وبها ثلاثة من عناصر المعالجة.
- الطبقة الخفية وبها ثمانية عناصر معالجة.

– طبقة المخرجات وبها عنصر معالجة واحد.

كما نلاحظ من الشكل (٢–١) أن عدد أوزان الشبكة المفضلة [1–8–3] يساوي 41 وهذا ما يتطابق مع المعادلة:

$$P = (\alpha i+2)\ \alpha u\ +1 \qquad (1)$$

حيث أن:

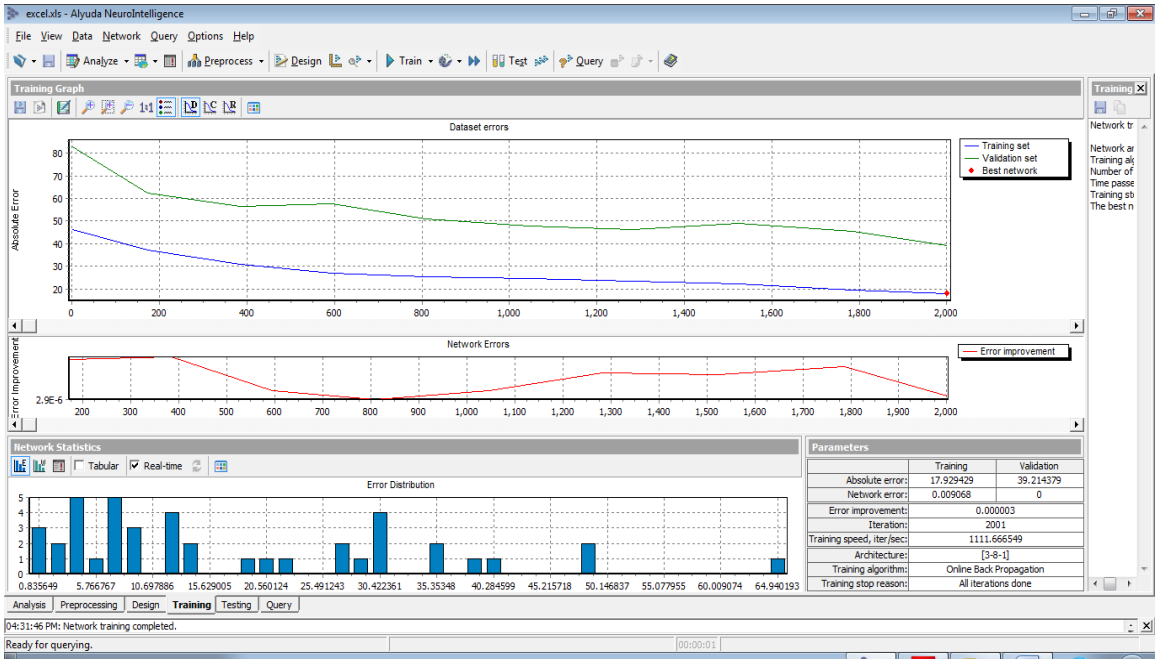
αi : تمثل عدد العصبونات في طبقة المدخلات.

αu : تمثل عدد العصبونات في الطبقة المخفية.

P : تمثل عدد الأوزان في الشبكة العصبية (Chatfild,1998) .

٢–٥ **مرحلة التدريب:** لإجراء عملية التدريب تم الاعتماد على خوارزمية الانتشار الخلفي التزايدي Back Propagation Online Algorithm كما تم تثبيت نسبة التعلم عند Learning Rate = 0.6 وثابت الزخم عند Momentum Constant= 0.9 وعدد التكرارات = 2000. وقد كانت نتائج عملية التدريب كما يلي:

