Developing a Model to Estimate the Actual Productivity of Loader in Construction Projects

Dr. Fayez Ali Jrad*
Noura Samir Joulak**

(Received 31 / 10 / 2019. Accepted 29 / 4 / 2020)

□ ABSTRACT □

The estimation of productivities for earthmoving equipment in construction project is an important operation to estimate the overall cost of it, whereit helps in making an accurate schedule so it prevents the total cost from overrunning. This study aimed to develop a rigorous methodology to estimate the actual productivity for one of the most important earthmoving equipment, Loader, using artificial neural networks technique, a theoretical study was conducted to realize the concept of the actual productivity for Loader and to know how it had been predicted in an inaccurate way, in addition to that a range of influential factors which affectson it was adopted, then data about that factors has been collected for 123 construction projects inthe Syrian Coast, then it has been analyzed to know the importance of the influential factors and sorted them using SPSS software.
At the end of this research, an artificial neural network design for predicting the actual productivity forLoader has been done, after it had been trained and tested, the income layer consists of 11 variables, the network includes one hidden layer with 10 neurons, while the output layer consists of a single neuron which represents the value of the actual productivity.

Keywords: ANN, Loader, Productivity.

*Associate Professor, Department of Construction Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
**Postgraduate Student, Department of Construction Management and Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

تطوير نموذج لتقدير إنتاجية التراكس الاستثمارية في المشاريع الإنشائية

د. فايز علي جراد*

نورا سمير جولاق**

(تاريخ الإيداع 31 / 10 / 2019. قُبِل للنشر في 29/ 4 / 2020)

□ ملخّص □

تعتبر عملية تقدير إنتاجياتآليات الأعمال الترابية في المشاريع الإنشائية من العمليات الهامة للتنبؤ بتكاليف المشروع الإنشائي، فهي تساعد في وضع مخطط زمني دقيق للمشروع ومنه ليتم ضبط الكلفة المحددة له وضمان عدم تجاوزها.

تهدف هذه الدراسة إلى تطوير منهجية دقيقة لتقدير الإنتاجية الاستثمارية لإحدى أهم آليات الأعمال الترابية وهي التراكس وذلك باستخدام تقنية الشبكات العصبونية الاصطناعية، فقد تم إجراء دراسة نظرية لمفهوم إنتاجية التراكس والتعرف إلى طرق تقديرها قديماً بشكل غير دقيق، كما تم اعتماد مجموعة من العوامل المؤثرة عليها ومن ثم تم جمع بيانات عن قيم تلك العوامل ل123 مشروع إنشائي في الساحل السوري، وبعدها تم إجراء تحليل لأهمية العوامل المؤثرة وترتيبها تبعاً للبيانات التي تم جمعها عن طريق برنامج SPSS.تم في نهاية هذا البحث تصميم نموذج شبكة عصبونية صـــنعية للتنبؤ بإنتاجـــيـــة التراكس الاستـــثمارية وذلك بعد تدريبها واختبارها، تتألف طبقة الدخل للشبكة العصبونية من 11 متغير، وتتضمن طبقة خفية واحدة تحوي 10 عصبونات، أما طبقة الخرج فتتألف من عصبون واحد يمثل قيمة الإنتاجية الاستثمارية للتراكس.

الكلمات المفتاحية: الشبكات العصبية الصنعية، تراكس، الإنتاجية.

* **أستاذ مساعد – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

** **طالبة ماجستير – قسم هندسة وإدارة التشييد – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.**

مقدمة:

يعتبر التراكسLoaderآلية عامة متعددة الوظائف ذاتية الحركة ذات عمل دوري تتمتع بالقدرة على المناورة، حيث أنه يستخدم في تحميل التربة وأحياناً حفر التربة متوسطة القساوة، كما يمكن أن يقوم بالأعمال التالية: حفر الترب ذات المقاومة الضعيفة والمتوسطة – تحميل التربة المحفورة والمجروفة بواسطة البلدوزر – تحميل الحصويات في المقالع – تحميل الأتربة من حفر الاستعارة – نقل التربة لمسافات محدودة، كما أنه يتميز بسهولة الحركة وسرعة العمل وانخفاض تكاليف التشغيل وبالتالي يعتبر التراكس من أهم آليات الأعمال الترابية في المشاريع الإنشائية.

أنواعه:1- تراكس يتحرك على دواليب مطاطية: حيث يمكن أن يتم وقاية الدواليب المطاطية بواسطة سلاسل معدنية توضع خاصةً في المناطق الوعرة، يتميز هذا النوع بخفة الحركة والإنتاجية العالية وسهولة القيادة.

2- تراكس يتحرك على جنازير: يتميز هذا النوع بأنه أكثر استقراراً من المدولب، وأن استخدامه مجدي في الترب الصعبة والصخرية لأنه يؤمن قوى انغراس كبيرة[1].

غالباً ما يستهان بتقدير إنتاجية التراكس الفعلية كغيره من الآليات الترابية وخاصة بالنسبة للمقاولين أثناء التقدم للمناقصة، فإما أن يتم اعتبار قيمة إنتاجيته الفعلية الاستثمارية قريبة من قيمة إنتاجيته التصميمية –والتي يمكن تحقيقها فقط عند عمله في ظروف مثالية– دون الأخذ بعين الاعتبار ظروف العمل الواقعية التي توثر على الإنتاجية والتي تأخذ بالحسبان تأثير الظروف الجوية وتنظيم العمل ودرجة استخدام الآلية خلال الزمن[2]، وقد أثبتت الدراسات السابقة اختلاف قيمة الإنتاجية التصميمية للآليات الترابية عن قيمة الإنتاجية الاستثمارية لها بشكل واضح، حيث وجد أن الإنتاجية الفعلية للآليات الترابية تقدر ب 52.5% من الإنتاجية التصميمية [3]، كما أن الإنتاجية الفعلية للحفارات الأمامية تشكل 37% من إنتاجيتها التصميمية[2]، كما أثبتت الدراسة[4] أن نسبة قيمة الإنتاجية الاستثمارية للمداحل ذات أرجل الغنم إلى قيمة إنتاجيتها التصميمية تقدر ب 0.32 في حين أن التراكس يملك أعلى فعالية بنسبة تقدر ب 0.6 أما بالنسبة للبلدوزرات فقد قدرت نسبتها ب 0.5.

وقد يلجأ بعض المهندسون إلى تقدير إنتاجيته الاستثمارية بناء على بيانات مشاريع قديمة موثقة أو اعتماداً على خبرات متراكمة لأعمال سابقة، وأيضاً هذا ليس كافياً للحصول على نتائج دقيقة لأن قيم إنتاجية الآلية تختلف من مشروع إلى آخر، وخاصةً أن الأعمال الترابية معقدة التخطيط نظراً لطبيعتها و بيئة عملها والظروف الجوية المختلفة التي تعمل بها الآليات [7][6] [5] [1]،وبالتالي تلك التوقعات غير الدقيقة للإنتاجيات تؤثر سلباً على تنظيم المخطط الزمني للمشروع وبالتالي تؤدي إلى انحراف الزمن مما يؤثر على كلفة المشروع الكلية وهنا تكمن مشكلة البحث.

أهمية البحث وأهدافه:

الهدف الرئيس من هذا البحث هو تقدير إنتاجية التراكس الاستثمارية بشكل دقيق باستخدام إحدى تطبيقات الذكاء الصنعي وهي الشبكات العصبونية الصنعية في مرحلة تقدم المقاول للعطاء مما سيؤدي تباعاً إلى ضبط الكلفة المتوقعة للأعمال الترابية التي يقوم بها التراكس وإنجاز مخطط زمني دقيق لها وبالتالي سينتج تأثير ملحوظ لدقة تلك الأعمال على كلفة و زمن المشروع الكلي، وهذا يساعد على إدارة المشروع بشكل أفضل واختيار فرق العمل المثلى التي تحقق إنتاجيات أعلى و كلف أقل.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في إمكانية تطبيق النموذج المقدم (شبكة عصبونية) للاستفادة منه عند التقدير الدقيق لإنتاجية التراكس الاستثمارية في مشاريع التشييد في سوريا من قبل المقاولين عند التقدم للمناقصة، كما يقدم مساعدة للجهة المالكة عند القيام بإعداد الأعمال الترابية في الكشف التقديري بشكل دقيق، مما يساعد في التقدير الدقيق لكلف المشروع المخطط لها وإنجاز المشروع في وقته المحدد، وبالتالي تكوين صورة مالية واضحة كون الأعمال الترابية تشكل جزءاً هاماً من المشروع، بالإضافة إلى ذلك فإن التنبؤ الدقيق بذلك يساعد المهندس في إدارة طواقم الآليات بشكل أفضل أثناء عمليات التشييد.

طرائق البحث ومواده:

يتبع هذا البحث المنهج الوصفي التحليلي لبيان طبيعة العلاقة وقوة الارتباط ما بين الإنتاجية الاستثمارية للتراكس والعوامل المؤثرة عليها حيث تم تحليل ما تم جمعه من البيانات باستخدام برنامج SPSS وذلك عن طريق القيام بعمليتي الارتباط والانحدار بين قيم العوامل المؤثرة وقيم التابع الهدف، ثم تم تحديد أهمية تأثير كل عامل مؤثر على مخرج الشبكة، ومنه تم تحديد العوامل المؤثرة على الإنتاجية الاستثمارية للتراكس بشكل نهائي، ومن ثم تم اعتماد طريقة المحاكاة الحاسوبية والنمذجة الرياضية باستخدام MATLABحيث تم تصميم شبكة عصبونية للتنبؤ بقيمة الإنتاجية الاستثمارية للتراكس، ليتم تدريبها واختبارها للتحقق من نتائجها بشكل دقيق.

