

## التنبؤ بالانحراف المعياري المثالي للسجائر في المؤسسة العامة للتبغ باستخدام الشبكات العصبية

د. حاتم محمودي \*

د. أيمن يوسف \*\*

م. تركان حمزه \*\*\*

(تاريخ الإيداع 2022/ 6/23 . قبل للنشر في 2022/9/ 11 )

### □ ملخص □

يهدف البحث إلى التنبؤ بالانحراف المعياري المثالي للجودة والذي يعتبر عامل مهم لمراقبة جودة السجائر القديمة الطويلة وحساب الحد الأدنى والحد الأقصى للقيمة التي يجب أن تقع ضمنها بعض مواصفات المنتج عن طريق استخدام الشبكات العصبية Neural Network، والتي تعتبر أهم تقنيات الذكاء الصناعي ولها القدرة على إنتاج تنبؤات مقبولة ودقيقة في الحالات التي فيها علاقة معقدة بين المدخلات والمخرجات، حيث تم الاعتماد على برنامج MatLab لبناء شبكة عصبية عن طريق تدريب شبكة تغذية أمامية حسب خوارزمية Backpropagation من خلال قياس الانحراف المعياري للبارامترات الثلاثة (الوزن - القطر - مقاومة السحب ) لعدد من العينات وتصنيفها كأشعة دخل وتصنيف الانحراف المعياري المثالي كأشعة خرج حتى الوصول إلى الخرج المطلوب، وأثبتت النتائج نجاح الشبكات العصبية في دقة التنبؤ بالانحراف المعياري المثالي للسجائر .

**الكلمات المفتاحية:** الشبكات العصبية، برنامج MatLab، الذكاء الصناعي، الانحراف المعياري، شبكات التغذية الأمامية، جودة المنتجات.

\* أستاذ مساعد - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين .

\*\* أستاذ مساعد - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين .

\*\*\* طالبة دراسات عليا (دكتوراه) - قسم هندسة التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين .

## Prediction of the ideal standard deviation of cigarettes in the General Tobacco Corporation using neural networks

Dr. Hatem Mahmoudi \*

Dr. Ayman Yousef \*\*

Turkan Hamzah \*\*\*

(Received 23/6/ 2022 . Accepted 11/9/ 2022)

### □ ABSTRACT

The research aims to predict the ideal standard deviation of quality, which is used an important factor for controlling the quality of long old cigarettes and calculating the minimum and maximum value within which some specifications must fall by using neural networks, which is considered the most important artificial intelligence techniques and has the ability to produce predictions acceptable and accurate cases in which there is a complex relationship between input and output, where the Matlab program was relied on a neural network by training a feed-forward network according to the backpropagation algorithm by measuring the standard deviation of the three parameters (weight-diameter-pull resistance) for a number of samples and categorized as input rays and classification of the ideal standard deviation as output rays until reaching the desired output, And the results proved the success of neural networks in predicting the accuracy of the ideal standard deviation of cigarettes .

**Key words:** Artificial Neural Network, Matlab Program, Artificial intelligence , feed-forward network, Standard deviation, Product quality.

---

\* Associate Professor – Faculty Of Mechanical & Electrical Engineering – Tishreen University .

\*\* Associate Professor – Faculty Of Mechanical & Electrical Engineering – Tishreen University .

\*\*\* Postgraduate student (phD)- Faculty Of Mechanical & Electrical Engineering— Tishreen University .

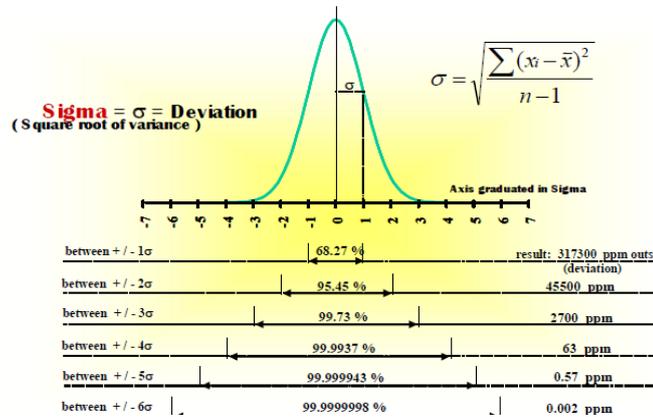
## مقدمة Introduction:

إن العامل الرئيسي لنجاح أي منشأة هو جودة منتجاتها التي ستعكس على رضا المستهلكين، لأن الجودة الرديئة سوف تؤدي إلى تحمل المنشأة تكاليف إضافية لتحسين جودة المنتجات لذلك يجب التركيز على تحسين جودة المنتجات والتي تؤدي لإنتاج منتجات خالية من العيوب من خلال الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة والتنبؤ بالانحراف المعياري المثالي، والتي تعد إحدى أهم الوسائل الإحصائية التي تقيس تشتت مجموعة البيانات نسبة إلى متوسطها ويستخدم الانحراف المعياري لمراقبة جودة المنتجات من أجل تقديم المنتجات بأكمل صورة بحيث يكون المنتج بجودة عالية ويتم إنتاجه بأقل تكلفة ممكنة وبأقل زمن ممكن ويحقق رضا المستهلك.

لذلك تسعى إدارة المنشآت الصناعية على استخدام تقنيات حديثة، ومن أحدث هذه التقنيات هي تقنيات الذكاء الصناعي التي أصبحت اليوم مفهوماً متداولاً جداً وقد دخلت في جميع المجالات العلمية التقنية وحتى العلوم الإنسانية، وأصبح من الطبيعي اقتناء أجهزة ذكية والتعامل مع برامج معلوماتية ذكية، والذكاء الصناعي علم يتضمن مجموعة أساليب وطرق جديدة في برمجة أنظمة الحاسب، ويتضمن فروعاً عديدة من أهمها: النظم الخبيرة Expert Systems، والتقيب في البيانات Data Mining، والخوارزميات الجينية، والشبكات العصبية.

## مفهوم الانحراف المعياري Standard Deviation:

يعرف من الوجهة الإحصائية بستة سيجما ( $6\sigma$ ) وهو رمز يوناني يدل على الانحراف المعياري لقياس الإختلاف أو الانحراف عن المتوسط الحسابي باستخدام منحنى التوزيع الطبيعي والذي يسمح فقط بعدد من الأخطاء لايزيد عن 3.4 وحدات من المليون، أي أن نسبة كفاءة وفاعلية العمليات هي 99.999 بالمئة، حيث تعبر قيمة سيجما عن مدى الجودة في أداء العمليات، وهذا المقياس الإحصائي مرتبط بقدرة العمليات على تقليل العيوب في الوحدات المنتجة أو الخدمة المقدمة للعملاء في كل مليون فرصة لإنتاج وحدة أو تقديم خدمة، وبالتالي فإن منهجية ستة سيجما تعد في أساسه طريقة إحصائية متكاملة تستخدم جملة من الأساليب يمكن تطبيقها في تحسين الأداء مما يتيح الاكتشاف المبكر للأخطاء والتصحيح المبكر لها وبالتالي التخفيض الهائل في التكاليف مع التحكم في المواصفات والتي ترفع من مستوى رضا العميل الذي يتوالى معه نمواً في إيراداتها وتأميناً لبقائها واستمرارها في السوق. ويبين الشكل(1) منحنى التوزيع الطبيعي:



الشكل (1) ستة سيجما وتدرجاتها على منحنى التوزيع الطبيعي

## مفهوم الشبكات العصبية Neural Network :

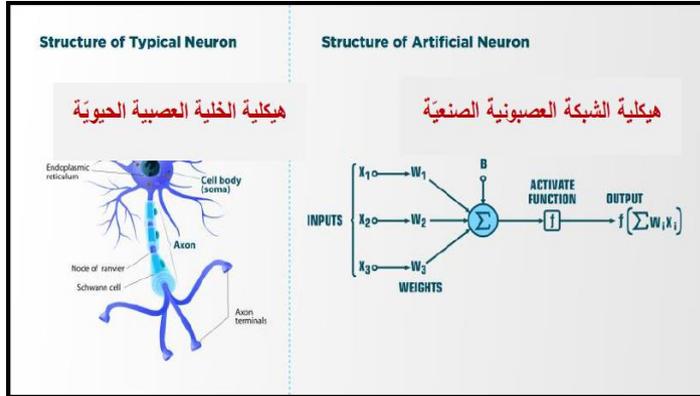
وهي من أهم أقسام الذكاء الصناعي وتعرف بأنها عبارة عن نظام لمعالجة المعلومات بشكل يشابه ويحاكي طريقة عمل الجملة العصبية البيولوجية للإنسان، لأنها تتصف بنفس خصائصها التي تعتمد على فكرة تخزين المعلومات وتعلمها، والاستفادة منها لاحقاً.

يمكن للشبكات العصبونية أن تتيح لنفسها تعلم الحالة غير الخطية أو أن تتيح لنفسها تعلم السلوك الديناميكي من خلال المعطيات المقاسة، وترتبط الخلية العصبية المتكونة من مجموعة من العصبونات مع بعضها بواسطة ارتباطات موزونة، إذ أن كل عصبون هو عبارة عن عنصر معالجة يؤدي وظيفة ما، وينتج وحدة إخراج واحدة، ويوضح الجدول (1) مقارنة بين مكونات الخلية العصبية الحيوية ومكونات الخلية العصبونية الصناعية.

جدول (1) مقارنة بين هيكلية الخلية العصبونية الحيوية والشبكة العصبونية الصناعية

الخلية العصبونية الصناعية	الخلية العصبية الحيوية
طبقة المدخلات (input layer)	العقد العصبية (Synapses)
الارتباطات الوزنية (Weight Connections)	الألياف العصبية للمدخل (Dendrites)
تجميع المدخلات الموزونة وتفعيلها (summation and activation zone)	جسم الخلية (soma)
طبقة المخرجات (Output layer)	الليف العصبي للمخرج أو المحور (Axon)

ويبين الشكل (2) مقارنة بين هيكلية الخلية العصبونية الحيوية والشبكة العصبونية الصناعية.



الشكل (2) مقارنة بين هيكلية الخلية العصبونية الحيوية والصناعية

وتتكون الشبكة العصبية الصناعية كما هو مبين في الشكل (2) من مدخلات تتمثل في وحدات المعالجة التي تتم فيها العمليات الحسابية، فوحدات الإدخال تسمى طبقة المدخلات ووحدات المعالجة تكون طبقة المعالجة التي تقوم بإخراج نتائج الشبكة تدعى طبقة المخرجات، وبين كل طبقة من هذه الطبقات هنالك طبقة من الوصلات البينية تربط كل طبقة بالطبقة التي تليها والتي يتم فيها ضبط الأوزان الخاصة بكل وصلة بينية وهذه الأوزان تمثل المعلومات التي ستبدأ بها الشبكة بحل المشكلة، ويقوم العصبون بضرب كل قيمة دخل واردة من عصبونات الطبقة السابقة بأوزان الاتصال مع هذه العصبونات ومن ثم جمع نواتج الضرب جميعاً ثم إخضاع النتيجة لتابع تحويل ليقوم بمعالجتها وإعطاء قيمة خرج، وترتبط العصبونات أحياناً بدخل ثابت يدخل في كل عملية معالجة ولا علاقة له بمدخلات الشبكة يدعى الانحياز.

## الدراسة المرجعية Literature Review:

نظراً لأهمية إتباع الأساليب العلمية الحديثة في إدارة عمليات الصيانة للحفاظ على استمرارية العمل كأحد التطورات الهامة في مفاهيم الإدارة الحديثة التي تترك تماماً أن نجاح المؤسسات الإنتاجية مرهون بتحقيق أهدافها من تطوير وتحسين الإنتاج، ونظراً للحاجة المستمرة للأساليب العلمية الحديثة أدت إلى سعي حثيث ودراسات مكثفة للعمل على اقتراح منهجيات جديدة وحلول علمية وبكلفة اقتصادية مناسبة.

وفي بحث قام به العالم Denis Borg [1] بتطوير أداة تحليل تعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية لاكتشاف مشاكل قياس المستوى مع رادارات انتشار الموجة، وتزايد اتجاه استخدام هذا النوع من الرادار بسبب سهولة تركيبه على قمة الخزانات وللحفاظ على معدل منخفض مقارنة بتقنيات قياس المستوى الأخرى، تم تدريب الشبكة العصبية على البيانات الواردة من برنامج Radar Master، وبعد استخدام شبكة عصبية وباستخدام 10 و20 و50 عصبونات وباستخدام السعة والمسافة والوقت كمدخلات لتحسين مستوى موثوقية القياس، كان أداء الشبكة 94.4% إلى 100% في الكشف عن بعض التطبيقات الصعبة الرئيسية لاستخدام الرادار.

وفي دراسة قام بها العالم Bin Zhao [2] ببناء نموذج لتقييم مخاطر الصيانة لوحدة المصفاة عن طريق بناء شبكة عصبية وتدريبها ومحاكاتها من خلال تحليل بيانات الاستبيان. وتم التوصل إلى نموذج ذو دقة عالية لتقييم المخاطر، ويتم التحكم بمخاطر المصفاة بناء على DSCNN IFA و CNN-FA و DSCNN-IFA.

كما قام العالم Yarens J.Cruz [3] بتطبيق خوارزمية تطويرية لتصنيف صور اللحام الصناعي للكشف عن عدم محاذاة الصفائح المعدنية التي سيتم ربطها من خلال عملية اللحام بالقوس المغمر من خلال إجراء عملية بحث فعالة باستخدام خمس شبكات عصبية ملتفة للحصول على الهدف المطلوب، وأظهرت النتائج تفوق الخوارزمية المستخدمة في الأداء على سبع استراتيجيات أخرى تم أخذها بعين الاعتبار عند المقارنة مع الحفاظ على تكلفة حسابية مناسبة.