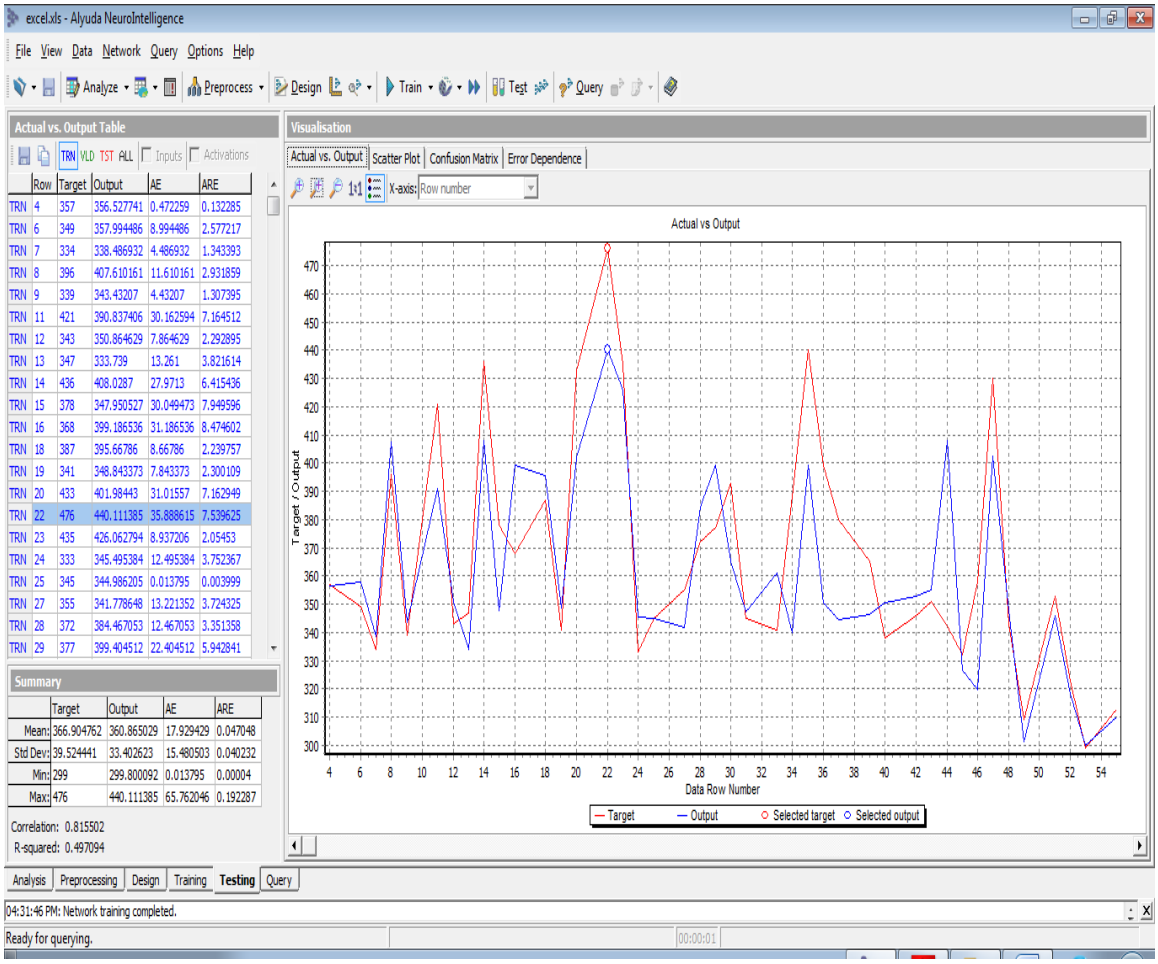
الشكل (2–2) : نتائج عملية التدريب



من الشكل (٢–٢) يتضح بأن مجموعة التأكيد سلكت نفس سلوك مجموعة التدريب وأن الخطأ المطلق لمجموعة التدريب كان الأقل حيث بلغ ١٧.٩٢ ، بينما الخطأ المطلق لمجموعة التأكيد بلغ ٣٩.٢١. أما شكل منحني الخطأ المطلق للشبكة فأنه يأخذ بالتناقص مع زيادة عدد مرات التكرار. كما يتبين من النتائج الواردة في الشكل السابق أن أفضل شبكة تحددت عند عدد التكرارات يساوي ٢٠٠٠ ، وأن أخطاء الشبكة وتوزيعها يتناقص مع زيادة عدد التكرارات إلى أن تثبت بعد عدد التكرارات يساوي ٢٠٠٠ ، حيث بلغ خطأ الشبكة ٠.٠٠٩ وهذا دليل أن الشبكة تدربت بشكل جيد ووصلت إلى مستوى مقبول إحصائياً.