العوامل المؤثرة على الإنتاجية الاستثمارية للتراكس وفقاً للمراجع:

بالعودة إلى الدراسات المرجعية وإجراء عملية رصد لآراء المهندسين وذوي الخبرة بخصوص هذا الموضوع، وبالاستناد إلى دليل تحليل الأسعار السوري لأعمال المشاريع المائية الصادر عن وزارة الإسكان والتعمير للعام 2009 تم تحديد العوامل المؤثرة على إنتاجية التراكس الاستثمارية كما يلي[1][8]:

1- **نوع التراكس (دولاب – جنزير)** : حيث أن التراكس الذي يتحرك على دواليب مطاطية يتمتع بإنتاجية استثمارية أعلى من التراكس الذي يتحرك على جنزير.

2- **عامل الجاهزية الفنية (عمر التراكس):** حيث أن عامل الجاهزية الفنية تحدد قيمته بين 0.7 و 1.0 وفقاً لعمر الآلية، وكلما كان عمر التراكس أصغر كلما كان عامل الجاهزية الفنية أكبر وكلما زادت الإنتاجية الاستثمارية لذلك التراكس.

3- **عامل امتلاء السطل بالتربة الطبيعية (نوع التربة):** إن عامل امتلاء السطل يحدد وفقاً لنوع التربة المحفورة، وهو يؤثر بشكل مباشر على إنتاجية التراكس الاستثمارية فكلما كان أكبر كلما زادت قيمة الإنتاجية الاستثمارية، حيث أن معامل امتلاء الوعاء بالتربة وهي في حالتها الطبيعية Kt يساوي إلى معامل امتلائه بالتربة نفسها وهي في حالتها المخلخلة مقسومةً على معامل خلخلة التربة في الوعاء $kt = \frac{kn}{kb}$

ويمكن الحصول عليه بسهولة أثناء التنفيذ وهو يساوي حاصل قسمة حجم التربة المنزوعة من الأرض على عدد الأوعية الحاصل من حفر هذه التربة مضروبة بحجم الوعاء الواحد.

وكلما زاد معامل امتلاء الدلو بالتربة –المتعلق بنوع التربة– كلما زادت إنتاجية التراكس الاستثمارية.

4- **عامل مستوى السائق (مهارة السائق أو خبرته):** وهو يتعلق بمدى استيعاب السائق للآلية، فكلما كان ماهراً وخبيراً في قيادتها كلما ارتفعت قيمة هذا العامل وكلما زادت إنتاجية التراكس الاستثمارية.

5- **درجة الحرارة :** حيث وجد أن إنتاجية الآليات الاستثمارية تقل في مواسم الحر، وتزداد بانخفاض درجات الحرارة.

6- **الهطول المطري:** حيث أن هطول المطر يعيق حركة الآليات وبالتالي يؤدي إلى انخفاض قيم إنتاجياتها الاستثمارية على أرض العمل.

7- **ارتفاع موقع العمل بالنسبة لسطح البحر:** بسبب ارتفاع الآليات عن سطح البحر، وجد أن المحركات الضخمة (ذات الأشواط الأربعة) تفقد 0.03 من قوتها، كلما ارتفعنا 300 م بعد ال300 متر الأولى عن سطح البحر، وذلك بسبب نقص الأوكسجين مع زيادة الارتفاع عن سطح البحر، أما بالنسبة للمحركات العادية (ذات الشوطين)، فإن الفقدان من قوتها يعادل 0.01 من القدرة الحصانية، كلما ارتفعنا 300م بعد ال300م الأولى من سطح البحر.

ويمكن التغلب على الفقدان في القدرة الحصانية بتزويد المحرك بجهاز صغير يضغط الهواء داخل المحرك، وبالتالي يعوّض عن قلة نسبة الأوكسجين وعلى أي ارتفاع.

8- **نوع العجلات:** إن نوع العجلات يؤثر على إنتاجية التراكس المدولب حيث أن الفرق بين الإطار العادي والتيوبليس هو أن الإطار التيوبلسي تمتع بمميزات عديدة عن الاطار العادي (ذو الانبوب الداخلي) حيث أنه يسهل تصليحه ويمكن أن يحتفظ بالهواء المضغوط داخله إذا اصابه ثقب (بشرط صغر الثقب نسبياً)، ويتميز أيضاً برخص سعره وطول عمره الافتراضي وتوافره في الأسواق.

9- **زمن دورة التحميل لآلية التراكس (زمن النقلة) أو عدد النقلات في واحدة الزمن:** حيث أن زمن النقلة الواحدة يحدد من حاصل جمع زمن الغرزة + زمن المناورة + زمن التفريغ + زمن الذهاب والعودة، حيث أنه تزداد إنتاجية التراكس الاستثمارية كلما نقص زمن النقلة الواحدة.

10- **سعة سطل التراكس:** إن سعة سطل التراكس تؤثر بشكل مباشر على إنتاجيته الفعلية، فكلما زادت سعة السطل للتراكس كلما زادت إنتاجيته.

11- **الإنتاجية النظرية للتراكس:** وهي الإنتاجية التصميمية النظرية القصوى التي يمكن أن تحققها الآلية في ظروف العمل المثالية، وهي حتماً تتعلق بقيمة الإنتاجية الاستثمارية لتلك الآلية على أرض العمل تحت ظروف العمل الواقعية.

12- **عامل استغلال الزمن (عامل استمرار دورة التحميل):**ويحدد بتشغيل الآلية لمدة 45 دقيقة في الساعة أي 0.75 ولا يدخل في ذلك زمن التوقف الناجم لإجراء أعمال الصيانة الدورية والتي يجب أن تتم خارج أوقات العمل، وهو يتعلق بشروط العمل وجودة التنظيم فكلما كان تنظيم العمل جيد كلما ارتفعت قيمته، وكلما زاد عامل استغلال الزمن كلما زادت قيمة الإنتاجية الاستثمارية للتراكس.

13- **مسافة السير (طول القطاع الذي ستعمل به الآلية):** حيث أن مسافة السير التي يعمل بها التراكس تؤثر بشكل مباشر على سرعة حركته الوسطية وهي بدورها تؤثر على إنتاجيته الاستثمارية، حيث أنه كلما زادت مسافة النقل كلما قلت إنتاجية التراكس الاستثمارية.

14- **معامل خلخلة التربة في الوعاء:** بعد استخراج التربة بواسطة سطل التراكس تتفكك ويحدث لتركيبها الطبيعي خلخلة وبالتالي يزداد حجمها ويختلف عن حجمها الطبيعي قبل الحفر.

ونميز نوعين من الخلخلة للتربة:

خلخلة بدائية (أولية) : تظهر أثناء حفر التربة.

خلخلة متبقية (نهائية) : تظهر في التربة المردومة بعد رصها.

ويمكن التعبير عن درجة خلخلة التربة بطريقتين:

1- بوساطة معامل الخلخلة

2- بوساطة مؤشر الخلخلة

معامل الخلخلة البدائي: يعبر عن نسبة حجم التربة المخلخلة إلى حجمها في وضعها الطبيعي.

$$k_{b1}=\frac{Vb}{Vn} > 1$$

معامل الخلخلة المتبقي: يعبر عن نسبة حجم التربة المردومة والمرصوصة إلى حجمها في وضعها الطبيعي.

$$k_{b2}=\frac{Vl}{Vn} > 1$$

تختلف قيم معاملي الخلخلة البدائي والمتبقي تبعاً لنوع التربة أي أنه لكل تربة معامل خلخلة خاص بها يختلف حسب طبيعتها.

وكلما ارتفعت قيمة معامل خلخلة التربة كلما نقصت قيمة الإنتاجية الاستثمارية للتراكس.

أما بالنسبة لمؤشر الخلخلة فهو يعبر عن درجة الخلخلة بنسب مئوية.

15- معامل امتلاء السطل بالتربة المخلخلة: نتيجة حفر التربة واستخراجها يزداد حجمها المخلخل في الوعاء وبالتالي فإن معامل امتلاء السطل بالتربة وهي بحجمها الطبيعي يختلف عن معامل امتلاء التربة وهي بحجمها المخلخل.

وكلما زاد معامل امتلاء الوعاء بالتربة المخلخلة كلما زادت الإنتاجية الاستثمارية للتراكس.

تماشياً مع طبيعة البحث الحالي وحدوده، وبعد الاطلاع أكثر على مبدأ الشبكات العصبونية والغوص بطريقة عملها وحرصاً على دقة النتائج تم إجراء **التعديلات التالية:**

1- تم إلغاء عامل ارتفاع موقع العمل عن سطح البحر، وذلك لأن حدود البحث تضمنت الساحل السوري فقط ولا توجد تلك الفروقات الكبيرة بارتفاعات مستوياته عن سطح البحر، كما أن بيانات المشاريع التي سيتم إحضارها ستكون ارتفاعات مناطقها ذات قيم مهملة إلى الحد الذي لن تؤثر به على قيم الإنتاجيات، فلذلك تم حذف هذا العامل باعتباره سيصبح عامل مضلل بالنسبة للشبكة العصبونية للأسباب السابقة.