وقام العالم BO LI [4] بدراسة منهجية قائمة على الشبكات العصبية لتحسين دقة تحديد مواقع الروبوتات من خلال النمذجة للتنبؤ بأخطاء الروبوت في تحديد النقاط المستهدفة في مساحة عمل الروبوت، حيث يتم استخدام الروبوتات الصناعية بشكل متزايد في صناعة السيارات والطائرات والآلات والكهرباء والالكترون والبلاستيك والاذنية نظراً لكفاءته ومرونته العالية.

وأظهرت النتائج التجريبية وبعد تنفيذ سلسلة من التجارب للروبوت الصناعي KUKA KR 500\_3 للتحقق من صحة الطريقة المقترحة أن أخطاء تحديد الموقع انخفضت من 1.529mm إلى 0.344mm وهذا يعني زيادة دقة الروبوت للتنبؤ بالموقع بنسبة 87.6%.

وتبين الدراسة التي قام بها العالم Lemuel clark p. Velasco [5] بتحليل أداء نماذج الشبكة العصبية الاصطناعية للتنبؤ بالحمل الكهربائي في المستقبل، وتم إجراء هذه الدراسة من خلال إعداد البيانات التي حولت سجلات الحمل الكهربائي لمنطقة جغرافية معينة تخدمها إحدى مرافق الطاقة إلى أشكال مناسبة أدت إلى مجموعة بيانات مقسمة وممثلة وموحدة لعمليات تدريب واختبار الشبكات العصبية، وبعد تقييم حوالي 36 نموذجاً من نماذج الشبكات العصبية التي تحتوي على 9 عصبونات إدخال وخرج واحد من الخلايا العصبية، تم التوصل إلى أن نماذج

الشبكات العصبية أظهرت تنبؤاً جيداً من حيث نسبة الخطأ المطلق مع خوارزمية الانتشار الخلفي، وتمكنت الشبكات العصبية التنبؤ الدقيق للنتائج التي يمكن لشركات الطاقة استخدامها بشكل فعال للإدارة المثلى للموارد.

### مشكلة البحث Research Problem:

من خلال الزيارات الميدانية المتعددة للمؤسسة العامة للتبغ، والاطلاع على قراءات السجائر من خلال قياس البارامترات الثلاثة (الوزن - القطر - مقاومة السحب) تم ملاحظة انحراف لبعض القيم عن المواصفة القياسية المتبعة في المعمل والتي من شأنها تخفيض جودة السجائر، ولذلك كان لابد من تحسين الانحراف المعياري للسجائر عن طريق استخدام تقنية الشبكات العصبية للتنبؤ بالانحراف المعياري المثالي للحصول على المنتج النهائي بأقل التكاليف وبأقل زمن ممكن وبجودة عالية.

### أهمية البحث :

يلعب الذكاء الصناعي دوراً بالغ الأهمية في خدمة العملاء من خلال تطبيقاته الذكية، فقد استخدمت تطبيقاته في العديد من المجالات المختلفة وحل المشاكل واتخاذ القرارات المختلفة، ومن أهم فروع الشبكات العصبية والتي لها قدرة تنبؤية عالية مقارنة بالطرق الأخرى. وتتلجى أهمية البحث في النقاط الآتية:

1. بيان وتوضيح كيفية استخدام الشبكات العصبية وبالأخص شبكات التغذية الأمامية لضمان جودة المنتجات.
2. إبراز أهمية الشبكات العصبية في التنبؤ المبكر للانحراف المعياري المثالي لتحسين جودة المنتجات، وبالتالي تخفيض تكاليف ضمان الجودة وتحقيق أرباح عالية.

### هدف البحث:

هدف البحث هو تطبيق تقنية الشبكات العصبية في المؤسسة العامة للتبغ باستخدام نماذج رياضية أو خوارزميات من خلال بناء نموذج للتنبؤ بالانحراف المعياري المثالي عن طريق أخذ قراءات للسجائر (الوزن - القطر - مقاومة السحب) لمدة 17 شهراً باستخدام نموذج قائم على شبكات التغذية الأمامية مع خوارزمية الانتشار العكسي.

### طرائق البحث ومواده:

#### 1. برنامج الماتلاب MATLAB:

يعتبر الماتلاب MATLAB أحد أهم البرامج التي تنتج بيئة برمجية عالية المستوى بالإضافة لبيئة محاكاة للأنظمة الهندسية المختلفة، وقد تم مؤخراً تطوير عدد كبير من الأدوات في هذا البرنامج، ويعتبر هذا البرنامج أيضاً أحد أهم المقومات الأساسية للدراسة الأكاديمية والبحث العلمي، وقد تم اعتماده ليدرس كمادة أساسية لبناء التفكير البرمجي السليم للمهندس في كثير من الجامعات.

#### 2. تقنية الشبكات العصبية:

هي خوارزميات أو نماذج رياضية لمعالجة المعلومات بالطريقة التي يؤدي فيها الدماغ البشري مهمة معينة، ويتم التدريب بواسطة خوارزميات متخصصة تدعى خوارزميات التدريب، والتي تتولى تعديل أوزان الشبكة لتحسين أدائها ولتقليل الخطأ فيها استناداً إلى مقياس معلوم للوصول إلى تحديد قيم عددية لأوزان الشبكة والتي يمكن من خلالها تحقيق نتيجة مقارنة النتائج المطلوبة.

### القسم التجريبي:

تعتبر المؤسسة العامة للتبغ من المؤسسات المهمة اقتصادياً، وهي المؤسسة الوحيدة والحصريّة المتخصصة في زراعة التبغ وتصنيعه وتجارته في الأراضي السورية، وتعود تاريخ زراعة التبغ واستخدامه في سوريا إلى نحو 430 عاماً، حيث تقوم المؤسسة بإنتاج السجائر الطويلة القديمة بالموصفات القياسية، وتحتوي المؤسسة على 6 آلات قديمة لإنتاج السجائر الطويلة القديمة، وللتبؤ بالانحراف المعياري المثالي تم أخذ قراءات السجائر لخمسين عينة شهرياً للبارامترات الثلاثة (الوزن - القطر - مقاومة السحب) من الآلات القديمة لمدة 17 شهراً من خلال أجهزة القياس، عن طريق الاعتماد على برنامج MatLab لبناء شبكة عصبية من خلال تدريب شبكة تغذية أمامية حسب خوارزمية Backpropagation وحساب الانحراف المعياري للعينات وتصنيفها كأشعة دخل وتصنيف الانحراف المعياري المثالي كأشعة خرج حتى الوصول إلى الخرج المطلوب.

#### ✓ الموصفات الخاصة بالمؤسسة العامة للتبغ للسجائر الطويلة:

تختص هذه الموصفات بالسجائر المحضرة من التبغ المحلية، وتشمل المتطلبات الواجب توافرها في التبغ المعد لتصنيع السجائر، والمواد المضافة، والموصفات كآلاتي:

- ❖ يجب أن تكون مقاومة السحب للسجائر المنتجة على الآلات القديمة 97-89 (المثلي 93) مل/ثا.
- ❖ يجب أن تكون السجائر مستديرة المقطع، وذات قطر 8-8.05 mm (القطر الأمثل 8,03) للسجائر المنتجة على الآلات القديمة.
- ❖ يجب أن تكون وزن السجائر الإجمالي للسجائر المنتجة على الآلات القديمة -1.19 1.30g الوزن الأمثل 1.22g.