٢–٦ **مرحلة الاختبار:** نتائج عملية اختبار صلاحية الشبكة موضحة كما يلي في الشكل (٢–٣):

الشكل (٢-٣) : نتائج عملية الاختبار



نلاحظ من الشكل (٢-٣) أعلاه أن القيم التنبؤية (المخرجات) باللون الأزرق تحاكي القيم الأصلية (باللون الأحمر) بنسبة تزيد عن ٨١ % خلال فترة الدراسة، إذ إن تطابق المنحنيين في أغلب فترات الدراسة خير دليل على ذلك، ومنه يمكن اعتماد الشبكة الناتجة للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية. وللتأكد من ذلك نقوم باختبار t لعينتين مرتبطتين على بيانات استهلاك الكهرباء الفعلية والمقدرة من الشبكة السابقة، وبإدخالها لبرنامج SPSS 23 نحصل على الجدول (٢-٢):

جدول(٢-٢): اختبار t لعينتين مرتبطتين

	Paired Differences					T	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 الفعلية – المقدرة	3.381	21.807	4.759	-6.545-	13.307	.710	٦٥	.486

المصدر: من إعداد الباحث بناء على مخرجات برنامج SPSS 23.

من الجدول (٢-٢) نجد أن مستوى الدلالة الإحصائية ٠.٤٨٦ = .Sig وهو أكبر من ٠.٠٥ ، لذلك نقبل الفرضية الرئيسية الثانية التي تنص بأنه لا يوجد فروق ذو دلالة إحصائية بين القيم الحقيقية والمقدرة لاستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية.

٢-٧ مرحلة التنبؤ

يوضح الجدول رقم (٢-٣) القيم المقدرة (المتنبأ بها) لكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة باستخدام نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية [1-8-3] المقترح للفترة القادمة كما يلي:

جدول(٢-٣): التنبؤ بكمية الطاقة الكهربائية المستهلكة في محافظة اللاذقية باستخدام نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية

العام	الدورة	كمية الطاقة الكهربائية المقدرة (غيغا واط ساعي)	العام	الدورة	كمية الطاقة الكهربائية المقدرة (غيغا واط ساعي)
٢٠١٩	الأولى	٣٥٢	٢٠٢١	الأولى	٣٥٤
	الثانية	٣٢١		الثانية	٣٧٠
	الثالثة	٤٠٦		الثالثة	٣٥٣
	الرابعة	٣٤٩		الرابعة	٣٦٦
	الخامسة	٣٤٤		الخامسة	٣٥٥
	السادسة	٤٠٧		السادسة	٣٦٦
٢٠٢٠	الأولى	٣٤٨	٢٠٢٢	الأولى	٣٥٤
	الثانية	٣٨٨		الثانية	٣٦٤
	الثالثة	٣٨٩		الثالثة	٣٦٥
	الرابعة	٣٦٤		الرابعة	٣٥٦
	الخامسة	٣٥١		الخامسة	٣٦٣
	السادسة	٣٦٨		السادسة	٣٥٥

المصدر: من إعداد الباحث بناء على مخرجات برنامج Alyuda NeuroIntelligence.

نلاحظ من الجدول رقم (٢-٣) أن استهلاك الطاقة الكهربائية سينخفض خلال الأعوام القادمة، فمن المتوقع أن يبلغ في شهري تشرين الثاني وكانون الأول لعام ٢٠٢٠ مقدار ٣٦٨ غيغا واط، وسينخفض الاستهلاك لنفس الشهرين لعام ٢٠٢١ إلى ٣٦٦ غيغا واط، ومن المتوقع أن يبلغ لنفس الفترة الزمنية لعام ٢٠٢٢ مقدار ٣٥٥ غيغا واط. كذلك سينخفض الاستهلاك في الفترة الزمنية لشهري تموز وآب للأعوام القادمة حيث سيبلغ ٣٥٦ غيغا واط لعام ٢٠٢٢، بينما سيشهد استقرار في الاستهلاك للفترة الزمنية لشهري كانون الثاني وشباط حيث سيبلغ ٣٥٤ غيغا واط لعام ٢٠٢٢. وسينخفض الاستهلاك في الفترة الزمنية لشهري آذار ونيسان حيث سيبلغ ٣٦٤ غيغا واط ساعي لعام ٢٠٢٢.

٢-٧ الاستنتاجات والتوصيات

٢-٧-١ الاستنتاجات

كانت أهم النتائج التي توصلنا إليها:

١ – إن الشبكة الأفضل من بين الشبكات العصبية الاصطناعية المقترحة للتنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية هي MLP(3-8-1) ، وهي مؤلفة من ثلاثة عصبونات في طبقة المدخلات، وثمانية عصبونات في الطبقة الخفية وعصبون واحد في طبقة المخرجات. حيث حصلت هذه الشبكة على أعلى قيمة لمعامل التحديد ٠.٨١ وأقل قيمة لخطأ الشبكة ٠.٠٠٠٩.

