ISSN: 2706-6495

تطوير نموذج لتقدير زمن تنفيذ مشاريع الطرق السريعة في سورية باستخدام الشبكات العصبونيّة الصناعية

Developing a model to estimate the implementation time of highway projects in Syria using artificial neural networks

د. ماهر عوض مصطفى[1]، م. هدى محمد بشير سبسوب [2]

أستاذ دكتور في الهندسة المدنية، قسم الإدارة الهندسية والتشييد، جامعة دمشق، سورية [1]

إجازة في الهندسة المدنية، ماجستير في قسم الإدارة الهندسية والتشييد-قسم إدارة تقانات المعلومات، جامعة دمشق، سورية [2]

Email: hudasabsoub@gmail.com

ملخص البحث

لطالما شغلَ مجال تقدير المدّة الباحثين، وخاصّةً في المراحل الأولية، وتعتبر مشاريع الطّرق السريعة دعامةً أساسيّة في صناعة التشييد وأحد أهم قطاعات البنى التحتية في سورية، ولذلك فإن إعطاء تقدير مقبول للمدّة في المراحل الأولية للمشروع (المراحل المبكرة) يعدُّ أمراً حسَّاساً، ويساعد بشكل رئيس في دراسة جدوى تنفيذ الطريق واتخاذ القرار في اعتماد المشروع أو العدول عنه.

يقدّم هذا البحث مساهمةً في الجهود المبذولة في هذا المجال، ويستخدم تقنية الشبكات العصبونيّة الصنعية كطريقة فعّالة في تقدير مدّة تنفيذ الطرق السريعة؛ حيث تمنح مستوى دقّة كبير مقارنةً ببقية الطرائق المستخدمة في هذا المجال.

لقد تمّ تطوير النموذج من خلال عدّة خطوات، حيث جرى أولاً تحديد العوامل المؤثرة في مدّة تنفيذ الطرق السّريعة في سورية من خلال مقاطعة ما تم تحديده من الأبحاث والدراسات السابقة مع ما تم تحديده من قبل الخبراء في مجال تنفيذ الطرق، ومن ثم جمع البيانات الموافقة للعوامل المؤثرة على المدّة من "المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية (Public Establishment for road communications)" بالإضافة للاستعانة "بالشركة العامة للطرق والجسور"، ثمّ تمّ معالجة وتطبيع تلك البيانات.

ISSN: 2706-6495

تم الاستعانة ببرنامج الماتالاب لتطبيق تقنية الشبكة العصبونيّة الصنعيّة وتدريبها واختبارها وأظهرت النتائج نسبة خطأ مقبولة مقارنةً بمتوسط نسبة الخطأ التي تم تحديدها من الدراسات السّابقة والخبراء، حيث أظهرت نتائج الاختبار متوسط نسبة خطأ (17.16%) وهي مقبولة تنمي لمجال الخطأ في الدراسات السابقة والذي يتراوح بين [15 %،30 %]، وبأعلى نسبة خطأ ضمن مخرجات الاختبار (21%) وهي مقبولة نظراً إلى ما يقبله الخبراء كنسبة خطأ قصوى لتقدير مدة تنفيذ الطرق السريعة في المراحل المبكرة، التي تقدر بحدود الـ (30 %).

الكلمات المفتاحية: مشاريع التشييد، تقدير المدة، المراحل المبكرة، الطرق السريعة، العوامل المؤثرة، الشبكات العصبونيّة الصنعيّة، سورية.

Developing a model to estimate the implementation time of highway projects in Syria using artificial neural networks

Abstract

The time estimate has been one of the researcher's best interests for a long time. The highway projects considered as a stepping stone in the development industry as its one of the most important parts of the infrastructure sectors in Syria. so by giving an acceptable estimate for the stages of the project i.e. "early stages" is considered sensitive, and it mainly helps to study the feasibility as if to run the project or not.

The aspiration of the research is to take part in the efforts taken in this field. In addition, presents the (ANN) as an active method to give an accurate estimate of the duration of implementation of highway.

The (ANN) has developed through a variety of different steps. Firstly, the influencing factors on the duration of highway in Syria have acknowledged by intercepting the results from the literature reviews with the findings of the experts in roads sector. Then by gathering all the Data that agrees with influencing factors, which has a direct effect on the duration from the "Public Establishment for road communications", and the Public Establishment for bridges and roads. All the gathered Data were processed and normalized.

ISSN: 2706-6495

The MATLAB program was used to apply, train and test artificial neural network technology, and the results showed an acceptable error rate compared to the MAPE (Mean Absolute Percent Error) that was determined from previous studies; MPAE=17.16%. Which is in the range of the previous studies [30 – 15 %].

The highest MPAE was 21% that accepted by estimations of experts for the Error Percent in the estimate duration of highway implementation in early stages (30%).

Keywords: Building construction, estimating of duration, early stages, highway, influencing factors, Artificial Neural Networks (ANN), Syria.

1-المقدمة Introduction:

يتسم العمل بمشاريع التشييد بمستوىً كبيرٍ من عدم التأكد على أكثر من صعيد؛ ومن هنا تأتي جوهرية عملية التقدير وخاصةً في المراحل الأولية من المشروع كونها من أهم مدخلات دراسة الجدوى التي يقوم عليها نجاح المشروع، حيث تؤثر القرارات المتخذة في هذه المرحلة بشكل كبير على المراحل اللاحقة من دورة حياة المشروع، وعلى وجه مخصّص تعتبر تقديرات المدة الدقيقة والواقعية نقطة مفصلية لنجاح مشروع ما وذلك لأن الوقت هو المال «TIME IS MONY».

وبما أن مشاريع الطرق أحد أهم قطاعات البنى التحتية فإن عملية تقدير مدة تنفيذها تعدُّ أمراً حساساً وخصوصاً التقديرات في المراحل الأولية وذلك لدراسة جدوى تنفيذ الطريق واتخاذ القرار في اعتماد المشروع أو العدول عنه والذي هو مجال aالبحث المقدم.

في هذا البحث تمت الاستفادة من ميزات الذّكاء الصّنعي في هذا المجال من خلال تطبيق آليات الشبكات العصبونيّة الصنعيّة، والتي تزداد تطبيقاتها بمرور الزمن وتتطور بنيتها تبعاً لهذه التطبيقات.

2-مشكلة البحث Problem statement:

بالرغم من أهمية تقدير المدّة بشكل موثوق في المراحل الأولية تبيّن من خلال الاطلاع على الواقع المحلي في مجال تنفيذ الطرق أن الأدوات المستخدمة للتقدير تقتصر على الخبرات الفردية والتي تفتقر إلى الدقة والتأكد وتؤدي غالباً للمبالغة في التقدير زيادةً أو نقصاناً.

ISSN: 2706-6495

3-أهمية البحث Research Importance:

تتجلّى أهمية البحث في مساعدة الاستشاريين في التقدير الصحيح لمدة تنفيذ الطريق لاتخاذ القرار حول جدوى المشروع وذلك بوسط قلة وندرة الأبحاث السابقة فيما يخص تقدير مدة تنفيذ الطرق في مرحلة الفكرة.

4-أهداف البحث Research Objectives:

يهدف البحث بشكل رئيسي إلى تطوير نموذج لتقدير مدة تنفيذ الطرق السريعة باستخدام الشبكات العصبونيّة الصنعيّة، وذلك من خلال:

1. تحديد الآلية المتبعة في تقدير مدّة الطرق السريعة في سورية.
2. تحديد العوامل المؤثرة في تقدير مدّة الطرق في سورية.
3. تصميم وتدريب نموذج الشبكة العصبية الصنعية.
4. اختبار نموذج الشبكة العصبية الصنعية المقترح.

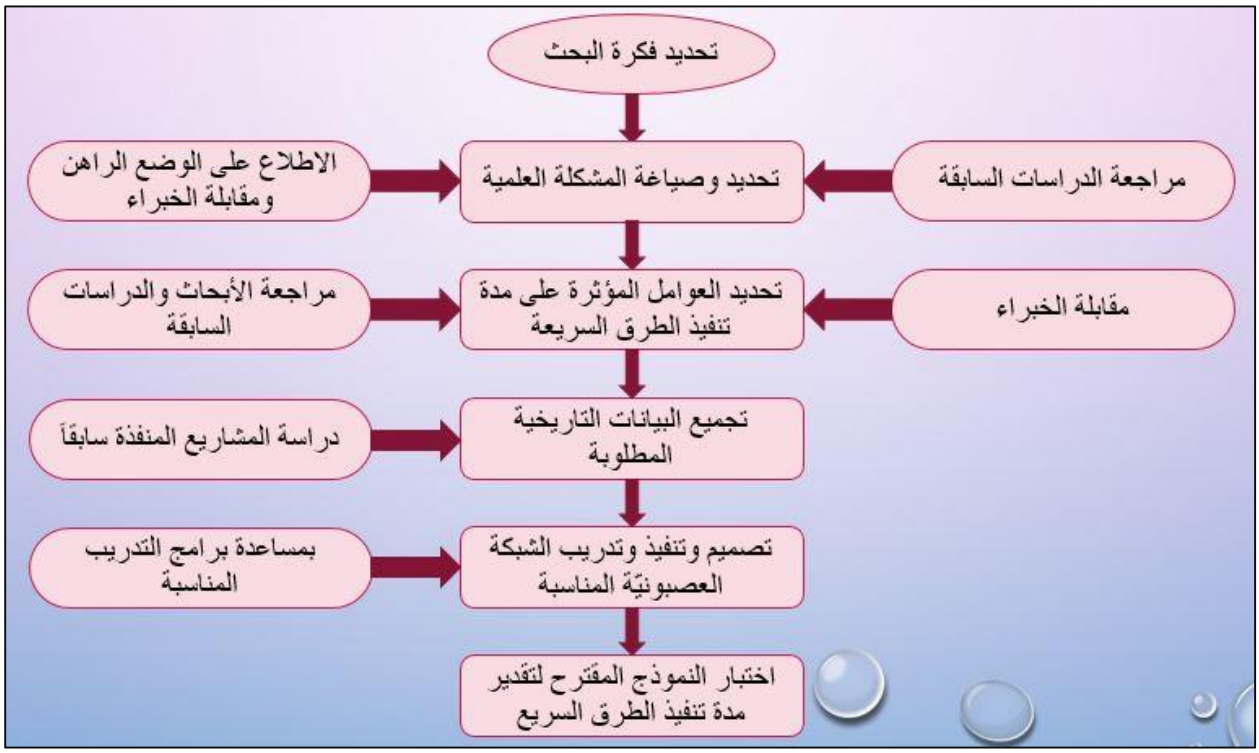
5-حدود البحث Research Scope:

يشمل البحث تقدير مدّة تنفيذ الطرق السريعة من خلال دراسة بيانات دراسة مشاريع الطرق السريعة المنفذة في سورية في الفترة بين (1980←2018)، وسيتم التقدير في مرحلة الفكرة.