2- تم تثبيت نوع العجلات على أنها عجلات عادية، وبالتالي تم حذف عامل نوع العجلات من قائمة العوامل المؤثرة.

3- تم إلغاء ذكر كل من العاملين الأخيرين المتعلقين ببعضهما البعض حيث أن معامل امتلاء الوعاء بالتربة وهي في حالتها الطبيعية Kt يساوي إلى معامل امتلائه بالتربة نفسها وهي في حالتها المخلخلة مقسومةً على معامل خلخلة التربة في الوعاء $kt = \frac{kn}{kb}$ وقد تم ذكر عامل امتلاء الدلو بالتربة وهي في حالتها الطبيعية وبالتالي لا داعي لذكر العاملين الأخيرين.

الطرق التقليدية لتقدير الإنتاجية الاستثمارية للتراكس:

تحدد الإنتاجية الفعلية للتراكس بالطريقة التالية[6] [8][1]وفق المعادلة:

الإنتاجية الفعلية = عدد النقلات في الساعة * سعة السطل * عامل امتلاء السطل * عامل الجاهزية الفنية * عامل استغلال الزمن * عامل مستوى السائق.

حيث أن **عدد النقلات في الساعة * سعة السطل** تمثّل الإنتاجية النظرية التصميمية.

أما **عدد النقلات في الساعة * سعة السطل * عامل امتلاء السطل** تمثّل الإنتاجية الفنية.

ويحدد **عدد النقلات (عدد دورات العمل بالساعة)** بدلالة زمن النقلة الواحدة والذي يحدد بدوره من حاصل جمع

مايلي:

1- زمن الغرزة (دقيقة): ويؤخذ من الجدول (1) بدلالة نوع التربة.

الجدول (1): زمن الغرزة حسب نوع التربة

نوع التربة	زراعية	قاسية	صخرية	صخرية بالتفجير
زمن الغرزة (دقيقة)	٠.٠٥	٠.١	٠.٢	٠.١

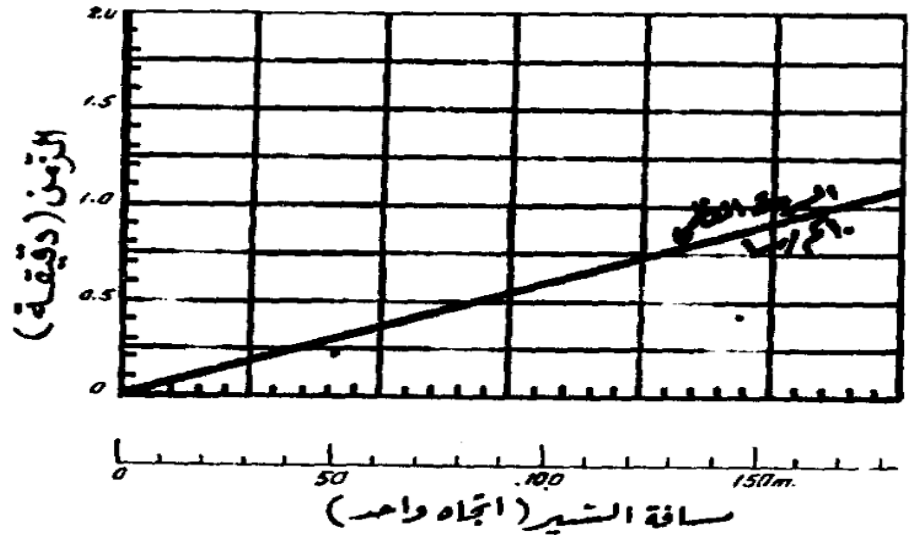
2- زمن المناورة: ويشمل أربع تغيرات في الاتجاه والدوران ويؤخذ بقيمة متوسطة:

0.22 دقيقة للتراكس جنزير.

0.15 دقيقة للتراكس دولاب.

3- زمن التفريغ (دقيقة): وتقدر قيمته ب 0.1 دقيقة.

4- زمن الذهاب والعودة (دقيقة): يؤخذ من المنحني التالي بدلالة السير للتراكس الجنزير، وتساوي نصف القيمة للتراكس الدولاب.



الشكل (1): منحني زمن الذهاب والعودة للتراكس بدلالة مسافة السير

يؤخذ **عامل امتلاء السطل** من الجدول (2)، وذلك حسب نوع التربة.

الجدول (2): عامل امتلاء السطل

نوع التربة	عامل الامتلاء		
تربة متفككة أو مخلخلة :			
• حصويات رطبة مخلوطة	٠.٩٥	—	١.٠٠
• حصويات نظامية حتى ٣مم	٠.٩٥	—	١.٠٠
• حصويات مقاس (٣ - ٩) مم	٠.٩٠	—	٠.٩٥
• حصويات مقاس (١٢ - ٢٠) مم	٠.٨٥	—	٠.٩٠
• حصويات مقاس أكبر من ٢٤ مم	٠.٨٥	—	٠.٩٠
صخر متفجّر :			
• تفجير جيد	٠.٨٥	—	٠.٩٥
• تفجير متوسط	٠.٧٥	—	٠.٩٠
• تفجير سيئ	٠.٦٠	—	٠.٧٥
خليط صخري غير نظيف	١.٠٠	—	١.٢٠
رمل طيني رطب	١.٠٠	—	١.١٠
تربة زراعية جذور و أحجار	٠.٨٠	—	١.٠٠
مواد إسمنتية	٠.٨٥	—	٠.٩٥

تحليل لأهمية العوامل المؤثرة وترتيبها تبعاً للبيانات التي تم جمعها عن طريق برنامج SPSS:

تم جمع البيانات المتعلقة بالعوامل المؤثرة التي توصلنا إليها نتيجة الدراسات السابقة ورصد آراء ذوي الخبرة، حيث تم جمعها من مجموعة كبيرة لعينات تراكسات تعمل في عدة مشاريع إنشائية –وهي في طور الأعمال الترابية– في الساحل السوري، وبعد ذلك كان لا بد من تحليلها وترتيبها حسب أهميتها وتأثيرها على إنتاجية التراكس الاستثمارية وبالتالي تحديد العوامل المؤثرة النهائية التي ستعتمد في الدراسة.

بعد إدخال بيانات العوامل المؤثرة على الإنتاجية الاستثمارية للتراكس على برنامج SPSS ، قمنا بحساب ارتباط سبيرمان، وكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (3) التالي:

الجدول (3): معاملات الارتباط سبيرمان بين الإنتاجية الاستثمارية للتراكس والعوامل المؤثرة عليها

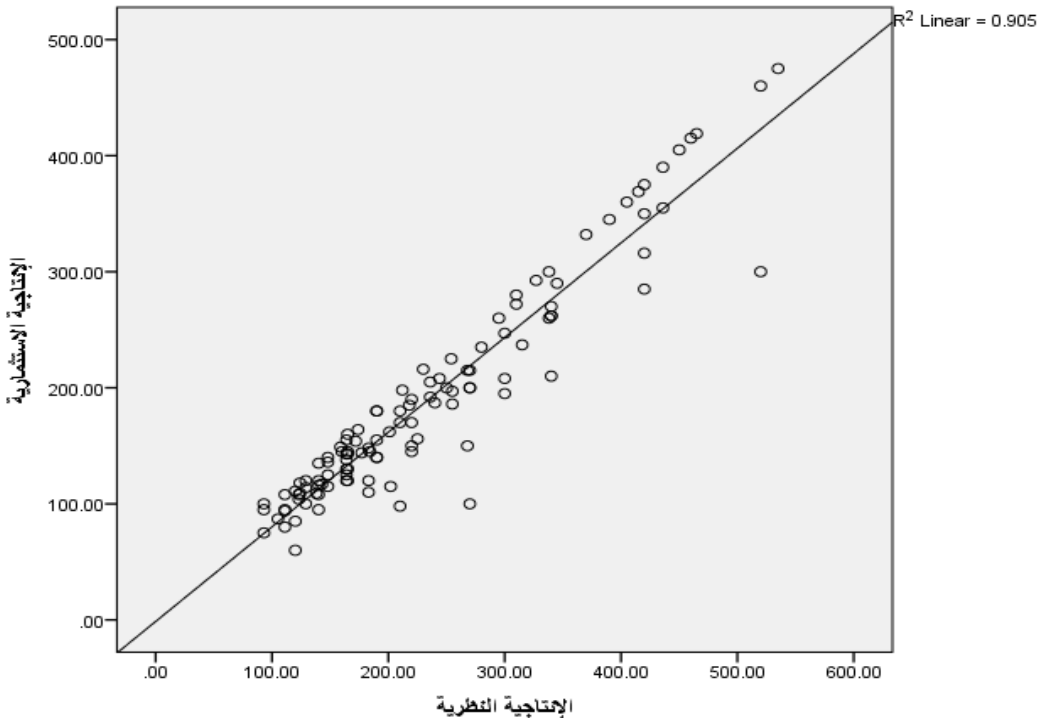
		نوع التراكس	سعة الدلو	عامل الخبرة الفنية	عامل امتلاء الدلو	عامل مستوى السائق أو خبرته	درجة الحرارة	الهطول المطري	الإنتاجية الشهرية	مسافة السير أو طول القطاع	زمن دورة الحفر أو زمن الملء
نو	Correlation Coefficient	1.000	-.171	.151	-.009	-.172	.118	.118	-.333**	-.035	-.007
	Sig. (2-tailed)	.	.070	.111	.928	.068	.213	.213	.000	.709	.942
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
	Correlation Coefficient	-.171	1.000	.231*	.231*	.752**	-.241*	-.241*	.583**	-.097	-.239*
	Sig. (2-tailed)	.070	.	.014	.014	.000	.010	.010	.000	.305	.011
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل الخ	Correlation Coefficient	.151	.231*	1.000	.095	.095	-.046	-.046	.166	-.086	-.155
	Sig. (2-tailed)	.111	.014	.	.317	.317	.628	.628	.080	.364	.100
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل	Correlation Coefficient	-.009	.231*	.095	1.000	.120	-.395**	-.367**	.375**	-.433**	-.449**
	Sig. (2-tailed)	.928	.014	.317	.	.205	.000	.000	.000	.000	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل مستوى السائ	Correlation Coefficient	-.172	.752**	.095	.120	1.000	-.165	-.241*	.438**	-.092	-.209*
	Sig. (2-tailed)	.068	.000	.317	.205	.	.082	.010	.000	.332	.027
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
در	Correlation Coefficient	.118	-.241*	-.046	-.395**	-.165	1.000	.945**	-.271**	.055	.375**
	Sig. (2-tailed)	.213	.010	.628	.000	.082	.	.000	.004	.561	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
الهط	Correlation Coefficient	.118	-.241*	-.046	-.367**	-.241*	.945**	1.000	-.246**	.012	.351**
	Sig. (2-tailed)	.213	.010	.628	.000	.010	.000	.	.009	.899	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
الإنتا	Correlation Coefficient	-.333**	.583**	.166	.375**	.438**	-.271**	-.246**	1.000	-.327**	-.742**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.080	.000	.000	.004	.009	.	.000	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
مسافة السير أو	Correlation Coefficient	-.035	-.097	-.086	-.433**	-.092	.055	.012	-.327**	1.000	.495**
	Sig. (2-tailed)	.709	.305	.364	.000	.332	.561	.899	.000	.	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
زمن دورة الحفر أو	Correlation Coefficient	-.007	-.239*	-.155	-.449**	-.209*	.375**	.351**	-.742**	.495**	1.000
	Sig. (2-tailed)	.942	.011	.100	.000	.027	.000	.000	.000	.000	.
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل اسـ	Correlation Coefficient	-.034	.503**	.276**	.424**	.408**	-.327**	-.304**	.914**	-.428**	-.827**
	Sig. (2-tailed)	.718	.000	.003	.000	.000	.000	.001	.000	.000	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
الإنتاجيـ	Correlation Coefficient	-.335**	.610**	.363**	.432**	.451**	-.286**	-.266**	.932**	-.300**	-.663**
	Sig. (2-tailed)	.000	.000	.000	.000	.000	.002	.004	.000	.001	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113