٢ – لا يوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين القيم الفعلية والمقدرة لاستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية.

٣ – يمكن من خلال هذه الشبكة المقترحة التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية في محافظة اللاذقية للأعوام القادمة، حيث تم التنبؤ حتى عام ٢٠٢٢، وأظهرت نتائج التنبؤ انخفاض في استهلاك الطاقة الكهربائية.

٢-٧-٢ التوصيات:

١ – يجب الأخذ بوسائل التنبؤ الحديثة لتحليل السلاسل الزمنية ولا سيما الشبكات العصبية الاصطناعية لما تمتاز به من دقة في النتائج.

٢ – استخدام النموذج الذي تم التوصل إليه للتنبؤ باستهلاك الكهرباء من قبل الجهات المعنية.

٣ – البحث عن طرائق إحصائية أخرى في تحليل السلاسل الزمنية مثل المنطق المضبب، والتحليل الطيفي ومقارنتها مع نماذج الشبكات العصبية في الدراسات المستقبلية.

المراجع

باللغة العربية

– أدم، الطاهر، ٢٠١٥ ، *تصنيف وتحليل فئات الدخل في السودان باستخدام الدالة التمييزية مقارنة بنماذج الشبكات العصبية في الفترة من ١٩٩٠-٢٠١٣* . أطروحة دكتوراه، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، السودان، عدد الصفحات ١٨٠.

– بوعروري، فاطمة، ٢٠١٩، *مساهمة الشبكات العصبونية الاصطناعية في التنبؤ بحجم المبيعات لدعم صنع القرارات الإدارية في المؤسسات الاقتصادية:دراسة لبعض المؤسسات الجزائرية*. أطروحة دكتوراه، جامعة سطيف، الجزائر، عدد الصفحات ٢٤٧.

– الحلبي، محمد، الخياط، محمد، ٢٠٠٩ ، *سياسات الطاقة المتجددة إقليمياً وعالمياً* . دار دمشق للطباعة والصحافة والنشر، دمشق، سورية.

– الخياط، باسل، زكي، عزة، ٢٠٠٥، *استخدام الشبكات العصبية الاصطناعية في التكهن بالسلسلة الزمنية لاستهلاك الطاقة الكهربائية في مدينة الموصل. المجلة العراقية للعلوم الإحصائية*، العدد ٨ ، ص ١٠٩ – ١٤٧.

– زريفة، بديع، ٢٠٠٩، *استخدام الشبكة العصبونية للتنبؤ بمقدار الطلب على الطاقة الكهربائية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية*، المجلد ٢٥ – العدد ٢ ، ص ١٧٩– ٢٠١.

– العباسي، عبد الحميد، ٢٠١٣، *مقدمة في الشبكات العصبية الاصطناعية وتطبيقاتها في العلوم الاجتماعية SPSS* . معهد الدراسات والبحوث الإحصائية، جامعة القاهرة، عدد الصفحات ١١١ .

– مسمار، أمير، ٢٠١٦، *دراسة مقارنة بين الشبكات العصبية الاصطناعية ومنهجية بوكس – جينكز في التنبؤ باستهلاك الطاقة الكهربائية – ولاية الخرطوم*. أطروحة دكتوراه، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، السودان، عدد الصفحات ١٩٠.

– نادر، عروة، ٢٠١٤ ، *استخدام الشبكات العصبونية للتنبؤ في الأسواق المالية، تطبيق لتوقّع تغيّرات قيم الأسهم في سوق دمشق للأوراق المالية*. رسالة ماجستير، المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجيا، سورية، عدد الصفحات ٩٦.

باللغة الأجنبية

- *CHATFILD,C; FARAWAY,* J,*1998, Time Series Forecasting with Neural Network: A Comparative Study Using the Airline Data*. Applied Statistics, Vol. (47), Part (2), p.p. 231-250.

- *HAMEDMOGHADAM, H; JOORABLOO, N; JALILI, M,* 2014, *Australia's long-term electricity demand forecasting using deep neural networks*. *RMIT University*, Melbourne, Australia.

- *SCHMIDHUBER,* J, 2015, *Deep learning in neural networks: An overview*. *Neural Networks*, vol. 61, pp. 85-117.

- *SINHA, H*, 2005, *Designing a Neural Network for forecasting financial and Economic time Series*. June 4th, *INDIA*.

- *YIM, J*, 2002, *A comparison of neural networks with time series models for forecasting returns on a stock market*. School of Economics and Finance , *ISSN 1038*-7448, working paper ,No. 07.