6-منهجية البحث Research Methodology:

سيتم في هذا البحث اعتماد المنهج التاريخي التحليلي وذلك وفق مخطط التدفق المنطقي الآتي:

ISSN: 2706-6495



7-الدراسات السابقة Literature Reviews:

(7-1) تقدير مدّة تنفيذ الطرق باستخدام التحليل الإحصائي:

تعدّدت الدراسات السابقة في مجال تقدير المدّة مع اختلاف شروط البحث والبيانات المتاحة وفيما يلي بعض الدراسات البحثية في هذا المجال:

طوّر **جيونغ وآخرون (2009)**:

نظاماً لتقدير مدة عقد مشاريع الطرق السريعة لاستخدامه في حل النزاعات لاحقاً، جُمعت البيانات من مشاريع الطرق المنفذة في أوكلاهوما في السنوات العشرة الأخيرة، وقامت منهجية البحث على:

- تصنيف المشاريع حسب حجم المرور.
- بعد ذلك تحديد النشاط الغير المسيطر من غيره وهو النشاط الذي يمكن تنفيذه بالتزامن مع أنشطة أخرى دون أن يؤثر عليها كتنفيذ الرصيف مثلاً.

ISSN: 2706-6495

- ثم تحديد معدلات الإنتاج التقريبية للأنشطة المسيطرة حيث يحتاج المُستخدم لضبط معدلات الإنتاج هذه للتمكن من استخدام البرنامج وهي تعتمد على عوامل عدة: **كـ الطقس، وطبوغرافيا المنطقة، وحجم المشروع وموقعه، وظروف التربة، وظروف المرور**.
- تطوير تطبيق OK-CTDS وهو تطبيق مؤتمت قائم على قاعدة بيانات (ACCESS) تُمكن من تقدير مدة العقد.
- وينتهي البحث بتقديم هذا التطبيق الجاهز للمستخدمين بمجرد توفير معدلات إنتاج الأنشطة المسيطرة ليقوم البرنامج بحساب فترات كل نشاط ثم تقديم الجدول الزمني ومدة العقد النهائيين.

ويؤخذ على البحث صعوبة تعميم هذا التطبيق لتقدير مدة تنفيذ طريق حيث لا نتمكن دوماً من تقدير صحيح نوعاً ما لنسب الإنتاج لكل نشاط عندما نكون في المراحل الأولية من المشروع (الفكرة) وذلك بسبب شحِّ المعلومات في هذه الفترة بينما يطلب التطبيق المقدم من المستخدم قاعدة بيانات كبيرة تقلل من إمكانية استعماله في مراحل دراسة الجدوى.

ودرس **عرفان وآخرون (2010)** تقدير المدة في مرحلة الفكرة حيث:

تم في هذا البحث تقدير مدة تنفيذ طريق سريع على أساس ثلاث متغيرات فقط اعتبرها البحث كافية، جُمعت بيانات من مشاريع الطرق السريعة المنفذة في ولاية إنديانا الأمريكية، وتضمنت البيانات: (كلفة المشروع النهائية والمدّة النهائي)، وقامت منهجية البحث على:

- تجزئة البيانات 80% لتطوير النموذج، و20% للتحقق.
- العوامل المؤثرة الثلاثة المأخوذة هي: **التكلفة المتوقعة، نوع المشروع (إعادة تأهيل-تنفيذ أرصفة-جسور...)، نوع العقد**.
- وباستخدام هذه العوامل كمدخلات تم تشييد نموذج انحدار خطي يقوم بتقدير مدة التنفيذ.
- وبالتالي كانت مخرجات النموذج هي قيمة مدة متوقعة على أساس الكلفة المخطط لها.

ويُؤخذ على هذا البحث إهمال العوامل المؤثرة الأخرى التي تعطي فرقاً كبيراً في مدة التنفيذ كظروف الطقس ونوع التربة، وطبوغرافية المنطقة، كما أن عامل نوع المشروع قد لا يُؤخذ به في معظم الأبحاث لكونه ثابتاً كمشاريع طرق سريعة مثلاً.

ويظهر تعدد العوامل المؤثرة في بحث **تايلور وآخرون (2012)** حيث:

ISSN: 2706-6495

تمّ في هذا البحث دراسة دقة أنظمة الجدولة المتبعة في مؤسستي نقل حكوميتين لتقدير مدة العقد لمشاريع الطرق السريعة، جُمعت بيانات 66 مشروعاً لطريق سريع في ولاية كنتاكي الأمريكية بين عامي (2004-2008)، وقامت منهجية البحث على:

- دراسة النموذجين المستخدمين في كلا الشركتين لتقدير مدة العقد حيث تم إدراج نتائج استبيان قُدِّم لموظفي الشركتين لقياس مدى علمهم بالنموذج ومدى تطبيقه.
- أوضح الاستبيان أن 85% من الموظفين على دراية بالنموذج لكن 50% فقط في صدد تطبيقه وذلك لضعف دقة النموذج وصعوبة استخدامه.
- لذلك قدم البحث خياراً محسناً عن أسلوبي الشركتين في التقدير حيث طور نموذج انحدار إحصائي متعدد المتغيرات لتقدير مدة العقد.
- وكانت مدخلات هذا النموذج: **كميات المواد الواردة في جدول تحليل الأسعار (حجر مجروش-بيتومين-بيتون...)، أعمال الحفر والردم، أعمال تدعيم الفولاذ، تقدير المهندس الاستشاري لمدة العقد**.
- وبالتالي مخرجات البحث هي تقدير مدة عقد نهائية لطريق سريع.

لكن يُعد هذا البحث دراسة لصالحية النماذج المستخدمة في الشركتين المدروستين أكثر من كونه نموذجاً عاماً يمكن استخدامه لمشاريع أخرى لتقدير المدة في المراحل الأولية لمشاريع مختلفة للطرق السريعة، بالإضافة للحاجة للخوض في كميات وأسعار المواد والتي يصعب تحديدها في مرحلة الفكرة.

ودرس بحث **سون وآخرون (2019)** الطرق السريعة وقدم نموذجاً لتقدير المدة حيث:

قدم البحث نموذجاً لتقدير مدة تنفيذ طريق سريع في مرحلة الفكرة باستخدام نمذجة الانحدار الخطي المتعدد، جُمعت بيانات 623 مشروعاً لطريق سريع في ولاية تكساس بين عامي (2003-2017)، وقامت منهجية البحث على:

- تقسيم البيانات على النحو التالي: 498 مشروعاً للتدريب (80% من العينات)، 125 مشاريع للتحقق (20%).
- كانت متغيرات النموذج هي العوامل المؤثرة على مدة التنفيذ التالية: **موقع المشروع، حجم وظروف حركة المرور، ظروف الطقس، ظروف التربة، بالإضافة إلى الكلفة المتوقعة**.
- تم تنظيم 4 نماذج لاستبعاد القيم المتطرفة ثم اعتماد أحدها ذو القيم الأكثر مطابقة.
- وكانت مخرجات النموذج المعتمد مدة التنفيذ وذلك بمتوسط نسبة خطأ **36.05%**.

يؤخذ على هذا البحث ارتفاع قيمة متوسط الخطأ مقارنة بغيره من الأبحاث.

ISSN: 2706-6495

(2-7) تقدير مدّة تنفيذ الطرق باستخدام الشبكات العصبونيّة الصنعيّة (ANN):

هناك العديد من الدراسات البحثية التي تغطي استخدام تقنية الشبكات العصبونيّة الصنعيّة في تقدير مدّة تنفيذ الطرق، وفيما يلي بعض الدراسات البحثية في هذا المجال:

لتدارك مشكلة قاعدة البيانات الكبيرة المطلوبة من المستخدم قام بحث **بيودم وآخرون (2009)** باستخدام الشبكات العصبونيّة (ANN) باعتبارها فعّالة في الأغراض التنبؤية حيث:

طوَّر البحث نموذجاً (ANN) للتنبؤ بموازنة ومدة تنفيذ طريق سريع في مرحلة التنفيذ، جُمعت بيانات 51 مشروعاً لطريق سريع في تايلند بين عامي (2002-2007)، وقامت منهجية البحث على:

- تشييد نموذجين (ANN) منفصلين أحدهما للكلفة والآخر للمدّة.
- تم اعتماد العوامل المؤثرة على مدة المشروع التالية: **تاريخ بدء العمل، مدة العقد(باليوم)، النسبة المئوية للإنجاز المخطط له، النسبة المئوية للإنجاز الفعلي**.
- تم اختيار شبكة عصبونيّة ذات انتشار خلفي.
- وكانت مخرجات البحث تقدير كلفة ومدّة نهائيين من خلال النموذج المقدم الذي يهدف إلى التنبؤ المسبق بمخاطر تزايد التكاليف والمُدد الذي قد يحصل في مرحلة التنفيذ، وذلك بمتوسط نسبة خطأ 2.77% للكلفة و14.67% للمدّة.

تمّ الاستفادة من هذه الدراسة للاطلاع على العوامل المؤثرة ونموذج الشبكات العصبونيّة لكن يُؤخذ عليها إهمال عوامل هامة كظروف الطقس وطبوغرافية المنطقة.

وأيضاً اختار بحث **نايك وراديكا (2015)** استخدام الشبكات العصبونيّة كأداة فعالة لعمليات التقدير حيث:

تم في هذا البحث تطوير نموذج باستخدام الشبكات العصبونيّة (ANN) للتقدير الأولي لمدة وكلفة تشييد طريق سريع، تتكون قاعدة البيانات في هذا البحث من مشروعي طريق سريع مكتملين وتضمنت البيانات: (**الأعمال التحضيرية، أعمال الحفر والردم، أعمال طبقة الأساس، الأعمال البيتومينية، المنحنيات، الجسور الرئيسية والثانوية على الطريق، أعمال الصرف الصحي، إشارات المرور**)، وقامت منهجية البحث على:

- تطوير نموذج ANN باستخدام البيانات الأولية لهذين المشروعين.
- تم اختيار شبكة ذات تغذية أمامية وتدريبها مع معلم بواسطة خوارزمية الانتشار الخلفي نظراً لثبوت فعاليتها في مجالات التنبؤ.