نلاحظ من الجدول (3) أن النتائج كانت منطقية، فإن علاقة ارتباط الإنتاجية الاستثمارية بكل من درجة الحرارة والهطول المطري ومسافة السير وزمن النقلة علاقة عكسية أما نوعية العلاقة بين الإنتاجية الاستثمارية وباقي العوامل المؤثرة فهي علاقة طردية، حيث أن قيم معامل ارتباط العوامل المؤثرة بالتابع الهدف تراوحت في المجال [0.466–0.932] وبالتالي فإن قوة ارتباط العوامل المؤثرة بالتابع الهدف يتراوح بين المتوسط والقوي[3][2]ومنه نستطيع القول بأن كافة العوامل تحقق ارتباط مع الإنتاجية الاستثمارية للتراكس.

ومن ثم تم ترتيب العوامل المؤثرة على الإنتاجية الاستثمارية حسب ارتباط سبيرمانمن الأكثر تأثيراً وحتى الأقل تأثيراً كما يلي:

1. الإنتاجية النظرية
2. عامل استغلال الزمن
3. زمن النقلة (زمن دورة التحميل)
4. سعة الدلو
5. عامل مستوى السائق
6. عامل امتلاء الدلو (نوع التربة)
7. عامل الجاهزية الفنية
8. نوع التراكس (دولاب – جنزير)
9. مسافة السير (طول القطاع)
10. درجة الحرارة
11. الهطول المطري

تم إجراء تمثيل بياني للانحدار لما تم جمعه من بيانات لكل من الإنتاجية النظرية والإنتاجية الاستثمارية للتراكس كما يوضح الشكل (2) وقد وجد أن معامل الارتباط بينهما يساوي إلى R=0.905 ، وتشير هذه القيمة إلى قوة ارتباط كبيرة بينهما[2][3].



الشكل (2): شكل الانحدار البسيط بين الإنتاجية النظرية والإنتاجية الاستثمارية للتراكس

ومن ثم تم حساب الانحدار المتعدد بين العوامل المؤثرة وتابع الهدف:

الجدول (4): الإحصاءات الوصفية للمتغيرات المستقلة و المتغيرات التابع

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
الإنتاجية الاستثمارية	190.3407	92.78321	113
نوع التراكس	1.4071	.49348	113
سعة الدلو	2.6549	1.06293	113
عامل الجاهزية الفنية	.7066	.25804	113
عامل امتلاء الدلو	.8093	.14276	113
عامل مستوى السائق أو خبرته	.8336	.10121	113
درجة الحرارة	2.2035	.40442	113
الهطول المطري	2.2035	.40442	113
الإنتاجية النظرية	235.0442	108.27960	113
مسافة السير أو طول القطاع	244.9115	164.62075	113
زمن دورة التحميل أو زمن الدفعة	13.0177	9.02574	113
عامل استغلال الزمن	.6058	.23972	113

يوضح الجدول (4) الإحصاءات الوصفية (قيم المتوسط والانحراف المعياري وحجم العينة) لكل من المتغيرات المدخلة وهي المتغيرات المستقلة Independent بالإضافة إلى المتغير التابع Dependent

يوضح الجدول (5) في قسمه الأول مصفوفة الارتباط (ارتباط بيرسون) بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع (وبين المتغيرات المستقلة مع بعضها البعض)، حيث أنه يحوي قيم معاملات الارتباط بينهما وهي تشير إلى **قوة الارتباط**، أما في قسمه الثاني فيوضح قيمة الدلالة الإحصائية للارتباط Sig (مستوى المعنوية أو مستوى الشك) حيث أنه يجب أن تكون أقل من 0.05 حتى يمكن اعتبار الارتباط **دال إحصائياً**، وكما نلاحظ من الجدول بأن كافة المتغيرات حققت الشرط المطلوب حيث أن قيم مستوى معنوية كافة المتغيرات أقل من 0.05 وتقترب من الصفر بشكل كبير وبالتالي فإن مستوى الثقة يقترب من 100% لكافة العوامل المؤثرة، وبالتالي فإن الارتباط بين كل من المتغيرات المستقلة والتابع الهدف ذا دلالة معنوية إحصائية[3] [4].