#### ✓ بناء النموذج التنبؤي باستخدام الشبكات العصبية:

لبناء النموذج التنبؤي لقراءات السجائر في المؤسسة العامة للتبغ، وباستخدام الشبكات العصبية الصناعية في برنامج MATLAB، وبعد أن تم تفريغ بيانات قراءات السجائر للبارامترات الثلاثة لمدة 17 شهراً ضمن بيئة برمجية في برنامج Microsoft Excel، حيث تم بناء ثلاث شبكات عصبية كل شبكة خاصة بأحد البارامترات الثلاثة (الوزن، القطر، مقاومة السحب) مدخلها ومخرجها هو الانحراف المعياري لهذا البارامتر، حيث يبين الجدول (2) قيم قراءات السجائر للشهر الثاني من عام 2021 والقيم المثالية للبارامترات وهكذا بقية الشهور، حيث يبين عمود الوزن عن الوزن المأخوذ من قراءات بعض عينات من السجائر والقيم باللون الأسود العريض خارج مجال الموصافة القياسية للوزن (1.19-1.30g) بينما عمود الوزن المثالي تم استنتاجه بتقريب القيمة الأصغر من 1.19g إلى القيمة 1.19g والقيمة الأكبر من 1.30g إلى القيمة 1.30g والهدف من التقريب هو الحصول على الوزن المثالي للسجائر بحيث

تكون جميعها ضمن المواصفة القياسية لتتم عملية المقارنة. ونفس الحالة بنفس للقطر ومقاومة السحب. كما هو موضح في الجدول (2).

جدول (2) قراءات السجائر الطويلة القديمة للشهر الثاني من عام 2021

رقم العينة	وزن عينات من السجائر g	الوزن المثالي g	قطر عينات من السجائر mm	القطر المثالي mm	مقاومة السحب من السجائر mm/s	مقاومة السحب المثالي mm/s
1	1.23	1.23	7.97	8	103	97
2	1.31	1.30	8.01	8.01	114	97
3	1.2	1.2	8.01	8.01	95	95
4	1.22	1.22	7.97	8	101	97
5	1.17	1.19	8.02	8.02	95	95
6	1.2	1.2	8.03	8.03	112	97
7	1.18	1.19	7.95	8	98	97
8	1.19	1.19	7.99	8	100	97
9	1.24	1.24	8.02	8.02	101	97
10	1.17	1.19	7.95	8	97	97
11	1.24	1.24	7.99	8	101	97
12	1.17	1.19	8.02	8.02	96	96
13	1.24	1.24	7.95	8	106	97
14	1.16	1.19	7.95	8	91	91
15	1.25	1.25	7.97	8	107	97
16	1.25	1.25	7.95	8	126	97
17	1.27	1.27	7.98	8	106	97
18	1.17	1.19	7.99	8	90	90
19	1.35	1.3	8.01	8.01	128	97
20	1.18	1.19	8.05	8.05	92	92
21	1.25	1.25	7.97	8	111	97
22	1.29	1.29	8.03	8.03	115	97
23	1.26	1.26	7.97	8	107	97
24	1.13	1.19	7.98	8	85	89
25	1.25	1.25	8.01	8.01	128	97
26	1.26	1.26	8.04	8.04	106	97
27	1.14	1.19	8	8	95	95
28	1.21	1.21	7.96	8	103	97
29	1.29	1.29	8	8	119	97
30	1.26	1.26	8.03	8.03	111	97
31	1.20	1.20	7.98	8	99	97
32	1.25	1.25	7.98	8	113	97
33	1.19	1.19	7.93	8	97	97
34	1.28	1.28	8	8	110	97
35	1.26	1.26	8.04	8.04	107	97
36	1.24	1.24	8.04	8.04	111	97
37	1.24	1.24	8.03	8.03	105	97
38	1.28	1.28	8.02	8.02	117	97
39	1.33	1.30	7.98	8	103	97
40	1.32	1.30	8.11	8	121	97
41	1.30	1.30	8.07	8.05	125	97
42	1.24	1.24	8.02	8.02	118	97

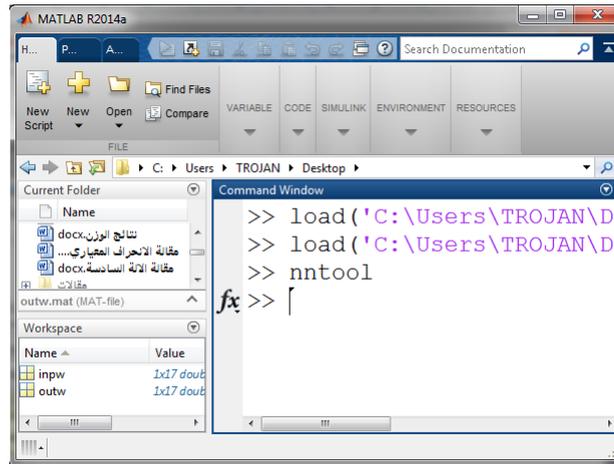
97	<b>98</b>	8	<b>7.96</b>	1.19	<b>1.18</b>	43
89	<b>88</b>	8	<b>7.96</b>	1.19	<b>1.16</b>	44
94	94	8	<b>7.95</b>	<b>1.19</b>	<b>1.12</b>	45
97	<b>109</b>	8	<b>7.97</b>	1.28	1.28	46
97	<b>110</b>	8.01	8.01	1.28	1.28	47
97	<b>107</b>	8	<b>7.95</b>	1.30	1.30	48
97	<b>118</b>	8.02	8.02	1.23	1.23	49
97	104	8.01	8.01	1.22	1.22	50
<b>2.12237</b>	<b>10.50949</b>	<b>0.01491</b> <b>3</b>	<b>0.0357201</b>	<b>0.04018</b>	<b>0.05419</b>	الانحراف المعياري

ولبناء الشبكة العصبية باستخدام برنامج الماتلاب MATLAB واجهة nntool وتدريبها، نقوم بتحديد شعاعي الدخل والخرج كمصفوفات في الاكسل لكل من الوزن والقطر ومقاومة السحب كما في الجدول (3).