ISSN: 2706-6495

- وبالتالي كانت مخرجات البحث كلفة ومدّة نهائيين وذلك بمتوسط نسبة خطأ **27%**.

ويُؤخذ على هذا البحث ضعف في جمع البيانات فالاكتفاء بمشروعين لا غير لتنفيذ نموذج شبكة عصبونيّة تحتاج إلى بيانات تدريب واختبار وتحقق مما يقلل من فعالية النموذج وإمكانية استخدامه.

ويقدم بحث **بيسكو وآخرون (2017)** مجموعة من العوامل المؤثرة المتوفرة في المراحل الأولية لدراسة المشروع حيث:

طور البحث نموذجاً لتقدير كلفة ومدة تنفيذ طريق باستخدام نموذج شبكات عصبونيّة (ANN) ونموذج (SVM)، جُمعت بيانات 166 مشروعاً لطريق حضري في مدينة نوفي ساد في صربيا بين عامي (2005-2012)،

وقامت منهجية البحث على:

- تقسيم البيانات إلى: 149 مشروعاً للتدريب، و17 مشروعاً للاختبار.
- أُعتمدت شبكة ذات طبقة مخفية واحدة.
- كانت مدخلات الشبكة هي العوامل المؤثرة التالية: **كميات مواد التنفيذ المتوقعة كـ (الحجر المجروش، أحجار الرصف، البيتومين، البيتون)، أعمال الحفر والردم، أعمال الصرف الصحي، أعمال إشارات المرور، منطقة المشروع، درجة الطريق**.
- تحديد أوزان العوامل مع الانتباه لاختلاف وزن كل عامل في نموذج الكلفة أو المدّة.
- ونتج مخرجين عن النموذج كلفة ومدة نهائيين وذلك بمتوسط نسبة خطأ: 25.38% للكلفة و26.26% للمدّة.

لكن البحث تناول الطرق الحضرية لذلك نجد اختلاف في بعض العوامل كدرجة الطريق التي تثبت في أبحاث الطرق السريعة، بالإضافة إلى إهمال بعض العوامل كحالة الطقس.

بعد عرض مجموعة من الأبحاث والدراسات السابقة في مجال تقدير المدّة يُلاحظ التنوع في الطرائق المستخدمة لتقدير مدة تنفيذ طريق والتركيز على الشبكات العصبونيّة عندما يكون التقدير في المراحل الأولية للمشروع نظراً لقلة البيانات؛ حيث تمتاز الشبكات بقدرتها على إيجاد علاقات لا خطية بين المدة والعوامل المؤثرة.
ومع اختلاف الطرق إلا أنها تشترك في أهمية تحديد العوامل المؤثرة وكونها حجر أساس في أي بحث يهتم بالتقديرات الأولية تنفيذ على بيانات تاريخية سابقة.

ISSN: 2706-6495

8-الإطار النظري للبحث Theoretical background:

(8-1) التقدير في قطاع التشييد:

مفهوم التقدير هو: التنبؤ بما ستؤول إليه الأمور في النهاية، وتصبح عملية التقدير الأساس في إدارة المشروع حيث تتطور عملية التقدير بتطور المشروع وانتقاله عبر المراحل المختلفة من حياته، وتمر عملية التقدير بعدة مراحل خلال حياة المشروع تختلف دقة كل منها حسب: البيانات المتوفرة، ودقة التقدير؛ حيث يعتمد المضي في مراحل المشروع اعتماداً أساسياً على دقة التقدير؛ فمع تقدم مراحل المشروع نجد التقدير يتقدم باتجاه خيارات محدودة أكثر، وبيانات متوفرة أكثر، ومستوى دقة أكبر.

ومن أهم التقديرات خلال دورة حياة المشروع التقديرات المبكرة والتي تكون في مرحلة تحديد الحاجة حيث يكون المشروع عبارة عن مجموعة أفكار، والبيانات محدودة جداً كبيانات تاريخية تُعدل حسب شروط وظروف المشروع، وتدعى التقديرات في هذه المرحلة بالتقديرات التمهيدية (Conceptual Estimates) ويُتخذ على أساسها قرار (الاستمرار في المشروع/العدول عن المشروع)، ويستخدم هذا التقدير غالباً بغرض دراسة الجدوى وتحديد الموازنة التي تعتبر مقياساً لضبط كلفة ومدّة المشروع فيما بعد.

(8-2) تقدير المدّة في مشاريع الطرق السريعة:

يتم تقدير المدّة ضمن جميع مراحل المشروع ويصبح حاسماً في كثير من الأحيان وخاصة في مشاريع البنى التحتية التي يكون العامل الزمني فيها ذو تأثير حساس؛ فكلما كانت دقة التقدير ضمن الحدود المنطقية والمطلوبة كان التنفيذ يسري بصورة أفضل، ولكن يتمثل التحدي الرئيسي في إعداد تقدير موثوق لمدّة مشروع طريق خلال مرحلة الفكرة في الافتقار إلى بيانات المشروع اللازمة؛ فقد تتوفر المعلمات الرئيسية للمشروع بما في ذلك الموقع، ونوع المشروع، لكن المعلومات اللازمة لعملية التقدير مثل خطة تفصيلية للتحكم في حركة المرور وكميات عناصر عروض الأسعار غير متوفرة؛ ومع ندرة البيانات وعدم وجود أدوات ثابتة للتقدير كان الاعتماد على خبرة المهندسين والبيانات التاريخية المشابهة لتقدير المدد في مشاريع الطرق السريعة.

الحالة المحليّة لتقدير المدة في مشاريع الطرق السريعة:

تُعتبر "المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية (Public Establishment for road communications)" من أهم الجهات المسؤولة عن تصميم وتنفيذ مشاريع الطرق السريعة في سورية، وبالتالي تمَّ التعرّف على الوضع المحلي حول تقدير مدد تنفيذ مشاريع الطرق السريعة من خلال مقابلة مسؤولي المؤسسة.

وعلى الرغم من إشادة الخبراء بأهمية تقدير المدة ومدى تأثيرها على مقدار نجاح المشروع إلا أن الفكرة السائدة على التقدير تقتصر على الخبرة الفردية بالإضافة إلى المقارنات مع مشاريع مشابهة.

أي إنَّ المؤسسة عموماً لا تمتلك أيَّ أدوات أو منهجيّةٍ لتقدير المدة في المراحل المبكرة، وهذا ما يجعل القرارات في بعض الأحيان تفتقر للموضوعية وتعطي نتائج خاطئة أو بعيدة عن المسار المتوقع.

ISSN: 2706-6495

وبسبب هذه المفارقة بين وجود الحاجة وعدم إيجاد حل لها جاءت فكرة البحث بتطوير نموذج يساعد الخبراء بالتنبؤ بمدة تنفيذ طريق سريع في مراحل المشروع المبكرة وذلك للمساعدة على اتخاذ قرار حول جدوى المشروع.

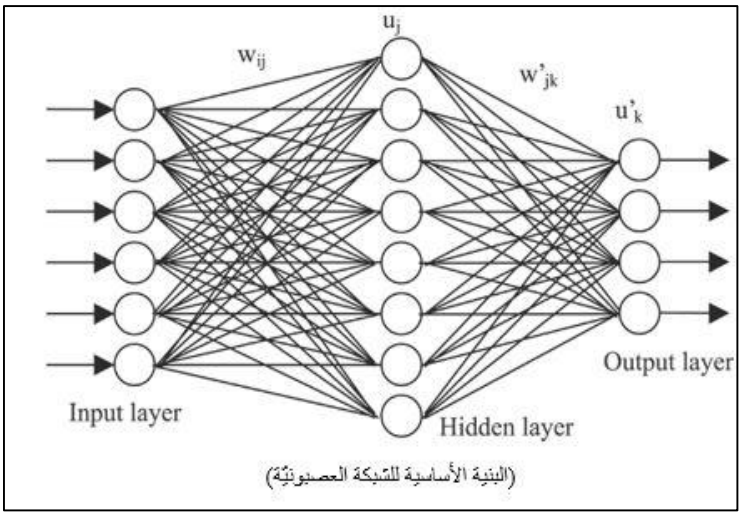
(3-8) الشبكات العصبونيّة الصنعيَّة ARTIFICIAL NEURAL NETWORK(ANN):

هي عبارة عن نماذج مبسطة تشبه الجهاز العصبي المركزي عند الإنسان وتقوم على محاكاة آلية عمل جزء من شبكته العصبونيّة البيولوجية لتتمتع بالبعض من خصائص الدماغ البشري كالتعلم من التجربة، والمقدرة على التعميم، والاستنتاج القائم على خبرات سابقة، وهي مكونة من وحدات معالجة بسيطة تسمى عصبونات أو عقد(Neurons, Nodes) ،

والتي لها خاصية عصبونيّة فهي تقوم بتخزين المعرفة العملية والمعلومات التجريبية لتجعلها متاحة للمستخدم وذلك عن طريق ضبط وزن كل عامل من العوامل المؤثرة.

إن وجه التشابه بين الشبكتين البيولوجية والصنعية يكمن في (إشارة دخل←وحدات معالجة←وصلات داخليّة←استجابة أو خرج)، وذلك بهدف إيجاد نموذج رياضي قابل للتعلّم بغية استخدامه في مجالات متعددة (تمييز الأشكال، تحقيق الأمثلية، التصنيف، النمذجة، التنبؤ...)، وبالنتيجة دخلت الشبكات العصبونيّة في العديد من الاختصاصات (هندسة، طب، اقتصاد، تحكم...).

بشكل عام تتألف الشبكة العصبونيّة من ثلاث طبقات: طبقة دخل تحتوي على عصبونات الدخل، وطبقة مخفية تحتوي على العصبونات المخفية، وطبقة خرج تحتوي على عصبونات الخرج. الشكل(8-1)



الشكل 8-1 (البنية الأساسية للشبكة العصبونية)

أمثليّة استخدام الشبكات العصبونيّة الصنعيّة في مجال التنبؤ:

يُعد مجال التنبؤ تحدياً بالنسبة للباحثين وذلك بسبب شح المعطيات المقدمة مقارنةً مع مستوى الدقة المطلوب، لذلك لابد من طريقة تخفف هذا العبء وتمتلك مرونة خطأ مصحوبة بمستوى دقة مقبول.