الجدول (5): معاملات ارتباط بيرسون ومستوى المعنوية للارتباط

		الإنتاجية الاستثمارية	نوع التراكس	سعة الدلو	عامل الشاغرة الفعلية	عامل امتلاء الدلو	عامل مستوى سطحي أو خندق	درجة الحرارة	الهطول المطري	الإنتاجية النظرية	مساحة سطح المقطع العرضي للقناة
الإنتاجية الاستثمارية	Pearson Correlation	1.000	-.235	.633	.360	.375	.388	-.280	-.271	.952	-.253
	Sig. (2-tailed)		.012	.000	.000	.000	.000	.003	.004	.000	.007
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
نوع التراكس	Pearson Correlation	-.345	1.000	-.096	.150	-.010	-.151	.118	.118	-.251	-.032
	Sig. (2-tailed)	.000		.312	.112	.916	.110	.213	.213	.007	.736
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
سعة الدلو	Pearson Correlation	.633	-.096	1.000	.200	.252	.540	-.240	-.240	.570	-.076
	Sig. (2-tailed)	.000	.312		.034	.007	.000	.011	.011	.000	.423
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل الشاغرة الفعلية	Pearson Correlation	.360	.150	.200	1.000	.066	-.042	-.022	-.022	.167	-.053
	Sig. (2-tailed)	.000	.112	.034		.488	.660	.817	.817	.078	.577
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل امتلاء الدلو	Pearson Correlation	.375	-.010	.252	.066	1.000	.068	-.396	-.381	.305	-.348
	Sig. (2-tailed)	.000	.916	.007	.488		.475	.000	.000	.001	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل مستوى سطحي أو خندق	Pearson Correlation	.388	-.151	.540	-.042	.068	1.000	-.071	-.136	.382	-.083
	Sig. (2-tailed)	.000	.110	.000	.660	.475		.455	.151	.000	.383
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
درجة الحرارة	Pearson Correlation	-.280	.118	-.240	-.022	-.396	-.071	1.000	.945	-.273	.056
	Sig. (2-tailed)	.003	.213	.011	.817	.000	.455		.000	.004	.557
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
الهطول المطري	Pearson Correlation	-.271	.118	-.240	-.022	-.381	-.136	.945	1.000	-.260	.022
	Sig. (2-tailed)	.004	.213	.011	.817	.000	.151	.000		.005	.815
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
الإنتاجية النظرية	Pearson Correlation	.952	-.251	.570	.167	.305	.382	-.273	-.260	1.000	-.264
	Sig. (2-tailed)	.000	.007	.000	.078	.001	.000	.004	.005		.005
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
مساحة سطح المقطع العرضي للقناة	Pearson Correlation	-.253	-.032	-.076	-.053	-.348	-.083	.056	.022	-.264	1.000
	Sig. (2-tailed)	.007	.736	.423	.577	.000	.383	.557	.815	.005	
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
زمن دورة الشحن	Pearson Correlation	-.726	.030	-.259	-.135	-.491	-.121	.552	.535	-.553	.458
	Sig. (2-tailed)	.000	.751	.006	.153	.000	.203	.000	.000	.000	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل	Pearson Correlation	.802	-.038	.485	.204	.384	.333	-.312	-.284	.869	-.370
	Sig. (2-tailed)	.000	.689	.000	.031	.000	.000	.001	.002	.000	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
الإنتاجية الاستثمارية	Pearson Correlation	.	.006	.000	.000	.000	.000	.001	.002	.000	.003
	Sig. (2-tailed)		.951	.998	.998	.998	.998	.993	.983	.998	.972
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
نوع التراكس	Pearson Correlation	.006	.	.157	.056	.017	.000	.107	.107	.005	.003
	Sig. (2-tailed)	.951		.098	.557	.858	.998	.259	.259	.958	.972
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
سعة الدلو	Pearson Correlation	.000	.157	.	.017	.004	.000	.005	.005	.000	.000
	Sig. (2-tailed)	.998	.098		.858	.964	.998	.958	.958	.998	.998
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل الشاغرة الفعلية	Pearson Correlation	.000	.056	.017	.	.245	.000	.107	.107	.005	.003
	Sig. (2-tailed)	.998	.557	.858		.009	.998	.259	.259	.958	.972
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل امتلاء الدلو	Pearson Correlation	.000	.017	.004	.245	.	.238	.000	.000	.001	.000
	Sig. (2-tailed)	.998	.858	.964	.009		.011	.998	.998	.993	.998
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل مستوى سطحي أو خندق	Pearson Correlation	.000	.000	.000	.000	.238	.	.229	.075	.000	.192
	Sig. (2-tailed)	.998	.998	.998	.998	.011		.015	.429	.998	.042
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
درجة الحرارة	Pearson Correlation	.000	.107	.005	.107	.000	.229	.	.000	.002	.278
	Sig. (2-tailed)	.993	.259	.958	.259	.998	.015		.998	.983	.003
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
الهطول المطري	Pearson Correlation	.000	.107	.005	.107	.000	.075	.000	.	.003	.407
	Sig. (2-tailed)	.998	.259	.958	.259	.998	.429	.998		.972	.000
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
الإنتاجية النظرية	Pearson Correlation	.003	.004	.000	.038	.001	.000	.002	.003	.	.002
	Sig. (2-tailed)	.972	.659	.998	.689	.993	.998	.983	.972		.983
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
مساحة سطح المقطع العرضي للقناة	Pearson Correlation	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.
	Sig. (2-tailed)	.983	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.998	.983	
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
زمن دورة الشحن	Pearson Correlation	.000	.055	.000	.330	.238	.000	.229	.075	.000	.192
	Sig. (2-tailed)	.998	.559	.998	.000	.011	.998	.015	.429	.998	.042
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113
عامل	Pearson Correlation	.000	.055	.000	.330	.238	.000	.229	.075	.000	.192
	Sig. (2-tailed)	.998	.559	.998	.000	.011	.998	.015	.429	.998	.042
	N	113	113	113	113	113	113	113	113	113	113

الجدول(6): ملخص النموذج

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	.985[a]	.970	.967	16.79600	.970	301.526	11	101	.000

a. Predictors: (Constant), عامل استغلال الزمن, نوع التراكس, عامل الجاهزية الفنية , الهطول المطري, عامل مستوى السائق أو خبرته, مسافة السير أو طول القطاع, عامل امتلاء الدلو, سعة الدلو, زمن دورة التحميل أو زمن النقل, الإنتاجية النظرية, درجة الحرارة

b. Dependent Variable: الإنتاجية الاستثمارية

نلاحظ من الجدول (6) أن معامل الارتباط R بين **جميع** المتغيرات المستقلة والمتغير التابع يساوي إلى 0.985 وهو مؤشر قوي لقيمة الارتباط بين جميع المتغيرات المستقلة والمتغير التابع، وبالتالي نعتبر أن علاقة الارتباط بين جميع المتغيرات المستقلة والمتغير التابع ذات دلالة معنوية، كما أن مربع R (معامل التحديد) يساوي إلى 0.97 وبذلك تفسر المتغيرات المستقلة 97% من تباين التابع المتغير (الإنتاجية الاستثمارية للتراكس) وهي نسبة ذات دلالة معنوية[3][4].

الجدول (7): جدول تحليل التباين ANOVA

ANOVA[a]

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	935684.478	11	85062.225	301.526	.000[b]
	Residual	28492.654	101	282.105		
	Total	964177.133	112			

a. Dependent Variable: الإنتاجية الاستثمارية

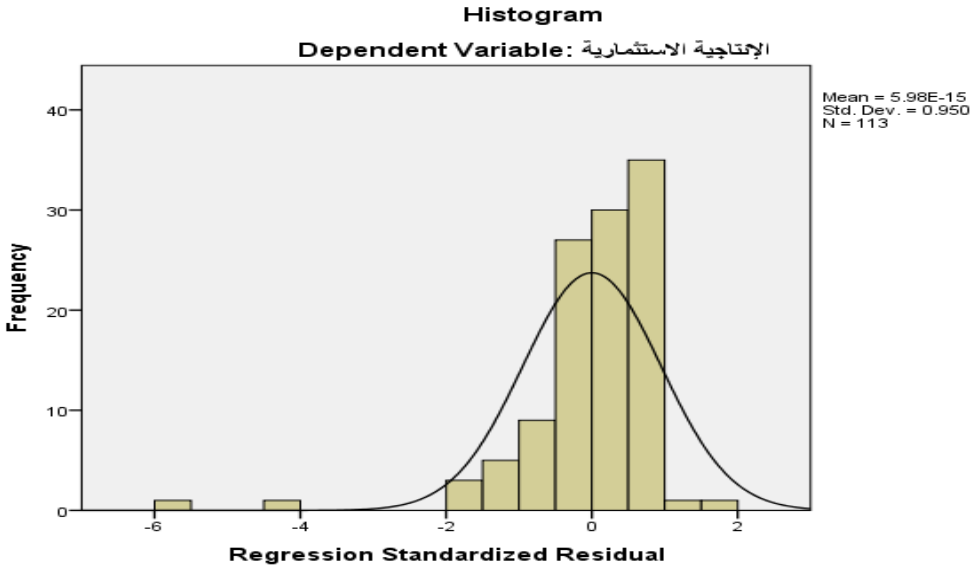
b. Predictors: (Constant), عامل استغلال الزمن, نوع التراكس, عامل الجاهزية الفنية , الهطول المطري, عامل مستوى السائق أو خبرته, مسافة السير أو طول القطاع, عامل امتلاء الدلو, سعة الدلو, زمن دورة التحميل أو زمن النقل, الإنتاجية النظرية, درجة الحرارة

إن الجدول (7) يدعى بجدول تحليل التباين أو Anovaوهو يعبر عن اختبار معنوية الانحدار، حيث أننا نضع الفروض كالتالي:

الفرض الصفري H_0: الانحدار بين المتغير التابع (الإنتاجية الاستثمارية للتراكس) والمتغيرات المستقلة يساوي صفر، أي أن الانحدار غير معنوي والمتغير المستقل غير مرتبط بالمتغيرات التابعة.

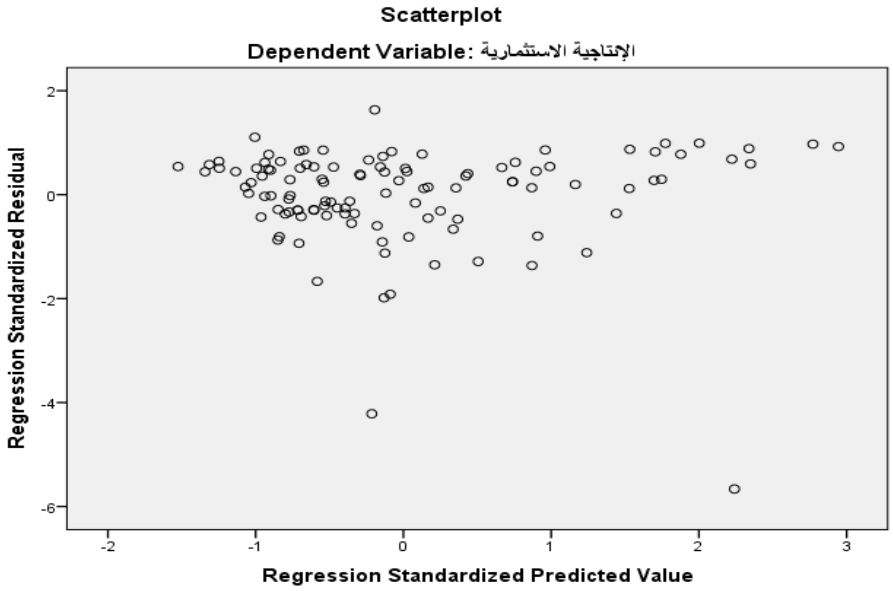
الفرض البديل H_1: الانحدار بين المتغير التابع (الإنتاجية الاستثمارية للتراكس) والمتغيرات المستقلة لا يساوي صفر، أي أن الانحدار معنوي والمتغير المستقل مرتبط بالمتغيرات التابعة.