جدول (3) شعاعي الدخل والخرج

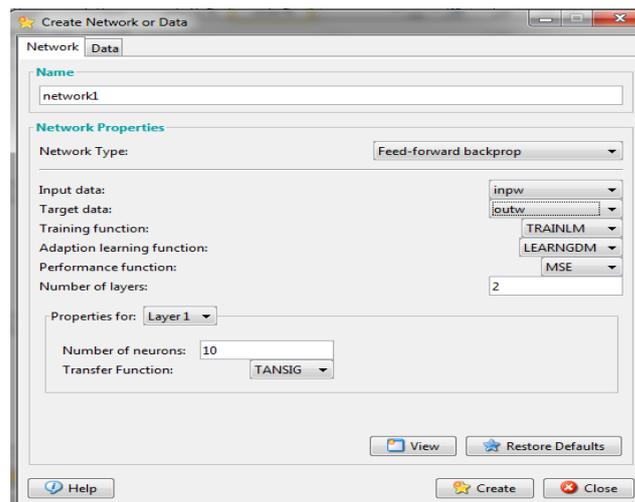
الانحراف المثالي للسحب (خرج)	الانحراف المعياري للسحب (دخول)	الانحراف المثالي للقطر (خرج)	الانحراف المعياري للقطر (دخول)	الانحراف المثالي للوزن (خرج)	الانحراف المعياري للوزن (دخول)	الشهور
2.4244	4.8388	0.0014	0.024	0.0189	0.0218	8 الشهر
1.0926	2.5359	0.0107	0.0589	0.0171	0.0307	9 الشهر
2.8041	5.2627	0.0083	0.0449	0.0101	0.033	10 الشهر
2.8041	15.607	0.025	0.1165	0.002	0.0447	11 الشهر
1.5066	14.225	0.0123	0.036	0.0388	0.0427	12 الشهر
1.5354	11.133	0.0173	0.0173	0.0352	0.0394	1 الشهر
2.1224	10.509	0.0149	0.0357	0.0402	0.542	2 الشهر
1.1995	19.438	0.0247	0.086	0.0207	0.0453	3 الشهر
1.8432	23.202	0.0071	0.0532	0.0463	0.0793	4 الشهر
1.3202	11.544	0.0103	0.0537	0.0187	0.0628	5 الشهر
2.2131	8.2994	0.0128	0.0421	0.0209	0.0583	6 الشهر
3.3173	12.922	0.0244	0.262	0.012	0.0608	7 الشهر
2.9488	16.614	0.0174	0.0589	0.0294	0.0534	8 الشهر
1.7747	12.101	0.0205	0.0738	0.0321	0.0652	9 الشهر
1.6308	14.33	0.0232	0.0793	0.0287	0.0715	10 الشهر
1.4061	17.195	0.0221	0.0764	0.0427	0.0792	11 الشهر
3.5698	13.336	0.0239	0.2251	0.009	0.0754	12 الشهر

وبعد اجراء عدد كبير جداً من التجارب على شبكات عصبية ذات بنى مختلفة، من خلال التغيير في عدد العصبونات وتوابع التفعيل المستخدمة في الطبقات، علماً أن عدد العصبونات اللازمة لتدريب الشبكة، يعتبر الجملة الأصعب في التدريب والبناء، بسبب عدم وجود طريقة عامة لإيجادها، لذا فإن هيكليّة نماذج الشبكات العصبية يتم استقرارها بعد عملية التجربة، وبعد مراقبة أداء الشبكة، ومن خلال مقارنة قيم متوسط مربعات الأخطاء (mse) (squared error) ومعامل الارتباط R لكل نموذج، تم الاعتماد على نموذج الشبكات العصبونية الصناعية من خلال واجهة nntool مع خوارزمية Backpropagation وخوارزمية (Levenberg-Murquardt) LM، حيث استخدمت قراءات 17 شهراً والتي تم تقسيمها في ثلاث مجموعات (11 شهراً لتدريب الشبكة و3 شهور للتحقق من نتائجها، و3 شهور لاختبارها)، نقوم بإدخال شعاعي الدخل والخرج إلى الماتلاب. كما هو موضح في الشكل (3):



الشكل (3) شعاعي الدخل والخرج في workspace

ويتم تحديد خصائص الشبكة العصبية بما فيها نوع الشبكة (Feed-Forward backprop) وبيانات الدخل input والخرج output وتابع التدريب والتعلم وتابع الأداء وعدد الطبقات، مع تحديد عدد العصبونات في كل طبقة وتحديد تابع التنشيط لكل طبقة ومن ثم الضغط على الزر Create لإنشاء الشبكة فيظهر لدينا واجهة الشبكة كما هو مبين في الشكل (4):



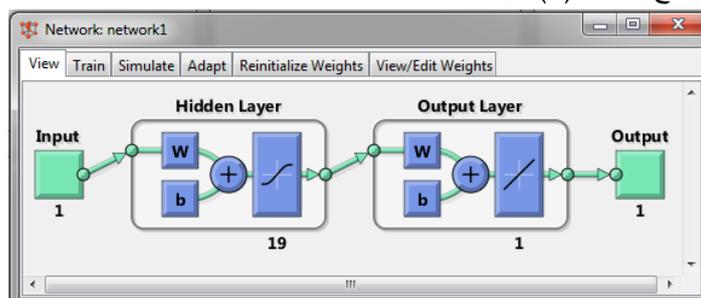
الشكل (4) واجهة بناء وتحديد خصائص الشبكة العصبية

وبعد إجراء عدد كبير جداً من التجارب على شبكات عصبونية، ومن خلال مقارنة متوسط مربعات الأخطاء MSE، ومعامل الارتباط R لكل نموذج، تم الاعتماد على النتائج الموضحة في الجدول (4) (تابع التنشيط tansig في الطبقة الخفية و purelin في طبقة الخرج) قيم R و MSE لأنماط المدخلات لمجموعة بيانات التدريب والتحقق والاختبار لوزن السجارة.

جدول (4) نتائج تدريب الشبكة لبارامتر وزن السجارة

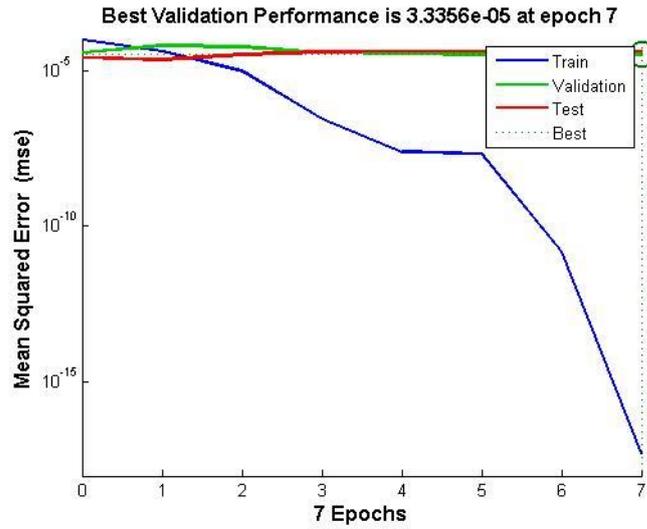
عدد العصبونات في الطبقة الخفية	Mse	للتدريب R	للتحقق R	للاختبار R	R الكلي
2	0.00018708	0.59481	0.76959	0.3492	0.40145
3	0.00037518	0.60399	0.95688	0.26151	0.44283
4	0.00024926	0.47159	0.30238	0.5376	0.51438
5	0.00019573	0.5752	0.87405	0.95747	0.56548
6	0.00014948	0.78468	0.62277	0.62402	0.70
7	0.00018868	0.68747	0.68463	0.73229	0.65687
8	0.0001164	0.72857	0.87667	0.87209	0.67778
9	0.0000018135	0.84614	0.99815	0.99833	0.90007
10	0.00013492	0.8607	0.89666	0.29337	0.6871
11	0.000013526	0.93954	0.92896	0.93334	0.86851
12	0.00016543	0.51699	0.11763	0.63945	0.43971
13	0.00021516	0.3037	0.84174	0.93037	0.4739
14	0.00005281	0.43265	0.63785	0.90402	0.55715
15	0.00013809	0.54702	1	0.99526	0.61067
16	0.0001559	1	0.82837	0.67231	0.80452
17	0.00018853	0.90035	0.68585	0.99564	0.74231
18	0.00027727	0.32868	0.88522	0.50724	0.30947
19	0.000033356	1	0.93764	0.92031	0.96273
20	0.00002538	0.28252	0.46931	0.61003	0.41355
21	0.00014779	1	0.89273	0.87202	0.88468
22	0.000025192	0.4326	1	1	0.64151
23	0.000051508	0.95836	0.93965	0.98679	0.88715
24	0.000043089	1	0.99852	0.56471	0.903
25	0.00022942	0.99266	0.82247	0.26697	0.74296
26	0.000108	0.62484	0.49175	0.97816	0.60688
27	0.000016119	0.93521	0.91221	0.66211	0.09019
28	0.0005617	0.38893	0.34224	0.98741	0.2891
29	0.000077255	0.91651	0.91436	0.76415	0.83108