ISSN: 2706-6495

وقد أظهرت الشبكات العصبونيّة الصنعية نجاحاً فائقاً بوصفها أداة تنبؤ فعَّالة في مختلف المجالات، فالشبكات العصبونيّة الصنعية أكثر دقة وكفاءة في التنبؤ مقارنةً بالأساليب الإحصائية التقليدية حيث وصلت الشبكات لمعدل مرتفع وعالي من الدقة وذلك بسبب اعتمادها على البيانات اللاخطية وهذا غير ممكن في الطرق التقليدية مما يُعطي أفضلية للشبكات.

وبالنسبة لعملية تقدير المدة كانت الشبكات العصبونيّة رائدة على الطرق الأخرى من حيث توفير مستوى مقبول من الدقة والمرونة وهذا ما تطرقت له العديد من الأبحاث من خلال مقارنة نموذج الشبكات العصبونيّة مع نماذج إحصائية لتبيين كفاءة الشبكات في هذه المجالات.

9-تحديد العوامل المؤثرة على مدة تنفيذ طريق سريع Factors Influencing:

(9-1) الدراسة الأولية:

تم تحديد العوامل الأكثر تأثيراً على مدّة تنفيذ الطرق السريعة من خلال مراجعة الأبحاث والدراسات السابقة وحصر هذه العوامل في أربعة عشر عاملاً مؤثراً وهي:

1. موقع الطريق وطبوغرافية المنطقة.
2. ظروف الطقس المتوقعة خلال فترة التنفيذ.
3. كميات عناصر التنفيذ المتوقعة «حجر مجروش، أحجار الرصف، بيتون، بيتومين»
4. المنشآت الصناعية على الطريق.
5. المنحنيات والتقاطعات على الطريق.
6. طول الطريق الكلي.
7. أعمال الصرف الصحي.
8. نوع التربة.
9. الأعمال الترابية.
10. نوع العقد.
11. تكنولوجيا التنفيذ والمعدات والآليات المستخدمة.
12. القوى العاملة.
13. نوع المقاولين.

ISSN: 2706-6495

14. إدارة المشروع.

(2-9) المقابلة:

نتيجةً لاختلاف العوامل المؤثرة من دولة إلى أخرى تمّ بعد جمع العوامل المؤثرة على المدّة من خلال الدراسات السابقة إجراء مقابلات مع الخبراء والاستشاريين في سورية في مجال الطرق من أجل حصر هذه العوامل حسب الحالة المحلية لقطاع تشييد الطرق.

تم اختيار المقابلة كأداة لجمع البيانات للتمكن من الحصول على أكبر قدر ممكن من الأفكار ولضمان الوصول للخبير مباشرةً والتمكن من الاستفادة من خبراته، حيث تمّ التواصل مع أهم المؤسسات المسؤولة عن تصميم وتنفيذ الطرق مثل "المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية" و "الشركة العامة للطرق والجسور" و "شركة الدراسات".

تمّ إجراء مقابلات مع **ثمانية خبراء** ذوي مراكز هامة في قطاع الطرق كمدير تنفيذ المشاريع، ومدير الدراسات، ومعاون مدير الدراسات، ومدير دراسة الجدوى، ومدير الصيانة، ورئيس دائرة الجسور، ورئيس الدائرة الفنية، ورئيس دائرة التخطيط ومتابعة التنفيذ.

بالنسبة لنوع المقابلة: كانت المقابلات من نوع مقابلة ذات استمارة أسئلة مغلقة حيث تم عرض العوامل المؤثرة على مدّة تنفيذ الطريق المحددة من الدراسات السابقة على الخبير ومن ثم الطلب منه الإجابة على الآتي:

- **اختيار العوامل المؤثرة في المشاريع المحلية.**
- **حذف العوامل التي لا تحمل تأثيراً محلياً.**
- **اقتراح عوامل مؤثرة محلياً إضافية غير مذكورة.**

ISSN: 2706-6495

ثمّ تمّ تحليل نتائج المقابلات في الجدول (9-1):

الجدول (9-1) (تحليل نتائج مقابلات الخبراء)

العامل	عدد الخبراء الذين اختاروه كعامل مؤثر محلياً	عدد الخبراء الذين استبعدوا تأثيره المحلي	سبب استبعاد تأثير العامل محلياً
موقع الطريق وطبوغرافية المنطقة	7	1	-
ظروف الطقس المتوقعة خلال فترة التنفيذ	6	2	-
كميات عناصر التنفيذ المتوقعة	1	7	يصعب تقديرها في المراحل الأولية
المنشآت الصناعية على الطريق	6	2	-
طول الطريق الكلي	7	1	-
المنحنيات والتقاطعات على الطريق	1	7	تدخل ضمن معامل طول الطريق
أعمال الصرف الصحي	1	7	تندرج تحت أعمال إزالة العوائق
نوع التربة	7	1	-
الأعمال الترابية	0	8	بالنسبة للتقديرات الأولية لا تُؤخذ بالاعتبار
نوع العقد	0	8	يتم استخدام نماذج عقدية متشابهة
تكنولوجيا التنفيذ والآليات المستخدمة	0	8	الجهة المنفذة ثابتة وطريقة التنفيذ ثابتة
القوى العاملة	2	6	تأثيره طفيف في مشاريع الطرق التي تعتمد على الآليات
نوع المقاولين	1	7	أيضاً يستبعد لثبات الجهة المنفذة
إدارة المشروع	0	8	الجهة المالكة أيضاً ثابتة «مشاريع قطاع عام»

ISSN: 2706-6495

- تم إضافة عامل مؤثر محلياً غير وارد في الدراسات السابقة من قبل سبعة خبراء وهو:

مدة إزالة العوائق

ثمّ استناداً إلى (الدراسات السابقة ومقابلة الخبراء العاملين في هذا المجال) تم اعتماد العوامل المُختارة من قبل **ستة خبراء** على الأقل كمدخلات نهائية للنموذج كأكثر العوامل تأثيراً على مدّة تنفيذ طريق سريع وهذه العوامل هي:

1. **الطول الكلي للطريق.**
2. **موقع الطريق وطبوغرافية المنطقة.**
3. **نوع التربة.**
4. **ظروف الطقس المتوقعة خلال فترة التنفيذ.**
5. **المنشآت الصناعية على الطريق.**
6. **مدّة إزالة العوائق.**

10-جمع وتطبيع البيانات Collection and Normalization of Data:

(10-1) جمع البيانات:

تم جمع البيانات بشكل رئيس من "المؤسسة العامة للمواصلات الطرقية" في سورية والاستعانة بـ "الشركة العامة للطرق والجسور".

تمَّ التوصل لبيانات 40 مشروعاً لطريق سريع في سوريا بين العامين (1980-2018).

تمَّ تحديد البيانات المطلوبة حسب الدراسات السابقة بالإضافة لاستشارة الخبراء حسب الواقع المحلي.

وشملت البيانات ما يلي:

1. اسم الطريق.
2. الطول الكلي للطريق (كم).
3. مدة التنفيذ (يوم).
4. تاريخ بدء التنفيذ.
5. تاريخ انتهاء التنفيذ.
6. طبوغرافية المنطقة.
7. نوع التربة.

ISSN: 2706-6495

8. تأثير الظروف الطقس على المدة.
9. المنشآت الصناعية على الطريق.
10. مدة إزالة العوائق (يوم).

(2-10) معالجة وتطبيع البيانات:

بعد مرحلة جمع البيانات يحتاج نموذج الشبكة العصبونيّة لما يسمّى **بتطبيع البيانات أو تكميمها**، أي تحويل البيانات الوصفية إلى بيانات رقمية قابلة لتمثيل دخل الشبكة للحصول على الخرج المطلوب، بالإضافة إلى النظر بحيادية لمشكلات مجموعات البيانات كوجود نقص أو تفاوت في مجال كل مجموعة ومن ثم معالجة هذه المشاكل.

فتمت معالجة البيانات لتكون جميع البيانات ضمن المجال **[0,1]** كما يلي:

- من أجل عامل طبوغرافية المنطقة وعامل نوع التربة تم إدخالهم في الشبكة كدرجة من نسبة طول الطريق كما يلي، الشكل (10-1):

درجة الانحدار	معامل الانحدار	نوع الانحدار
النسبة من طول الطريق*معامل الانحدار	0.1	انحدار لطيف
	0.2	انحدار متموج
	0.3	معتدل الانحدار
	0.4	منحدر
	0.5	انحدار قوي
	0.6	حاد الانحدار

درجة رخاوة التربة	معامل التربة	نوع التربة
النسبة من طول الطريق*معامل التربة	0.1	رخوة(رملية)
	0.3	متماسكة(طينية)
	0.6	قاسية(صخرية)

الشكل 10-1 (معالجة بيانات عاملي طبوغرافية الأرض ونوع التربة)

- من أجل عامل المنشآت الصناعية وعامل ظروف الطقس تم إدخالهم في الشبكة كالتالي، الشكل (10-2):

معامل الطقس	تأثير الطقس
1	كبير
0.5	عادي
0	قليل

المعامل	المنشآت الصناعية
1	يوجد
0	لا يوجد

الشكل 10-2 (معالجة بيانات عاملي الطقس والمنشآت الصناعية)

- أما بالنسبة لطول الطريق ومدة إزالة العوائق ومدة التنفيذ تم تطبيع بياناتهم قبل إدخالهم في الشبكة وذلك لحصر كافة مجموعات البيانات ضمن المجال [0,1]، وذلك حسب العلاقة (10-1) التالية:

$$x' = (x - xmin)/(xmax - xmin)$$

باستخدام العلاقة (10-1) نتمكن من معالجة مجال البيانات لحصرها ضمن المجال **[0,1]** حيث:

ISSN: 2706-6495

- x: القيمة الأساسية
- x min: أصغر قيمة في مجال مجموعة البيانات
- x max: أكبر قيمة في مجال مجموعة البيانات
- x': القيمة الجديدة بعد المعالجة

11-تطوير النموذج Model Development:

(11-1) تحديد مدخلات ومخرجات الشبكة:

تتشكل الشبكة العصبونيّة من ستة مدخلات متمثلةً في العوامل الأكثر تأثيراً على مدّة تنفيذ الطريق السريع التي تمّ التوصل إليها وهي:

1. الطول الكلي للطريق.
2. موقع الطريق وطبوغرافية المنطقة.
3. نوع التربة.
4. ظروف الطقس المتوقعة خلال فترة التنفيذ.
5. المنشآت الصناعية على الطريق.
6. مدة إزالة العوائق.