ونلاحظ من خلال جدول الAnova أن قيمة F تساوي 301.526 بمستوى دلالة (مستوى شك) Sig تساوي إلى 0.05 >0 وبالتالي تحقق الشرط المطلوب، ومنه نرفض الفرض الصفري ونقبل الفرض البديل وهو أن الانحدار معنوي ولا يساوي الصفر، وبالتالي توجد علاقة بين المتغيرات المستقلة والمتغير التابع[4][3].



الشكل (3): مخطط الهيستوغرام

يتضح من رسم المدرج التكراري كما يبين الشكل (3) أن البيانات تتبع التوزيع الطبيعي Normal Distribution[3][4]،حيث أن وسطه$\mu = 5.985 E-1$ بوصة وانحرافه المعياري Std.dev = 0.950 بوصة إذا أخذت عينة عشوائية n = 113.

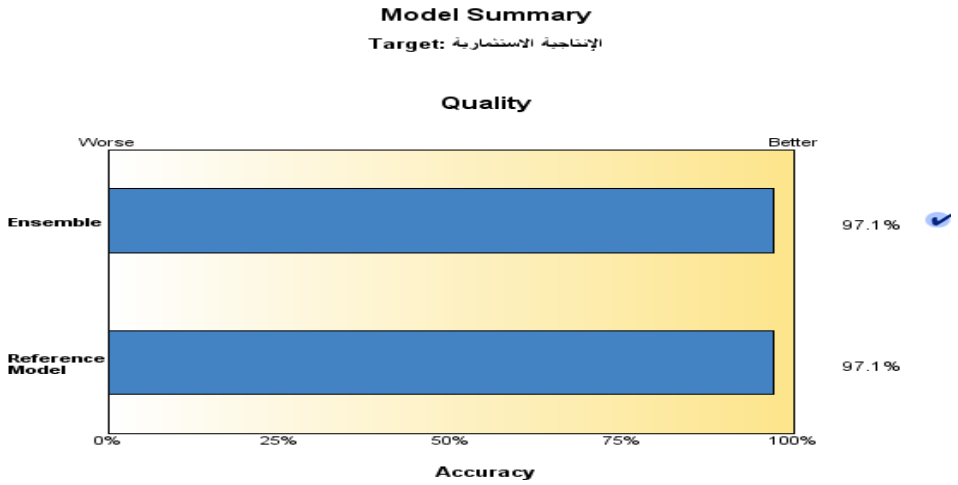


الشكل (4): شكل الانتشار للبواقي

إن الشكل (4) يوضح شكل الانتشار للبواقي (شكل البواقي) مع القيم المتوقعة، وبما أن المخطط لا يحوي نمط معين للنقاط مثل حرف D أو شكل U أو أي شكل معين فإنه يتطابق مع شرط الخطية وهو شرط من شروط الانحدار[3].

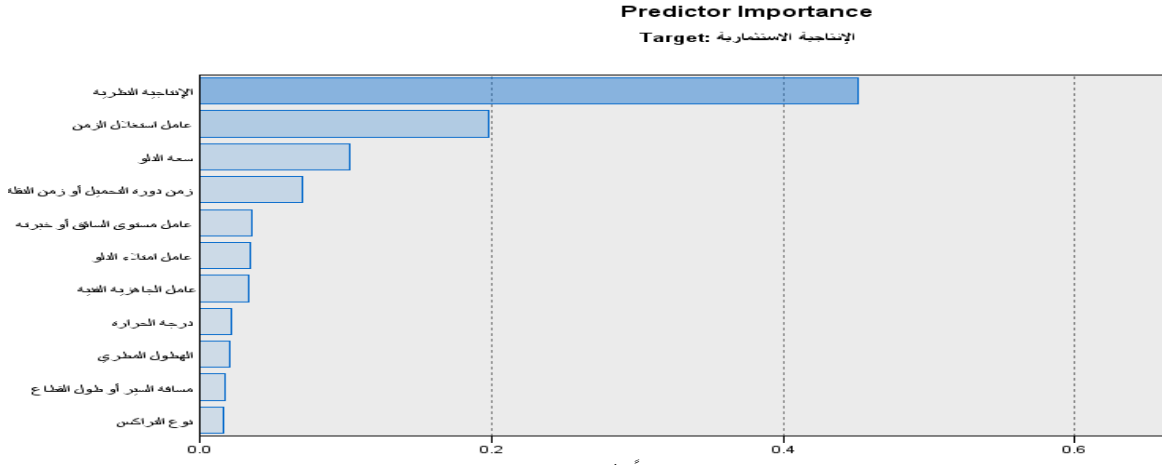
تم إجراء انحدار للبيانات على برنامج SPSS من خلالAutomatic Linear modeling للتأكد من صحة استخدام

النموذج للتنبؤ، ولبيان أهمية كل عامل ومدى تأثيره على التنبؤ بتابع الهدف (الإنتاجية الاستثمارية للتراكس)، فكانت النتائج كالتالي:



الشكل (5): نسبة الدقة للنموذج المستخدم

نلاحظ من خلال الشكل(5) أن النموذج دقيق وجيد للتنبؤ بنسبة 97.1%



الشكل (6): ترتيب العوامل المؤثرة تبعاً لأهميتها في التنبؤ بالإنتاجية الاستثمارية للتراكس

يوضح الشكل(6) مدى أهمية كل عامل للتنبؤ بالتابع الهدف.

لم يتم استبعاد أي من العوامل المؤثرة المعتمدة، وذلك نظراً لما أظهرته نتائج الارتباط والانحدار على برنامج SPSS حيث أن لكل عامل دور هام في التنبؤ بالإنتاجية الاستثمارية للتراكس.

تصميم نموذج الشبكة العصبونية للتنبؤ بالإنتاجية الاستثمارية للتراكس:

تم العمل على تحديد هيكلية الشبكة العصبونية الخاصة بالتنبؤ بقيم إنتاجية التراكس الاستثمارية ، استخدمت في هذه المرحلة البيانات الموجودة الخاصة بالتنبؤ بإنتاجية التراكس الاستثمارية والتي تعد بيانات ناتجة عن جمع البيانات ل 123 مشروع إنشائي (طرق – جسور – أبنية سكنية) في منطقة الساحل السوري، حيث تم استخدام 113 مشروع منها لبناء وتدريب الشبكة واستبعاد ال10 مشاريع المتبقية لاستخدامها لاحقاً في اختبار النموذج، ولاستخدام هذه البيانات في بناء الشبكة تم تحويل المدخلات النصية إلى مدخلات رقمية.

تمت الاستعانة بأداة NFTOOL في برنامج Matlabفي بناء النموذج الرياضي وتحديد مواصفات الشبكة وفق عدة

محاولات، وتم اعتماد شبكة تتألف من طبقة دخل تحوي 11 عنصر دخل، وطبقة مخفية بتغذية أمامية بعدة عصبونات، وطبقة خرج تحتوي على عصبون واحد، حيث تم تغيير عدد العصبونات في الطبقة الخفية ابتداءً من **عصبون واحد** و زيادة عدد العصبونات تدريجياً **انتهاءً ب 40 عصبون** للطبقة الخفية حيث تم تقسيم البيانات كنسبة مئوية (70%,15%,15%) بناءً على ما تفرضه أداة NFTOOL من نسب مئويةللمراحل الثلاثة، ثم تم إيجاد قيمة معامل الارتباط R لكل مرحلة (تدريب، تصحيح، اختبار) والحصول على أكبر قيم ل R والوصول لأفضل أداء للشبكة وفق البيانات قيد الدراسة.

تدريب الشبكة الخاصة للتنبؤ بقيم إنتاجية التراكس الاستثمارية:

بعد أن تم بناء الشبكة وفق المحاولات التي ذكرت سابقاً تم تدريبها أيضاً من خلال أداة المقاربة والملاءمة NFTOOL، وتم اعتماد خطأ التدريب وهو (متوسط مربع الخطأMSE) [9] ولكل بنية شبكة تم القيام بالتدريب والتأكد والاختبار، وفيما يلي يوضح الجدول (8) عمليات بناء الشبكة باستخدام الماتلاب بطريقة التدريب والخطأ وعليه قيم معامل الارتباط Rلكل من مرحلة التدريب والتحقق والاختبار وذلك لحالة النسبة المئوية للبيانات (70%,15%,15%) وهي الحالة الافتراضية للبرنامج والتي لم نضطر إلى تغييرها.