ونلاحظ من الجدول (4) الشبكة العصبية الصناعية التي تحتوي على عصبونات (1-19-1) هي الأفضل لبارامتر وزن السجارة ويوضح الشكل (5) هيكلية الشبكة المثالية.



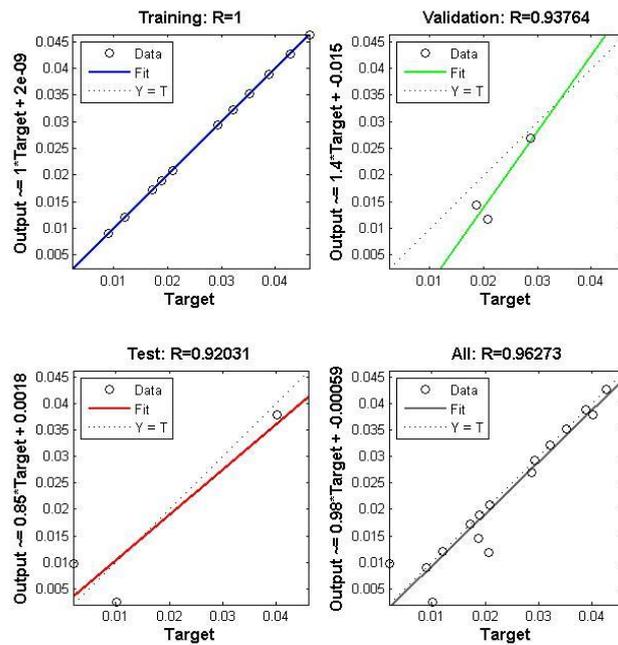
الشكل (5) هيكلية الشبكة المثالية للوزن

ويبين الشكل (6) قيمة متوسط مربعات الأخطاء للشبكة المثالية:



الشكل (6) قيمة MSE مربعات الأخطاء لوزن السجارة

ويوضح الشكل (7) قيم معامل الارتباط للتدريب والتحقق والاختبار:



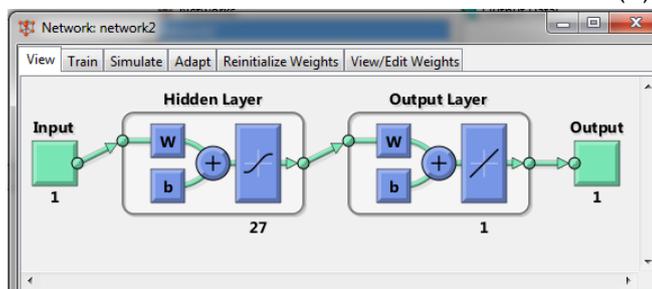
الشكل (7) معامل الارتباط لوزن السجارة

وتم الاعتماد على الجدول (5) لقيم MSE و R لبارامتر قطر السجارة بعد تدريبها عدد من المرات:

جدول (5) نتائج تدريب قطر السجارة

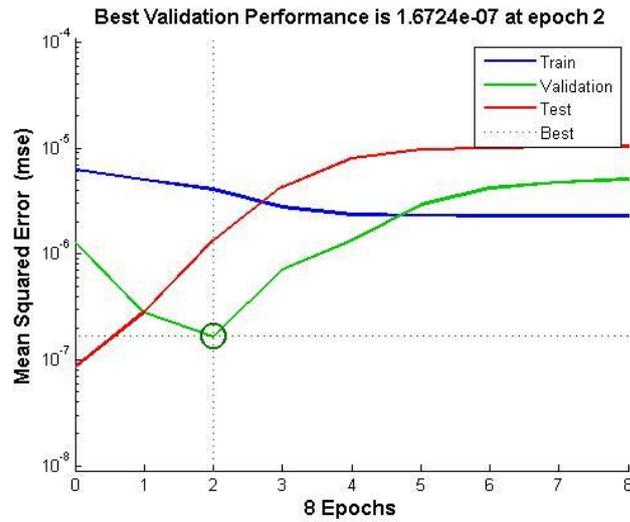
عدد العصبونات في الطبقة الخفية	Mse	R للتدريب	R للتحقق	R للاختبار	R الكلي
2	0.000027497	0.74795	0.8535	0.94517	0.82015
3	0.000026519	0.87328	0.99125	0.82688	0.84543
4	0.0000058165	0.95485	0.99185	0.91107	0.95078
5	0.0000011783	0.85987	0.83635	0.99081	0.86838
6	0.000022846	0.79422	0.99907	0.89498	0.78055
7	0.000068751	0.7996	0.80313	0.78626	0.71185
8	0.0000015721	0.63553	0.93882	0.95765	0.73384
9	0.000069814	0.8648	0.90314	0.98547	0.82813
10	0.000025918	0.84408	0.99724	0.99466	0.86294
11	0.000017005	0.8705	0.99955	0.96558	0.82209
12	0.000010042	0.65671	0.9737	0.34215	0.7196
13	0.000052079	0.90374	0.98732	0.87479	0.88806
14	0.000062168	0.60219	0.9717	0.46486	0.70831
15	0.0000016694	0.99307	0.98872	0.99313	0.94917
16	0.0000025896	0.99467	0.94889	0.81631	0.96309
17	0.000112	0.83175	0.61775	0.98492	0.68654
18	0.000013933	1	0.74242	0.87484	0.69531
19	0.000091272	0.99517	0.54738	0.99851	0.88191
20	0.000014199	0.19394	0.94231	0.79633	0.38509
21	0.000023426	0.91362	0.9976	0.93225	0.73705
22	0.000064065	0.62674	0.92403	0.99123	0.68012
23	0.000087689	0.9287	0.1227	0.99996	0.7926
24	0.000010544	0.72606	0.99999	0.99998	0.79979
25	0.000014637	0.3119	0.999999	0.91395	0.48713
26	0.000022883	0.98247	0.99225	0.99734	0.91892
<b>27</b>	<b>0.0000016724</b>	<b>0.95846</b>	<b>0.99866</b>	<b>0.99577</b>	<b>0.97031</b>
28	0.000016623	0.60258	0.99809	0.99745	0.72604
29	0.0000094603	0.61695	0.99991	0.87461	0.67517
30	0.000035619	0.64428	0.99868	0.77609	0.69505

ونلاحظ من الجدول (5) الشبكة العصبية الصناعية التي تحتوي على عصبونات (1-27-1) هي الأفضل لبارامتر قطر السجارة لأن قيمة متوسط مربعات الأخطاء Mse قريبة من الصفر جداً ومعامل الارتباط عالية وقريبة من الواحد، ويوضح الشكل (8) هيكلية الشبكة المثالية للقطر.