وخرج وحيد وهو:

1. مدة تنفيذ الطريق السريع.

(11-2) تقسيم البيانات:

تمّ التوصل لـ **40** مجموعة من بيانات الطرق المنفذة في سورية، وتم تقسيمها كالتالي:

80% منها كعينات تدريب و**20%** كعينات اختبار؛ أي **32** عينة تدريب و**8** عينات اختبار.

(11-3) تصميم الشبكة العصبونيّة الصنعيّة:

يعبر مصطلح تصميم الشبكة العصبونيّة الصنعيّة عن: اختيار نوع الشبكة العصبونيّة الصنعيّة، وعدد الطبقات المخفية، وعدد العصبونات في كل طبقة، وتوابع التفعيل المستخدمة في كل طبقة.

ويتم التوصل لأفضل تصميم للشبكة العصبونيّة الصنعيّة عندما يتم الحصول على أقل نسبة خطأ في مرحلة تدريب النموذج واختباره، وبالتالي يتم تحديد التصميم الأفضل لنموذج الشبكة العصبونيّة الصنعيّة بعد تدريبه واختباره والنظر في نسبة الخطأ التي تم تحقيقها.

تمّ في هذا البحث استخدام شبكة عصبونيّة صنعية متعددة الطبقات ذات تغذية أمامية (Multi-Layer-Feed Forward ANN).

ISSN: 2706-6495

كما تم اتباع طريقة نمو الشبكة بدءاً من أصغر حجم ممكن حتى الوصول لأفضل أداء؛ حيث يتم البدء بطبقة مخفية واحدة وأقل عدد ممكن من العصبونات ومن ثمّ يزيد حجم الشبكة بإضافة طبقات مخفية جديدة وزيادة وعدد العصبونات في كل طبقة.

تمّ الاستعانة ببعض القواعد التجريبية التقريبية في تحديد مجال عدد العصبونات الذي يمكن البدء منه (Flood & Kartam. 1994):

$$\min = \frac{\text{input+output}}{2} = \frac{6+1}{2} = 3.5 = 4 \text{ neurons.... (1-11)}$$

$$\max = \frac{\text{number of training samble}}{2} - (\text{input} + \text{output}) = \frac{40}{2} - (6+1) = 13 \text{ neurons.... (2-11)}$$

تم الانطلاق في التصميم من طبقة مخفية واحدة وخمس عصبونات بكل طبقة مخفية، ثم تم زيادة العصبونات حتى 13 عصبون في الطبقة الواحدة، ثم يتم زيادة طبقة واحدة وزيادة عدد العصبونات فيها حتى الوصول لطبقتين مخفيتين وعشر عصبونات في كل طبقة مخفية.

بالنسبة لتابع التفعيل المستخدم تم اعتماد تابع السيغمويد ثنائي القطبية (الظل القطعي) (Tangent Sigmoid) ذي الرمز (tansig).

(4-11) تدريب نموذج الشبكة العصبونيّة الصنعيّة واختباره:

الهدف من تدريب الشبكة هو الحصول على الأوزان، بحيث تحصل الشبكة على العلاقات التي تربط العوامل المؤثرة في مدّة تنفيذ الطرق السريعة مع المدة، والهدف من الاختبار هو التحقق من صحة النموذج وإيجاد التصميم الأمثل الذي يعطي أقل نسبة خطأ أقل في تقدير المدّة.

تم تدريب واختبار نموذج الشبكة العصبونيّة على كافة التصاميم السابقة بالاستعانة **ببرنامج الـ (MATLAB)** وتم استخدام معدل تعلم (Learning Rate) مختلف حيث تم البدء بقيمة (Lr=0.01) ومن ثم إنقاصه بالتدريج إلى أن يتوقف التحسن في أداء الشبكة، ومن ثمّ تفريغ مخرجات كل شبكة وأخطائها في جداول ببرنامج أكسل.

بارامترات التدريب:

تم اختيار **برنامج MATLAB لتدريب واختبار الشبكة**، والذي يحتوي على صندوق أدوات للشبكة العصبونيّة الصنعيّة يضم مجموعة من البارامترات، والتي يتمكن المستخدم من خلالها التحكم بعملية التدريب وتحديد شروط إيقافها وبدئها لضبط سيرها، وتضم هذه البارامترات ما يلي:

Epoch: عدد مرات تكرار مرور أزواج التدريب.

goal: خطأ التدريب المستهدف وهو يمثل في حالة البحث (الخطأ المتوسط التربيع MSE).

ISSN: 2706-6495

time: طول وقت التدريب.

Lr: معدل التعليم.

min-grad: ميل منحني تابع الخطأ الأصغر.

mem-reduc: لتحديد الذاكرة التي ستشغلها الخوارزمية.

mu, mu-dec, mu-inc, mu-max: بارامترات مسؤولة عن تحديد قيمة **المعامل** μ وهو:

متحول قيمته صغيرة، يدخل في علاقة تحديث الأوزان ويتغير تبعاً لتغير قيمة الخطأ، فتنقص قيمته بعد كل خطوة ناجحة (انخفاض في تابع الأداء) وتتزايد قيمته عندما تزيد قيمة تابع الأداء، وذلك بهدف الوصول إلى النهاية الصغرى بأسرع وقت ممكن وتحقيق علاقة قريبة من **علاقة نيوتن** التي تضمن تجاوز النهايات المحلية لتابع الخطأ وصولاً للنهاية الصغرى، وكلما اقتربت قيمة المعامل من الصفر اقتربت العلاقة من علاقة نيوتن (سلامي 2009)، حيث:

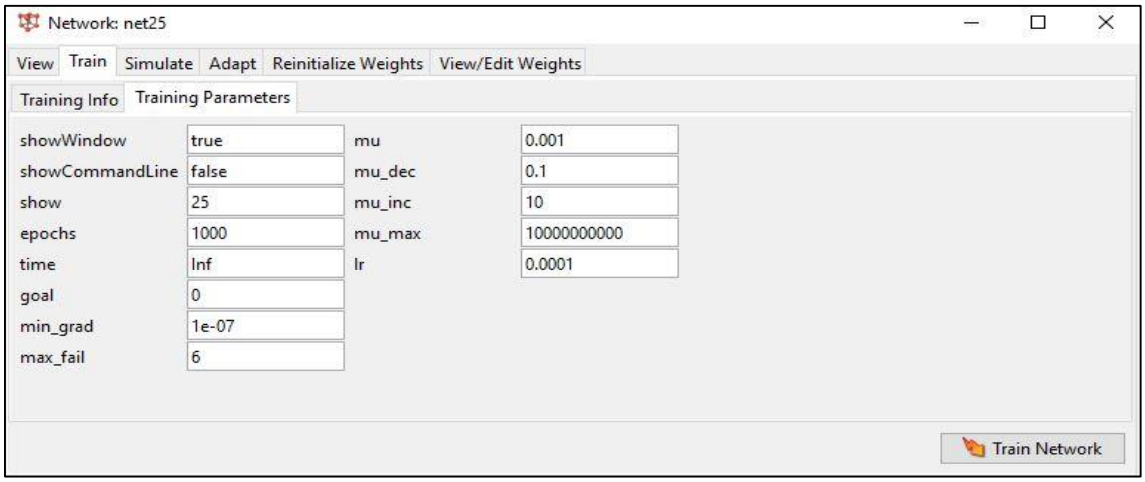
mu: القيمة الأولية لـ μ .

mu-dec: نسبة تخفيض قيمة μ عند انخفاض قيمة تابع الأداء.

mu-inc: نسبة زيادة قيمة μ عند زيادة قيمة تابع الأداء.

mu-max: القيمة العظمى لـ μ .

تم تحديد البارامترات السابقة في نموذج الشبكة العصبونيّة الصنعيّة في هذا البحث كما هو موضح بالشكل (11-1):



الشكل 11-1 (صندوق بارامترات التدريب)

تم تحديد الحد الأعظمي لتكرار دخول أزواج التدريب epochs=1000، وهو إحدى شروط إيقاف التدريب، واختيار وقت التدريب مفتوح.

تم تحديد قيمة goal=0 والتي تمثل قيمة الخطأ المتوسط التربيع MSE في مرحلة التدريب، وهي ليست من شروط إيقاف التدريب.

ISSN: 2706-6495

أما بالنسبة للخطأ المقبول به في مرحلة الاختبار تم اعتماد نسبة قصوى لا يمكن تجاوزها وهي **30%**، وتم تحديدها بعد استيضاح آراء الخبراء حول النسبة المقبولة لتقدير مدة تنفيذ الطرق السريعة في المراحل المبكرة للمشروع.

(5-11) مخرجات تدريب نماذج الشبكة العصبونيّة الصنعيّة:

بعد عملية جمع البيانات وتقسيمها وتحديد خيارات تصميم الشبكة العصبونيّة الصنعيّة وتحديد بارامترات التدريب كما تم توضيحه في الفقرات السابقة، تم إدخال بيانات التدريب بالاستعانة **برنامج MATLAB** واستخدام الخوارزمية ذات الرمز "trainbr" والتي ترتكز على خوارزمية "Marquardt Levenberg" المطورة عن خوارزمية الانتشار الخلفي. ثم تم تدريب كافة نماذج الشبكة المختلفة في التصميم واختبارها، ثم تفريغ مخرجات كل نموذج (Outputs) مع الأخطاء (Errors) الناتجة من الفرق بين مخرجات الشبكة العصبونيّة (Outputs) والقيم الفعلية المستهدفة للمدة (Targets) ضمن جداول **ببرنامج (Excel)**، من أجل المقارنة بين نماذج الشبكة واختيار النموذج الأمثل بواسطة تدريب واختبار كل بنية شبكة.

وذلك من خلال حساب متوسط نسبة الخطأ لكل نموذج **MAPE (Mean Absolute Percent Error)** من العلاقة التالية (Naik & Radhika.2015): حيث (n) عدد عينات التدريب:

$$\text{MAPE} = \frac{\Sigma\left[\frac{|\text{Targets}-\text{Outputs}|}{\text{Targets}}\right]*100}{\text{n}} \quad \ldots\ldots (3\text{-}11)$$

وتوضح الجداول (11-1)، (11-2) أداء كافة نماذج الشبكات العصبونيّة بعد الانتهاء من تدريبها واختبارها.