الجدول (8): نتائج تدريب الشبكة

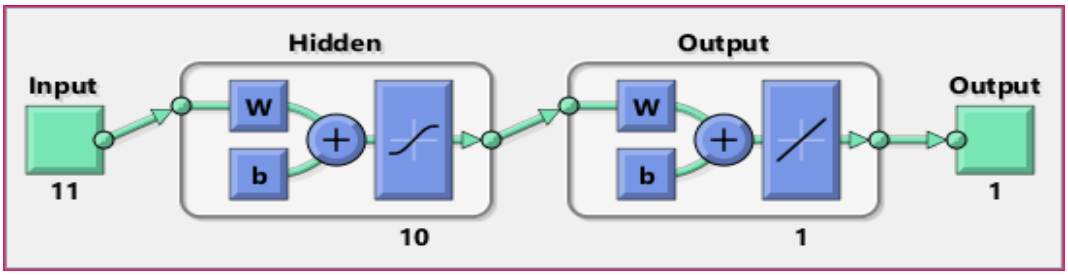
# Neurons	R Training	R Validation	R Test	Overall R	Cause of Stop
1	0.93068	0.96165	0.96349	094079	Validation Stop
5	0.95663	0.9777	0.75108	0.94387	Validation Stop
7	0.98566	0.80693	0.66768	0.904	Validation Stop
8	0.97176	0.70317	0.72984	0.92854	Validation Stop
10	0.97451	0.96867	0.96534	0.97176	Validation Stop
10	0.99668	0.99245	0.99197	0.99482	Validation Stop
11	0.99909	0.98427	0.9801	0.99415	Validation Stop
11	0.99941	0.9676	0.99463	0.99435	Validation Stop
12	0.99874	0.98774	0.96975	0.99245	Validation Stop
12	0.98691	0.88458	0.95677	0.97152	Validation Stop
13	0.99992	0.97604	0.93747	0.9904	Minimum gradient reached
14	1	0.99097	0.98529	0.99663	Minimum gradient reached
15	1	0.84999	0.85977	0.93871	Minimum gradient reached
17	0.99643	0.73565	0.69774	0.9447	Minimum gradient reached
18	0.94702	0.87888	0.88187	0.92624	Validation Stop
20	0.85533	0.53725	0.80523	0.82023	Validation Stop
22	0.99779	0.8287	0.22325	0.89227	Minimum gradient reached
23	0.98509	0.75167	0.22531	0.86723	Minimum gradient reached
25	0.91801	0.97834	0.9564	0.92816	Validation Stop
30	0.91177	0.80374	0.93054	0.88105	Minimum gradient reached
35	0.8778	0.26139	0.88007	0.78481	Minimum gradient reached
40	0.96505	0.89769	0.52459	0.86127	Minimum gradient reached

من خلال نتائج التدريب الموضحة في الجداول والأشكال السابقة لوحظ أن الشبكة العصبية المثلى النهائية تعطي أكبر قيم لـ Rبخطأ أصغري مقبول158.9554 من أجل الهيكلية التالية:

- عدد وحدات طبقة الدخل: 11 وحدة.
- عدد وحدات طبقة الخرج: 1 وحدة.
- عدد الطبقات الخفية: طبقة خفية واحدة.
- عدد عصبونات الطبقة الخفية: يساوي إلى 10 عصبونات.

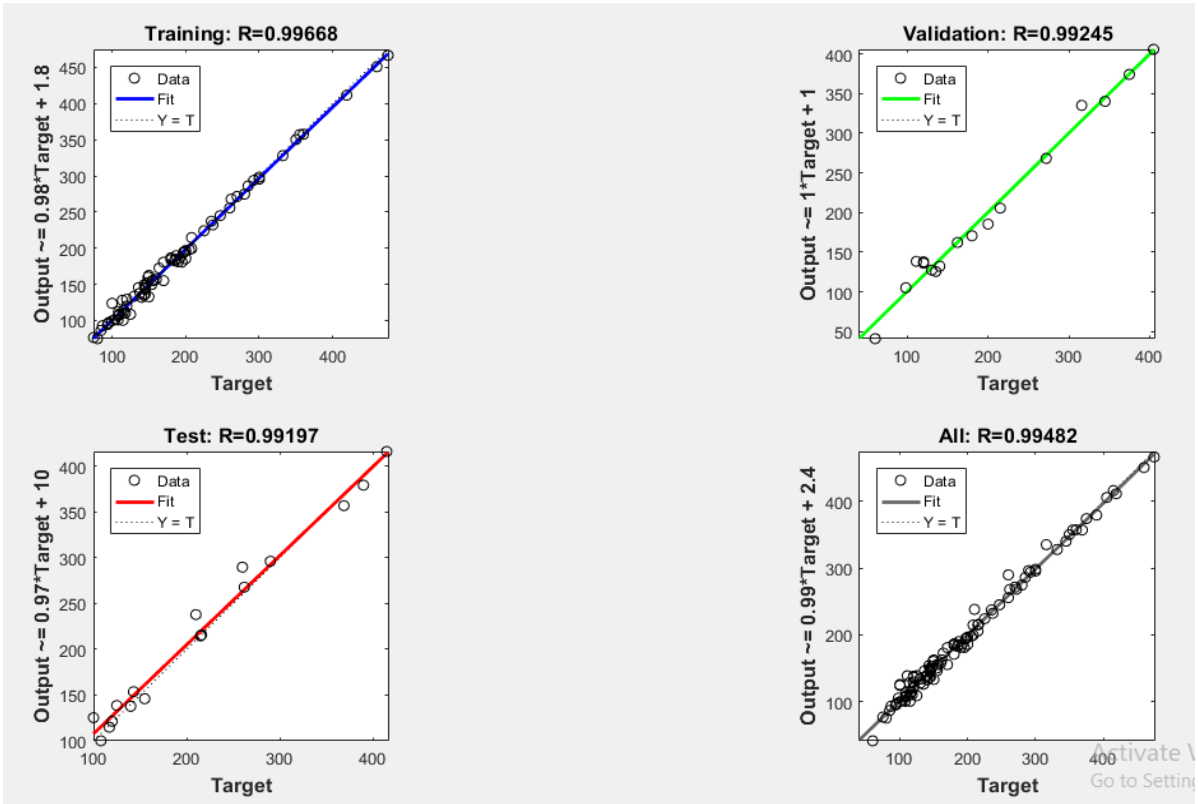
بالنسبة لتابع التفعيل وفق NFTOOL، فإن تابع التفعيل للطبقة الخفية هو تابع سيغموندTANSIG بينما تابع التفعيل لطبقة الخرج هو التابع الخطي PURELIN

خوارزمية التدريب هي الانتشار الخلفي وفق طريقة Levenberg– Marquardt والتابع الافتراضي الموافق لها وفق ال Matlab هو Trainlm.



الشكل (7): تمثيل الشبكة العصبونية

نتائج التدريب للشبكة المختارة الخاصة بالتنبؤ بقيم إنتاجية التراكس الاستثمارية:



الشكل (8): نتائج تدريب الشبكة

حيث:

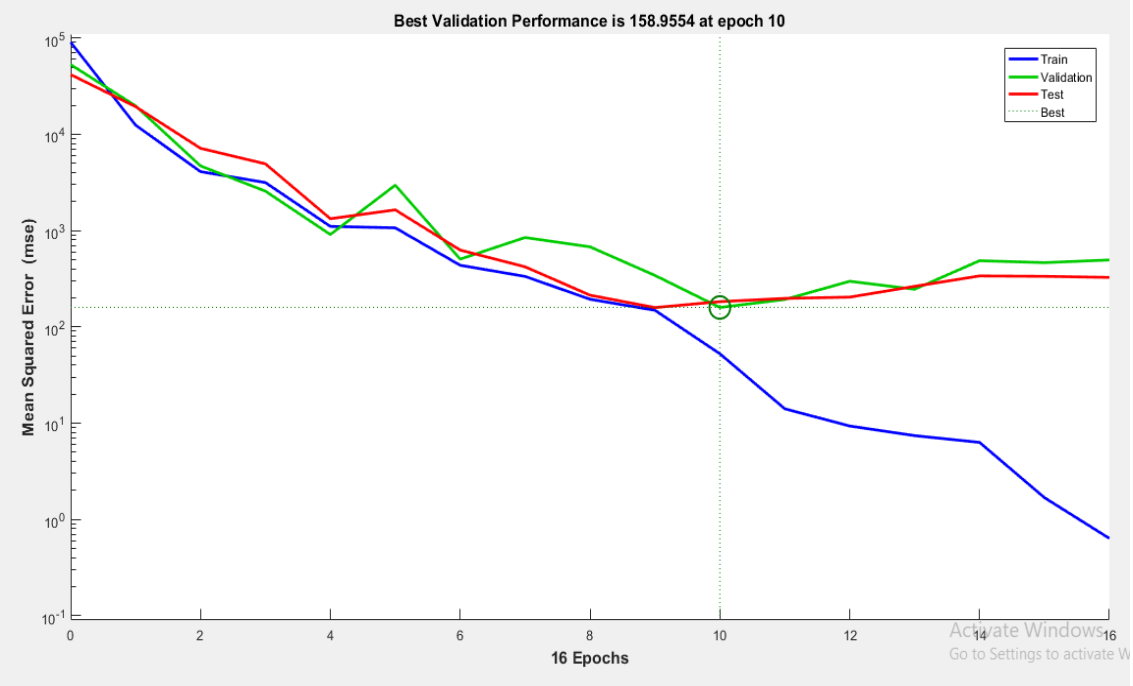
X :محور المخرجات الحقيقيةY: محور المخرجات المحسوبة

O :قيم البيانات المدخلة FIT : منحني التقارب

R : معامل الارتباط ، الخط المنقط: هو المثالي والمستمر وهو الذي يحقق الملائمة الأفضل.