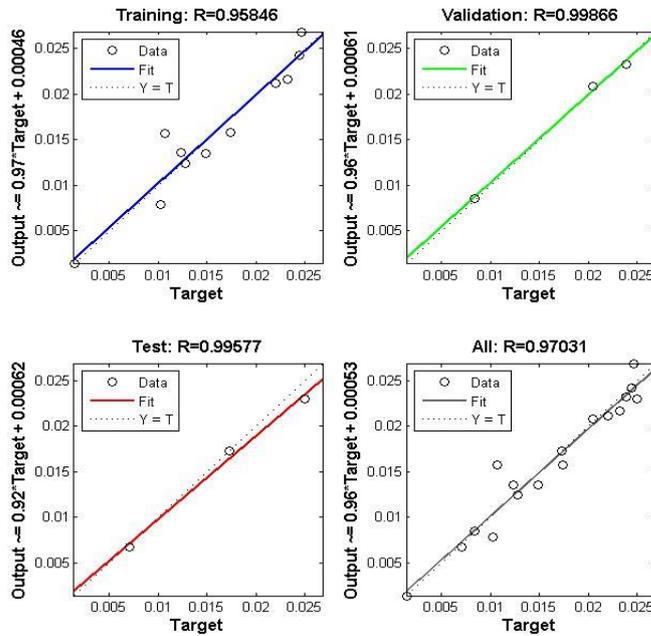
الشكل (8) هيكلية الشبكة المثالية للقطر

ويبين الشكل (9) قيمة متوسط مربعات الأخطاء للشبكة المثالية لقطر السجارة:



الشكل (9) mse للقطر

ويوضح الشكل (10) قيم معامل الارتباط للتدريب والتحقق والاختبار:



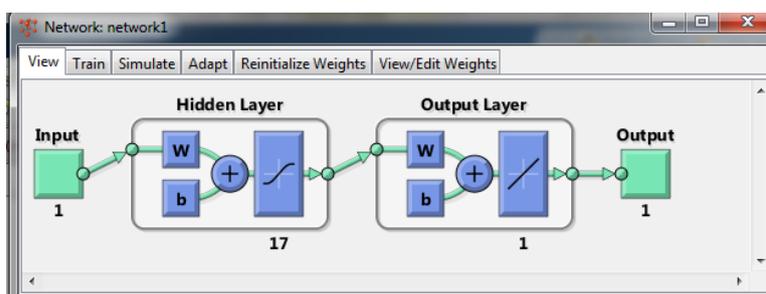
الشكل (10) قيم R للقطر

وبعد تكرار التدريب عدد من المرات لمقاومة السحب تم الاعتماد على الجدول (6) لقيم MSE و R:

جدول(6) نتائج التدريب لبارامتر مقاومة السحب

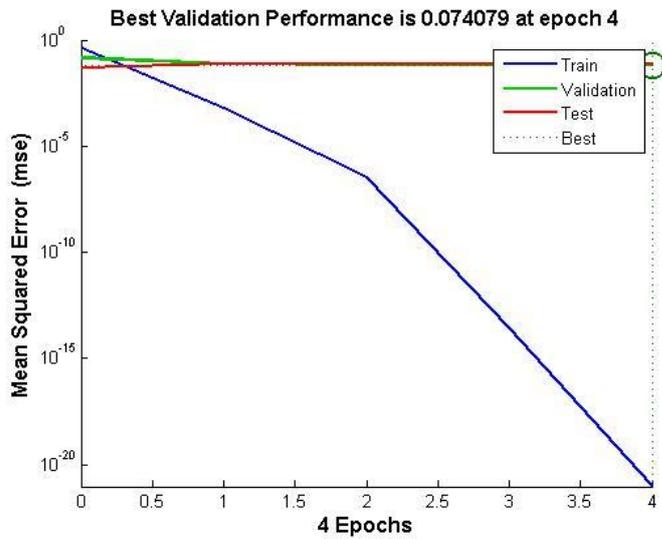
عدد العصبونات في الطبقة الخفية	Mse	R للتدريب	R للتحقق	R للاختبار	R الكلي
2	0.6653	0.60322	0.26509	0.53201	0.50652
3	0.4966	0.40782	0.97385	0.65838	0.51762
4	0.55673	0.82255	0.79121	0.99881	0.54578
5	0.26399	0.62282	0.98266	0.88076	0.59914
6	0.42139	0.42172	0.90512	0.99242	0.41549
7	0.34424	0.64696	0.99678	0.91043	0.47716
8	0.024816	0.26462	0.99785	0.86912	0.4061
9	0.51208	0.62936	0.85932	0.88378	0.62096
10	0.06519	1	0.99655	0.32045	0.97926
11	0.0745	0.48567	0.70329	0.99805	0.6653
12	0.25377	1	0.99017	0.95758	0.93277
13	0.054458	0.6879	0.99871	0.98023	0.59187
14	0.013531	0.62936	0.9982	0.99885	0.76127
15	0.40414	0.66472	0.99289	0.9226	0.55823
16	0.92245	0.25926	0.073818	0.40239	0.223167
<b>17</b>	<b>0.074079</b>	<b>1</b>	<b>0.97777</b>	<b>0.99595</b>	<b>0.98086</b>
18	0.020676	0.99179	0.97131	0.3843	0.83769
19	0.0647	0.83831	0.6835	0.99976	0.87872
20	0.020676	0.99179	0.97131	0.3843	0.83769
21	0.055294	0.61567	0.98053	1	0.75561
22	0.33717	0.98895	0.87599	0.92036	0.94072
23	0.024106	0.71042	0.9776	0.20614	0.61575
24	0.04488	0.96104	0.99988	0.88823	0.83334
25	0.024576	1	0.99585	0.9433	0.97416
26	0.056329	0.9722	0.97905	0.96089	0.95405
27	0.002332	0.588531	0.98153	0.99761	0.69118
28	0.57431	0.94955	0.99973	0.85623	0.88975
29	0.05341	0.70903	1	1	0.75641
30	0.228075	0.99938	0.81064	0.90466	0.90484

ونلاحظ من الجدول (6) الشبكة العصبية الصناعية التي تحتوي على عصبونات (1-17-1) هي الأفضل لبارامتر مقاومة السحب، ويوضح الشكل (11) هيكلية الشبكة المثالية.