الجدول (11-1) (أداء الشبكة العصبونيّة الصنعيّة بطبقة مخفية واحدة)

عدد العصبونات	متوسط نسبة الخطأ (تدريب)	متوسط نسبة الخطأ (اختبار)	أعلى نسبة خطأ (اختبار)
5	0.1425	0.3894	0.5853
6	0.1214	0.4696	0.5812
7	0.2435	0.4612	0.5888
8	0.1858	0.3922	0.5470
9	0.1530	0.3516	0.5591
10	0.1101	0.3521	0.4779
11	0.1254	0.3077	0.4241
12	0.0758	0.2613	0.2920
13	0.0788	0.3046	0.4476

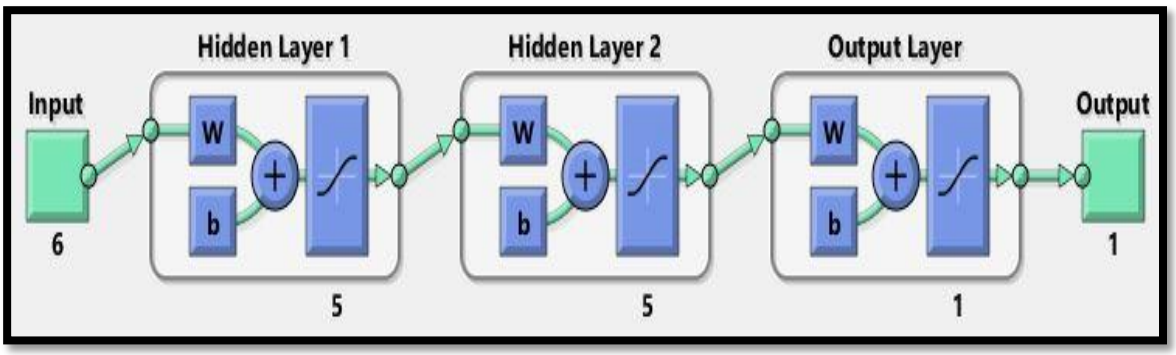
ISSN: 2706-6495

الجدول (11-2) (أداء الشبكة العصبونيّة الصنعيّة بطبقتين مخفيتين)

عدد العصبونات	متوسط نسبة الخطأ (تدريب)	متوسط نسبة الخطأ (اختبار)	أعلى نسبة خطأ (اختبار)
5	0.0050	0.1716	0.2098
6	0.0779	0.2931	0.3621
7	0.0836	0.2839	0.3386
8	0.0863	0.2487	0.4161
9	0.1031	0.3038	0.4161
10	0.1011	0.3376	0.4377

وعند مقارنة أداء النماذج المدربة والمختبرة تم الحصول على الشبكة الأكثر مثالية والمكونة **من طبقتين مخفيتين وخمسة عصبونات بكل طبقة مخفية**، كما هو موضح في الجدول (11-2).

ويبين الشكل (11-2) شكل الشبكة العصبونيّة الصنعيّة الأمثلية المكونة من طبقتين مخفيتين وخمسة عصبونات في كل طبقة مخفية، بالإضافة إلى طبقة المدخلات المكونة من ستة عوامل مؤثرة مدة تنفيذ الطرق السريعة في سورية، وطبقة المخرجات المكونة من خرج وحيد يمثل مدة تنفيذ الطرق السريعة في سورية.



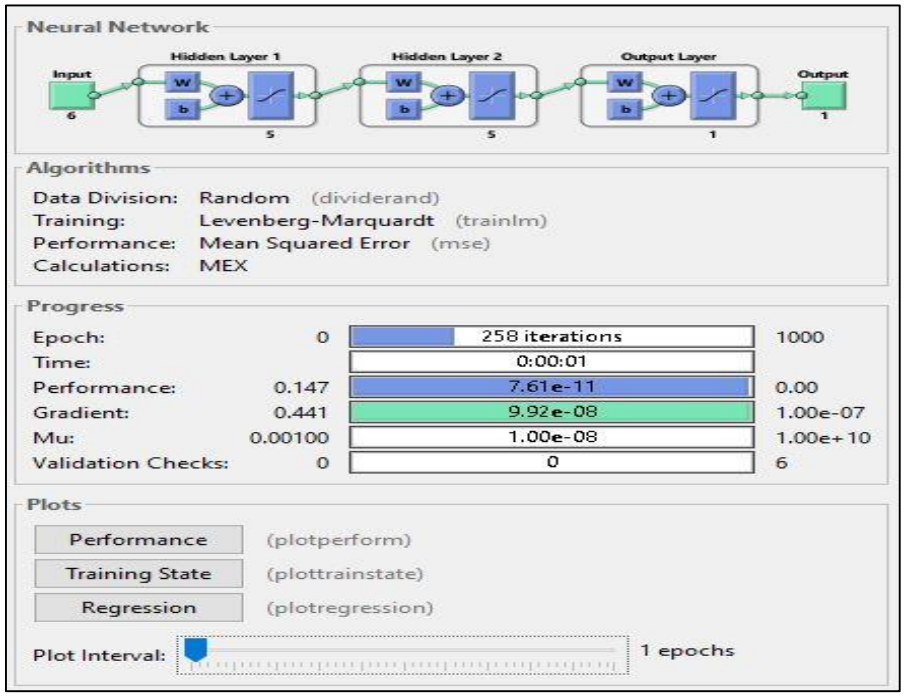
الشكل 11-2 (نموذج الشبكة العصبونيّة الأمثل)

(11-6) نتائج التدريب:

أظهرت نتائج التدريب التي أجريت لـ 32 عينة متوسط نسبة خطأ **(0.0051)**، وبأعلى نسبة خطأ ضمن مخرجات التدريب **(0.011)**.

يوضح الشكل (11-3) مربع حوار تدريب الشبكة العصبونيّة الصنعيّة:

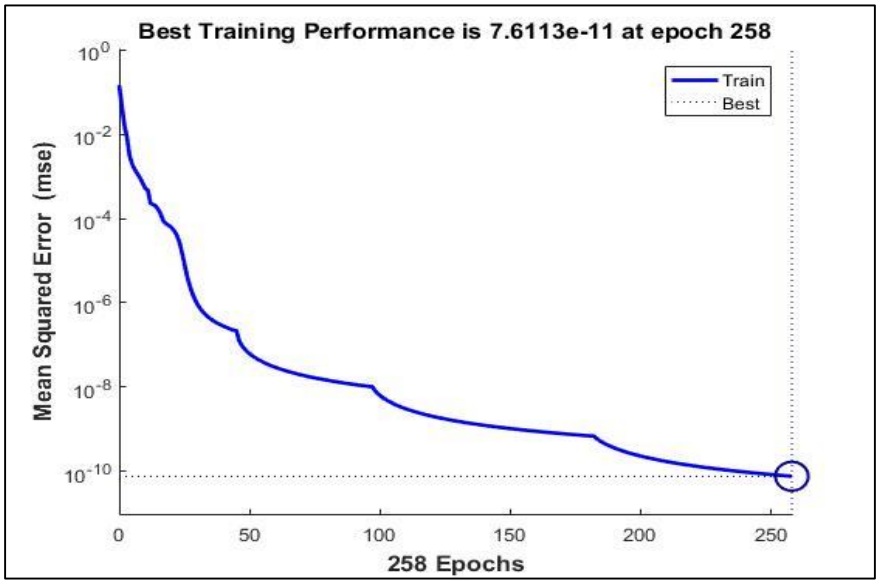
ISSN: 2706-6495



الشكل 11-3 (مربع حوار تدريب الشبكة العصبونيّة الصنعيّة)

يُظهر مربع الحوار شكل نموذج الشبكة خوارزمية التدريب المستخدمة، أما مخرجات عملية التدريب تبين أن عدد تكرارات دخول أزواج التدريب **258** تكرار تم الحصول فيها على قيمة لمتوسط مربع الأخطاء (Best Performance=7.61E-11)، وهي نسبة مقبولة بالنسبة للقيمة المستهدفة (goal=0)، وأن المدة التي تمت خلالها عملية التدريب ثانية واحدة، وتغير قيمة Mu ضمن المجال {0.001_1} وثبات قيمته عند (Mu=1E-0.8) يدل على الانتظام في تناقص الخطأ في عملية التدريب.

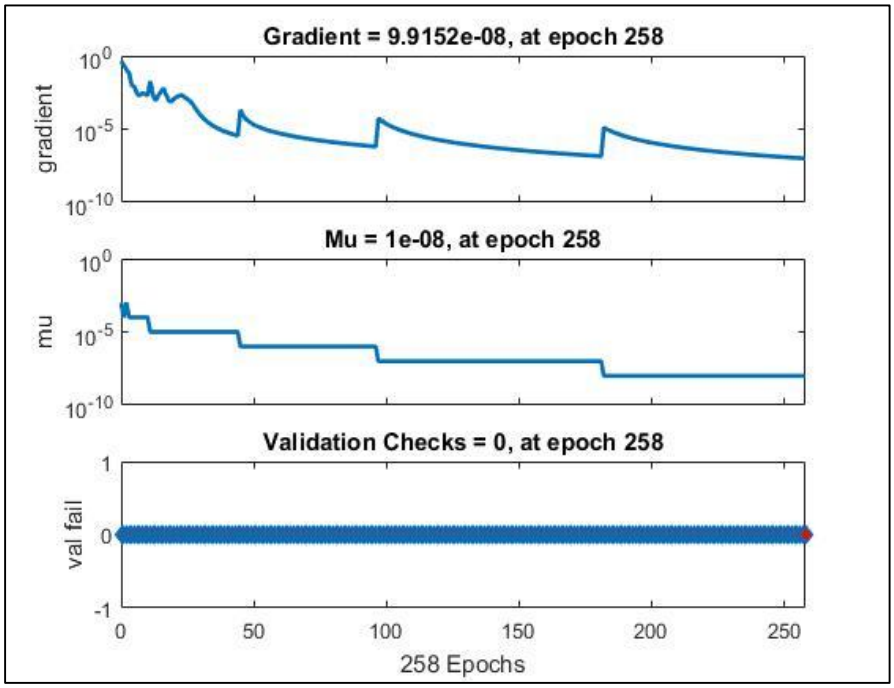
ISSN: 2706-6495



الشكل 11-4 (أداء الشبكة أثناء عملية تدريب الشبكة في كل تكرار)

يبين الشكل (11-4) أداء الشبكة العصبونيّة الصنعيّة خلال كافة التكرارات وانخفاضه بشكل تدريجي حتى الوصول إلى أصغر قيمة يمكن الوصول إليها، نلاحظ وجود انكسارات في المنحني يدل على اقتراب الشبكة في كل انكسار من نهاية محلية للخطأ، ولكن الشبكة تخرج منها في كل مرة لتعطي قيم أصغر للخطأ الناتج من التدريب، حتى الحصول على أفضل أداء عند التكرار **258** لقيمة للخطأ المتوسط التربيع بلغت (7.61E-11) بقيمة مقبولة بالنسبة للقيمة المستهدفة (goal=0).

ISSN: 2706-6495



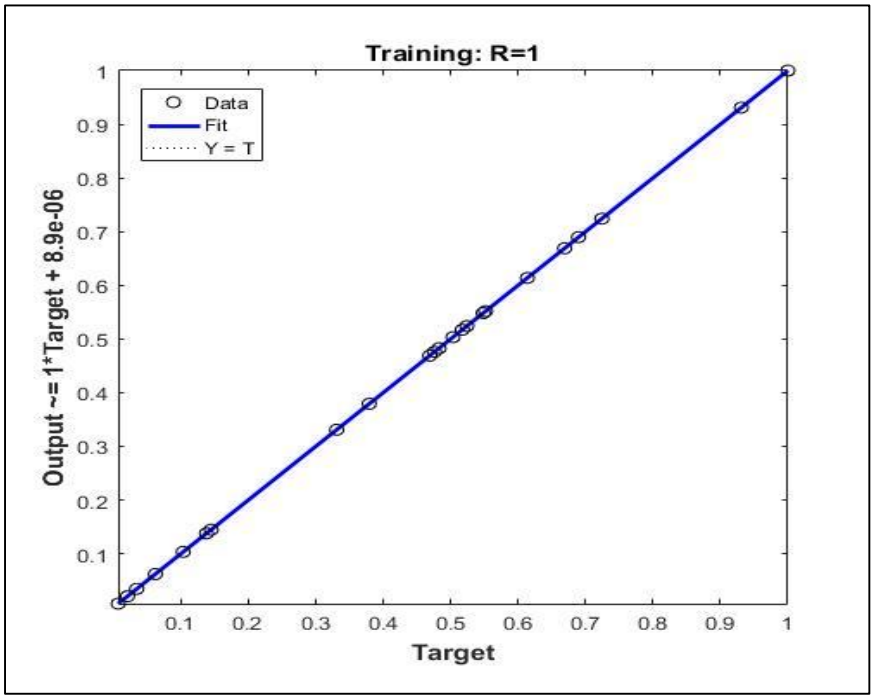
الشكل 11-5 (حالة التدريب)

يوضح الشكل (11-5) حالة التدريب ويبين تغير منحني ميل منحني تابع الخطأ مع كل دخول زوجي تدريب، حيث يُظهر المنحني انكسارات عديدة في أول 50 تكرار، وذلك نتيجة اقتراب الشبكة العصبونيّة الصنعيّة من الدخول في نهاية محلية للخطأ في أول 50 تكرار، ومن ثم اقتراب قيمته من الانتظام حتى الوصول إلى قيمة (Gradient=9.92E-08).

كما يُظهر منحني تغير قيمة Mu مع كل دخول زوجي تدريب تتالي انخفاض قيمة المعامل مع زيادة التكرارات حتى ثبات قيمة المعامل (Mu=1E-0.8) والتي تدل على وجود انتظام في انخفاض قيمة الخطأ حيث تدخل قيمتها في علاقة تحديث الأوزان في كل تكرار.

أما بالنسبة لقيم التحقق (Checks Validation) فهي معدومة وذلك لأن التدريب تم بقصد التدريب دون التحقق والاختبار.

ISSN: 2706-6495



الشكل 11-6 (الارتباط بين مخرجات الشبكة العصبونيّة المدربة والقيم المستهدفة)

يبين الشكل (11-6) وجود ارتباط قوي أثناء عملية التدريب بين مخرجات الشبكة (Output) والقيم المستهدفة (Target)، حيث إن قيمة معامل الارتباط **(R=1)** خلال عملية التدريب، وهذا يدل على وجود علاقات تربط بين العوامل المؤثرة في مدة تنفيذ الطرق مع المدة، ولكن نجاح عملية الاختبار وقبول نسبة الخطأ فيها هي ما يحدد وجود العلاقة بين العوامل والمدة.

(11-7) نتائج الاختبار:

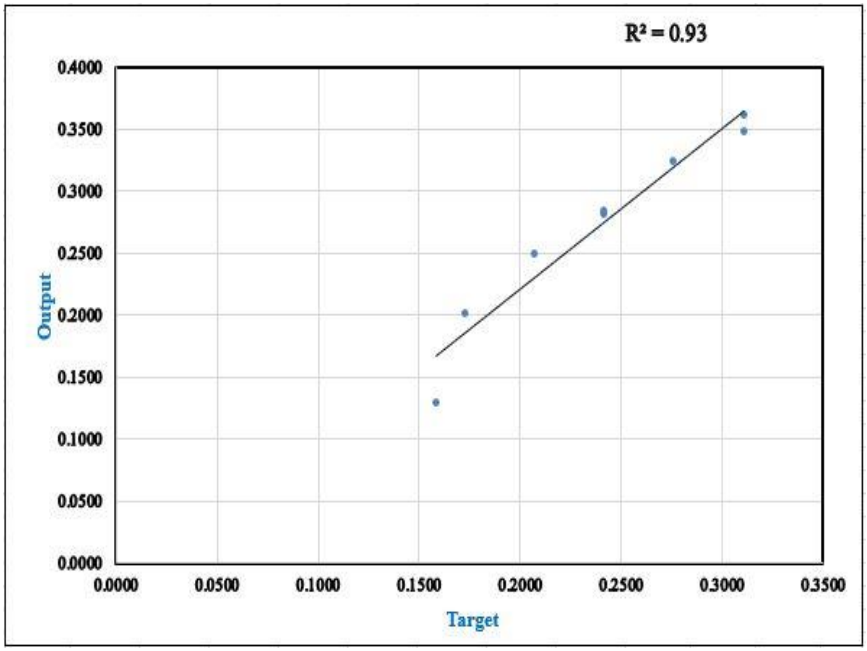
أظهرت نتائج الاختبار التي أجريت لـ 8 عينات متوسط نسبة خطأ **(17.16%)** وهي نسبة مقبولة جداً تنمي لمجال الخطأ في الدراسات السابقة والذي يتراوح بين **[15%،30%]**، وبأعلى نسبة خطأ ضمن مخرجات الاختبار **(21%)** وهي نسبة مقبولة بالنظر إلى نسبة الخطأ القصوى المقبولة لتقدير مدة تنفيذ الطرق السريعة في المراحل المبكرة حسب رأي الخبراء والتي تتراوح بحدود الـ **(30%)**، كما يوضح الجدول (11-3):

ISSN: 2706-6495

الجدول (11-3) (نتائج الاختبار)

net 25	Output	0.1293	0.2019	0.2503	0.2821	0.2840	0.3242	0.3481	0.3616
	Target	0.1586	0.1724	0.2069	0.2414	0.2414	0.2759	0.3103	0.3103
	Erore	0.0293	-0.0295	-0.0434	-0.0407	-0.0426	-0.0483	-0.0378	-0.0513
	ABS(Erore)	0.0293	0.0295	0.0434	0.0407	0.0426	0.0483	0.0378	0.0513
	نسبة الخطأ للزمن الحقيقي	0.1847	0.1711	0.2098	0.1686	0.1763	0.1751	0.1219	0.1654

يبين الشكل التالي (11-7) وجود ارتباط قوي أثناء عملية الاختبار بين مخرجات الشبكة (Output) والقيم المستهدفة (Target)، حيث إن قيمة معامل الارتباط **(R=0.93)**، وهذا يدل على وجود علاقات قوية تربط بين العوامل المؤثرة في المدة وبين مدة تنفيذ الطرق السريعة في سورية.



الشكل 11-7 (الارتباط بين مخرجات الشبكة العصبونيّة والقيم المستهدفة)

(11-8) معادلة نموذج الشبكة العصبونيّة الصنعيّة:

يتكون النموذج من طبقتين مخفيتين وخمسة عصبونات بكل طبقة مخفية وتتشكل معادلة هذا النموذج من سلسلة من التوابع بين طبقة وأخرى وهي:

ISSN: 2706-6495

- **تابع تفعيل الخرج:**

$$\mathrm{Zo} = \mathrm{f(net3)} = \frac{2}{1 + \exp^{-2*\mathrm{net3}}} - 1$$

الدخل المقدم إلى الخرج:

$$\mathrm{net3} = \sum (\mathrm{Wok} * \mathrm{Zk}) + \mathrm{b3}$$

Wok: الأوزان بين الطبقة المخفية الثانية وطبقة الخرج.

b3: الانحيازيات بين الطبقة المخفية الثانية وطبقة الخرج.

Zk: خرج عصبونات الطبقة المخفية الثانية.

حيث يوضح الجدول (11-4) قيم الأوزان (Wok) والانحياز (b3) بين الطبقة المخفية الثانية وطبقة الخرج.

- **تابع تفعيل الطبقة المخفية الثانية:**

$$\mathrm{Zk} = \mathrm{f(net2)} = \frac{2}{1 + \exp^{-2*\mathrm{net2}}} - 1$$

الدخل المقدم إلى الطبقة المخفية الثانية:

$$\mathrm{net2} = \sum (\mathrm{Wkj} * \mathrm{hj}) + \mathrm{b2}$$

Wkj: الأوزان بين الطبقة المخفية الأولى والطبقة المخفية الثانية.

b2: الانحيازيات بين الطبقة المخفية الأولى والطبقة المخفية الثانية.

hj : خرج عصبونات الطبقة المخفية الأولى.

حيث يوضح الجدول (11-5) قيم الأوزان (Wkj) والانحياز (b2) بين الطبقة المخفية الأولى والطبقة المخفية الثانية.

ISSN: 2706-6495

- **تابع تفعيل الطبقة المخفية الأولى:**

$$hj = f(net1) = \frac{2}{1 + \exp^{-2*net1}} - 1$$

الدخل المقدم إلى الطبقة المخفية الثانية:

$$net1 = \sum (Wji * xi) + b1$$

Wji: الأوزان بين طبقة الدخل والطبقة المخفية الأولى.

b1: الانحيازيات بين طبقة الدخل والطبقة المخفية الأولى.

xi: خرج عصبونات طبقة الدخل.