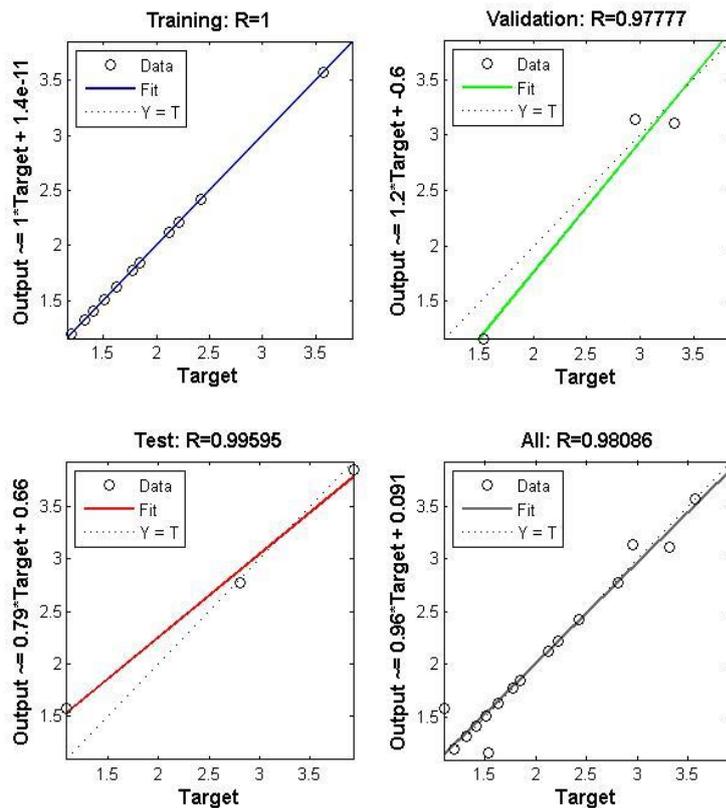
الشكل(11)هيكلية الشبكة المثالية للسحب

ويبين الشكل (12) قيمة متوسط مربعات الأخطاء للشبكة المثالية لمقاومة السحب:



الشكل (12) mse لمقاومة السحب

ويوضح الشكل (13) قيم معامل الارتباط للتدريب والتحقق والاختبار لمقاومة السحب:



الشكل (13) قيم R لمقاومة السحب

## النتائج والمناقشة:

نلاحظ مايلي:

1. من الجدول (4) نلاحظ أن الشبكة العصبية الصناعية التي تحتوي على عصبونات (1-19-1) هي الأفضل لبارامتر وزن السيارة، وقد أعطت الشبكة العصبية المختارة قيمة mse تساوي **0.000033356** قريبة من الصفر وقيماً عالية لمعامل الارتباط بين القيم الحقيقية والقيم الناتجة عن الشبكة حيث كانت مراحل التدريب والتحقق والاختبار على الترتيب هي (**0.92031**، **0.93764** ، **1**) وقد بلغت القيمة الكلية خلال المراحل الثلاث **0.96273** وهي قيمة قريبة من الواحد وبالتالي الشبكة المصممة مثالية للوزن.

2. نلاحظ من الجدول (5) أن الشبكة العصبية الصناعية التي تحتوي على عصبونات (1-27-1) هي الأفضل لبارامتر قطر السيارة، وقد أعطت الشبكة المختارة قيمة mse تساوي **0.000027418** قريبة من الصفر وقيماً عالية لمعامل الارتباط بالترتيب هي (**0.92031** ، **0.93764** ، **1**) وقد بلغت القيمة الكلية **0.96273** وهي قيمة قريبة من الواحد وبالتالي الشبكة المصممة مثالية للقطر.

3. يوضح الجدول (6) أن الشبكة العصبية الصناعية التي تحتوي على عصبونات (1-17-1) هي الأفضل لبارامتر مقاومة السحب، وقد أعطت الشبكة المختارة قيمة mse تساوي **0.19949** قريبة من الصفر وقيماً عالية لمعامل الارتباط بالترتيب هي (**0.99595**، **0.97777**، **1**) وقد بلغت القيمة الكلية **0.98086** وهي قيمة قريبة من الواحد وبالتالي الشبكة المصممة مثالية لمقاومة السحب.

## الاستنتاجات والتوصيات:

### الاستنتاجات:

1. استخدام الشبكات العصبية الصناعية في عملية التنبؤ بالانحراف المعياري المثالي، يمكن أن يحسن من جودة المنتجات وبالتالي الحصول على منتجات ذات عيوب صفرية.
2. أثبتت الشبكة العصبية الصناعية ذات الهيكلية (1-19-1) لبارامتر وزن السيارة والشبكة العصبية ذات الهيكلية (1-27-1) لبارامتر قطر السيارة وأيضاً الشبكة العصبية ذات الهيكلية (1-17-1) لبارامتر مقاومة السحب قدرتها على التنبؤ بالانحراف المعياري المثالي في المؤسسة العامة للتبغ.

### التوصيات:

1. ضرورة استخدام تقنيات الذكاء الصناعي في المنشآت الصناعية للتنبؤ وفي عمليات أخرى لأنها تعتبر من أهم طرق دعم القرار في المجال الاقتصادي لكونه يعتمد على دراسة سلوك الظواهر الاقتصادية بمختلف أنواعها ومحاولة معرفة سلوكها مستقبلاً.
2. دراسة كفاءة نماذج شبكات عصبونية أخرى للوصول إلى تنبؤات أكثر دقة، مع الأخذ بعين الاعتبار عدد عينات أكثر مثل بيانات صناعة الورق الأبيض للسجائر وكيفية تخزين التبغ وبيانات صناعة الفلتر وبيانات أخرى تساعد في الحصول على نتائج أدق ودراسة بارامترات أكثر مثل الرطوبة ونظافة التبغ واحتراق السيارة.

## المراجع:

1. BORG, D; PINTO, F; SUETAKE, M; *Neural networks as a diagnosing tool for industrial level measurement through non-contacting radar type and support to the decision for its better application.* Brazil, 49-30, 2016, 349-354.
2. ZHAO, B; CHEN, H; XU, L; *Risk assessment of unit maintenance based on fuzzy second generation curvelet neural network.* 59, 2020,1823-1831.
3. CRUZ, Y; RIVAS, M; QUIZ, R; *Ensemble of convolution neural networks based on an evolutionary algorithm applied to an industrial welding process.* Spain, Universidad de Matanzas, 133, 2021, 1-9.
4. LI, B; TIAN, W; ZHANG, C; HUA,F. *Positioning error compensation of an industrial robot using neural networks and experimental study.* China, Nanjing University, 35(2), 2022, 346-360.
5. VELASCO, L; ARNEJO, K; MACARAT, J. *Performance analysis of artificial neural network models for hour-ahead electric load forecasting .* 197, 2022, 16-24.