حيث يوضح الجدول (11-6) قيم الأوزان (Wji) والانحياز (b1) بين طبقة الدخل والطبقة المخفية الأولى.

الجدول (11-4) (الأوزان والانحياز بين الطبقة المخفية الثانية وطبقة الخرج)

الأوزان من عصبونات الطبقة المخفية الثانية إلى طبقة الخرج (Wok)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**الانحياز (b3)**
1	-0.501	1.0557	-2.848	-2.897	-1.4246	**-0.1289**

ISSN: 2706-6495

الجدول (11-5) (الأوزان والانحياز بين الطبقة المخفية الأولى والطبقة المخفية الثانية)

الأوزان من عصبونات الطبقة المخفية الأولى إلى الطبقة المخفية الثانية (Wkj)	1	2	3	4	5	الانحياز (b2)
1	0.900	0.064	1.033	-0.854	-1.033	**-2.077**
2	-0.436	1.989	-1.042	0.368	-0.216	**1.399**
3	1.618	1.719	1.986	-1.371	0.417	**0.725**
4	-2.162	-0.268	-0.642	1.987	-0.161	**-1.078**
5	-0.438	1.628	-0.188	-0.426	-1.501	**1.737**

الجدول (11-6) (الأوزان والانحياز بين طبقة الدخل والطبقة المخفية الأولى)

الأوزان من عصبونات طبقة الدخل إلى الطبقة المخفية الأولى (Wji)	الطول الكلي للطريق	طبوغرافية المنطقة	نوع التربة	تأثير ظروف الطقس على المدة	المنشآت الصناعية على الطريق	مدة إزالة العوائق	الانحياز (b1)
1	0.9676	1.6595	-1.558	1.1371	-0.9838	0.7766	**-0.7370**
2	-0.721	0.8236	-0.901	0.0422	-1.062	-1.5151	**-0.0594**
3	-1.112	-0.541	1.6826	1.2754	1.1699	0.6983	**0.20552**
4	-0.543	0.8297	-1.151	1.8768	0.397	-1.1575	**0.59262**
5	-0.549	-1.134	0.6668	0.8542	0.8582	-1.0063	**1.9833**

ISSN: 2706-6495

12-نتائج البحث Conclusions:

1. إن الأداء الذي يقدمه نموذج الشبكة العصبونيّة الصنعية في تقدير مدة تنفيذ الطرق السريعة في سورية هو أداء جيد مقارنةً بالنماذج الموجودة في الدراسات والأبحاث السابقة، حيث أظهرت نتائج الاختبار متوسط نسبة خطأ (17.16%) وهي نسبة مقبولة جداً تنمي لمجال الخطأ في الدراسات السابقة والذي يتراوح بين [15 %،30 %]، وبأعلى نسبة خطأ ضمن مخرجات التدريب (21%) وهي نسبة مقبولة بالنظر إلى نسبة الخطأ القصوى المقبولة لتقدير مدة تنفيذ الطرق السريعة في المراحل المبكرة حسب رأي الخبراء والتي تتراوح بحدود الـ (30 %)، ويعود ذلك لجدارة الشبكة العصبونيّة الصنعية بالإضافة لقوة الارتباط بين العوامل المؤثرة المختارة وبين مدة في تنفيذ الطرق السريعة.
2. يتيح النموذج المطور سرعة في الحصول على تقدير لمدة تنفيذ الطرق السريعة في سورية، وسهولة الاستخدام للمستخدمين المحتملين حيث إن مدخلات النموذج واضحة في وليست مستنتجة.
3. كما يحقق النموذج هدف التقدير الأساسي المطلوب في مرحلة الفكرة؛ حيث إن البيانات المطلوبة هي بيانات غير فنية وأولية جداً يمكن الحصول عليها في مرحلة دراسة الجدوى قبل الخوض في مراحل التصميم اللاحقة.
4. يتيح هذا النموذج الرأي الخبير من خلال قدرته على الربط بين المدة والعوامل المؤثرة فيها بالاستناد إلى بيانات مشاريع سابقة.

13-التوصيات والمقترحات Recommendations:

1. العمل على تطوير نموذج لتقدير **كلفة** تنفيذ الطرق السريعة في سورية في مرحلة الفكرة.
2. يمكن الاستفادة مستقبلاً من النموذج المقدم لتقدير مدة تنفيذ الطرق السريعة في سورية في المراحل المتقدمة للمشروع كمرحلة **التنفيذ**، والمقارنة بين نتائج النموذجين لبيان جدوى المشروع وسيره ضمن المدى المخطط له.

14-المراجع References:

المراجع العربية:

1. (سلطان) استرجعت بتاريخ (2014) **مراحل تشييد الطريق (Highway Construction Stages).**

(https://www.yumpu.com/en/document/view/37011860/highway-construction-stages)

2. سلامي، علوان. (2009). **تقدير الكلفة الأولية لمشاريع شبكات الصرف باستخدام الشبكات العصبونيّة**. رسالة ماجستير-جامعة دمشق-كلية الهندسة المدنية-قسم الإدارة الهندسية والتشييد.

ISSN: 2706-6495

3. الكرمو، أحمد. (2001). **الشبكات العصبونيّة الصّنعية بين النظرية والتطبيق.** المركز العربي للترجمة والتعريب- دمشق.

4. مياسة، لجين. (2012). **مقاربة لضبط الكلفة لأعمال الإكمالات في الأبنية السكنية خلال مراحل التصميم.** رسالة ماجستير-جامعة تشرين-كلية الهندسة المدنية-قسم الإدارة الهندسية والتشييد.

5. ناجي، رنا. كاظم، إحسان. (2016). **أمثلية استخدام الشبكات العصبونيّة الصنعيّة للتنبؤ بأعداد وفيات الأطفال في محافظة النجف.** مجلة الغزي للعلوم الاقتصادية والإدارية. 13(38)، 311-320 .

6. نصير، إبراهيم. (2006). **إدارة مشروعات التشييد**، القاهرة-دار النشر للجامعات.

المراجع الأجنبية:

1. Adeli, H. (2001). **Neural networks in civil engineering: 1989–2000**. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 16(2), 126-142.

2. ANTOHIE, e. (2010). **THE ROLE OF ESTIMATION ON CONSTRUCTION LIFE CYCLE.** Buletinul Institutului Politehnic din Iasi. Sectia Constructii, Arhitectura, 56(1), 27.

3. ATTAL, A. (2010). **Development of Neural Network Models for Prediction of Highway Construction Cost and Project Duration.** (Doctoral dissertation, Ohio University).

4. Aziz, R. F., & Abdel-Hakam, A. A. (2016). **Exploring delay causes of road construction projects in Egypt**. Alexandria Engineering Journal, 55(2), 1515-1539.

5. Dagostino, f. R., & Peterson, s. J. (2011). **Estimating in Building Construction.**

6. ElSawy, I., Hosny, H., & Razek, M. A. (2011**). A neural network model for construction projects site overhead cost estimating in Egypt**. arXiv preprint arXiv: 1106.1570.

7. Flood, I., & Kartam, N. (1994). **Neural networks in civil engineering. I: Principles and understanding**. Journal of computing in civil engineering, 8(2), 131-148.

ISSN: 2706-6495

8. Haddad, O. B., Sharife, F., & Alimohammadi, S. (2005, June). **ANN in river flow forecasting**. In Proceedings of the 6th WSEA Int. Conf. on Evolutionary Computing, Lisbon, Portugal (pp. 316-324).

9. Hsu, K. L., Gupta, H. V., & Sorooshian, S. (1995). **Artificial neural network modeling of the rainfall- runoff process**. Water resources research, 31(10), 2517-2530.

10. Jiang, Y., & Wu, H. (2007**). A method for highway agency to estimate highway construction durations and set contract times**. International Journal of Construction Education and Research, 3(3), 199-216.

11. Kulkarni, P., Londhe, S., & Deo, M. (2017). **Artificial neural networks for construction management: a review**. Journal of Soft Computing in Civil Engineering, 1(2), 70-88.

12. Mensah, I., Adjei-Kumi, T., & Nani, G. (2016). **Duration determination for rural roads using the principal component analysis and artificial neural network**. Engineering, Construction and Architectural Management.

13. Pathiranage, Y. L. (2010). **Factors influencing the duration of road construction projects in Sri Lanka** (Doctoral dissertation).

14. Ritu, Sangita. & Saroha, V. (2013). **Neural Networks,** International Journal of Current Engineering and Technology, ISSN, 2277 – 4106.

15. Senior, B. A., & Halpin, D. W. (2011). **Construction Management**.

16. Williams, R. C. (2008). **The development of mathematical models for preliminary prediction of highway construction duration** (Doctoral dissertation, Virginia Tech).

الدراسات السّابقة:

1. Irfan, M., Khurshid, M. B., Anastasopoulos, P., Labi, S., & Moavenzadeh, F. (2011). **Planning-stage estimation of highway project duration on the basis of anticipated**

ISSN: 2706-6495

project cost, project type, and contract type. International Journal of Project Management, 29(1), 78-92.

2. Jeong, H. S., Atreya, S., Oberlender, G. D., & Chung, B. (2009). **Automated contract time determination system for highway projects**. Automation in construction, 18(7), 957-965.

3. Naik, G. M., & Radhika, V. S. B. (2015). **Time and cost analysis for highway road construction project using artificial neural networks**. KICEM Journal of Construction Engineering and Project Management, 4(3), 26-31.

4. Peško, I., Mučenski, V., Šešlija, M., Radović, N., Vujkov, A., Bibić, D., & Krklješ, M. (2017). **Estimation of costs and durations of construction of urban roads using ANN and SVM**. Complexity, 2017.

5. Pewdum, W., Rujirayanyong, T., & Sooksatra, V. (2009). **Forecasting final budget and duration of highway construction projects**. Engineering, Construction and Architectural Management.

6. Son, J., Khwaja, N., & Milligan, D. S. (2019). **Planning-Phase Estimation of Construction Time for a Large Portfolio of Highway Projects**. Journal of Construction Engineering and Management, 145(4), 04019018.

7. Taylor, T. R., Brockman, M., Zhai, D., Goodrum, P. M., & Sturgill, R. (2012). **Accuracy analysis of selected tools for estimating contract time on highway construction projects**. In Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World (pp. 217-225).

جميع الحقوق محفوظة 2021 ©، الدكتور/ ماهر عوض مصطفى، هدى محمد سبسوب، المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي.

(CC BY NC)