من الشكل (8) نلاحظ قيمة معامل الارتباط R بين القيم الحقيقية للإنتاجية الاستثمارية للتراكس والقيم المحسوبة الناتجة من الشبكة لمعرفة قوة العلاقة بينهما وكانت قيمته في مرحلة التدريب 0.99668 وقيمته في مرحلة التأكد 0.99245 وفي مرحلة الاختبار 0.99197 ، وهو ذو قيم ممتازة وقريبة جداً من الواحد حيث أنه كلما اقتربت قيمته من الواحد كانت العلاقة أقوى[10] [9].

ويظهر الشكل (9) أداء الشبكة العصبونيةحيث كانت أقل قيمة لمتوسط مربع الخطأ MSE هي 158.9554 عند دورات تكرارية قدرها 10، وهي قيمة تعتبر مقبولة[9] بالنسبة لقيم إنتاجيات التراكس المدخلة والتي أدخلت بقيمها الحقيقية.

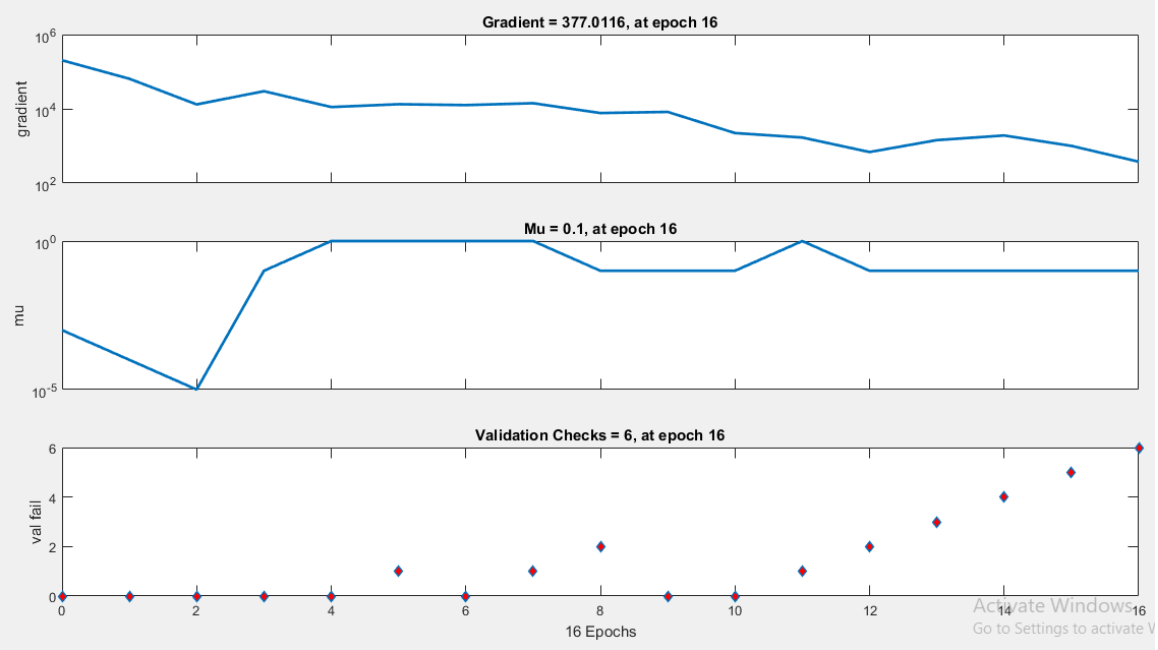


الشكل (9): أداء الشبكة العصبونية

كما يظهر الشكل (10) أن المعامل=MU 0.1 حيث MU القيمة الأولية للمعامل μ الذي يدخل في تحديث الأوزان تبعاً لتغير قيمة الخطأ[10] [9].

وميل تابع الخطأ Gradient = 377.0116 عند عدد تكرارات Epoch = 16

وفي الأسفل عدد البارمترات الفعالة (عدد الأوزان والانحيازات) التي ساهمت في تدريب الشبكة Validation Checks = 6



الشكل (10): عدد البارامترات الفعالة

نتائج اختبار الشبكة المختارة الخاصة بالتنبؤ بقيم إنتاجية التراكس الاستثمارية ومناقشة النتائج:

تم تزويد الشبكة بمجموعة من الإدخالات لمشاريع جديدة لم تتدرب عليها من قبل (10 حالات للتحقق)، وقامت الشبكة بإعطاء النتيجة وبناء عليها تمت المقارنة بين قيم المخرجات المحسوبة بالشبكة وقيم المخرجات الحقيقية (القيم الحقيقية للإنتاجية الاستثمارية للتراكس) التي تم جمعها من واقع الورش كما في الجدول التالي:

الجدول (9): قيم مدخلات مشاريع الاختبار

	جمع بيانات العوامل المؤثرة على الإنتاجية الاستثمارية لآلية الحفر تراكس :												1
الإنتاجية الاستثمارية m3/h	عامل استغلال الزمن	زمن دورة التحميل (زمن النقلة) min	مسافة السير (طول القطاع) m	الإنتاجية النظرية m3/h	الهطول المطري	درجة الحرارة	عامل مستوى السائق (خبرته أو مهارته)	عامل امتلاء الدلو (نوع التربة)	عامل الجاهزية الفنية (عمر التراكس (years	سعة الدلو m3	رقم التراكس (دولاب - جنز	رقم الحالة	2
												Tests	121
120	0.50	5	50	183	3	2	0.65	0.85	0.80	1.5	2	1	122
110	0.80	30	200	140	3	3	0.75	0.80	0.70	2.5	1	2	123
188	0.65	10	200	225	2	2	0.75	0.90	0.80	2.5	1	3	124
175	0.60	13	400	195	2	2	0.7	0.80	0.85	3	1	4	125
245	0.70	5	175	340	2	2	0.75	0.50	0.50	2.5	1	5	126
277	0.50	7	300	330	2	2	0.65	0.60	0.80	3	1	6	127
260	0.50	5	175	340	2	2	0.65	0.75	0.50	2.5	1	7	128
138	0.40	18	50	150	2	2	0.6	0.70	0.50	2.5	2	8	129
105	0.60	30	200	140	3	3	0.9	0.70	0.70	2.5	1	9	130
99	0.40	15	200	150	2	2	0.7	0.65	0.40	1.5	2	10	131

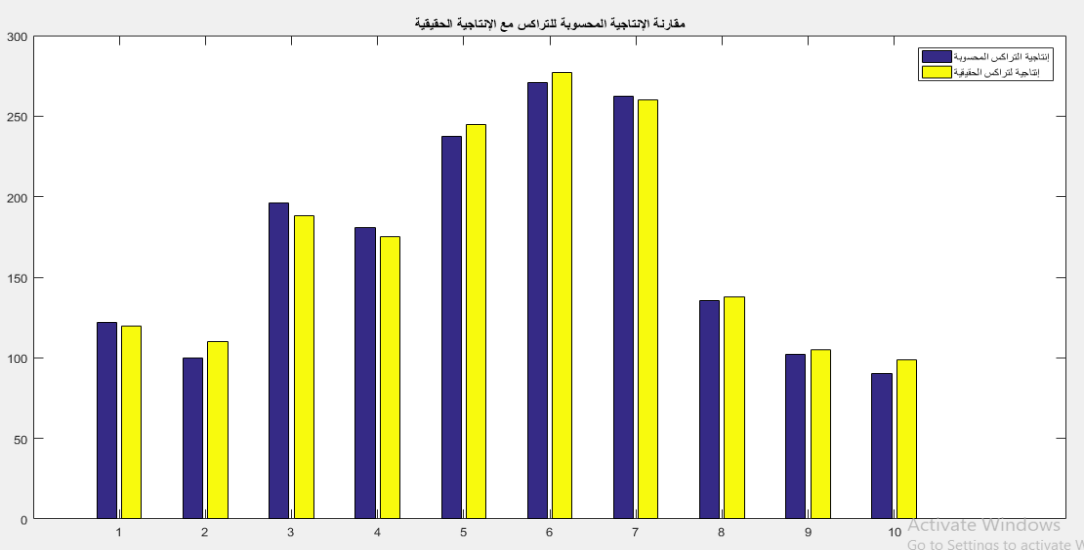
حيث كانت مجموعة الاختبار مكونة من 10 حالات من البيانات لمشاريع جديدة، وبعد الاختبار وتدقيق النتائج تبين أن نسبة الخطأ بين القيم لحقيقية والقيم المحسوبة تراوحت بين[**9.241727 –0.873808**]وتشير هذه القيم إلى أن نسبة الخطأ صغيرة ومقبولة، ولم تتجاوز أكبر قيمة للخطأ النسبي 9.24% في المشروع رقم 2 ، وهذه النسبة في خطأ تقدير الشبكة تعتبر صغيرة بالنسبة لقيمة الإنتاجيات الاستثمارية للتراكس، ويمكن خفضها وتحسين أداء النموذج من خلال زيادة حجم عينة مشاريع التدريب للشبكة. وبالتالي نستطيع اعتبار الشبكة العصبونية جيدة حيث أنها استطاعت تحقيق النتائج المرجوة منها بأخطاء نسبية صغيرة[9][10].

الجدول (10) يوضح نتائج الاختبار للمشاريع العشرة، ويعرض لكل منها الإنتاجية الاستثمارية الحقيقية والإنتاجية الاستثمارية المحسوبة للتراكس وفق الشبكة والخطأ الحاصل بينهما ونسبته إلى الإنتاجية الاستثمارية الحقيقية للتراكس.

الجدول (10): نتائج اختبار الشبكة بمدخلات جديدة

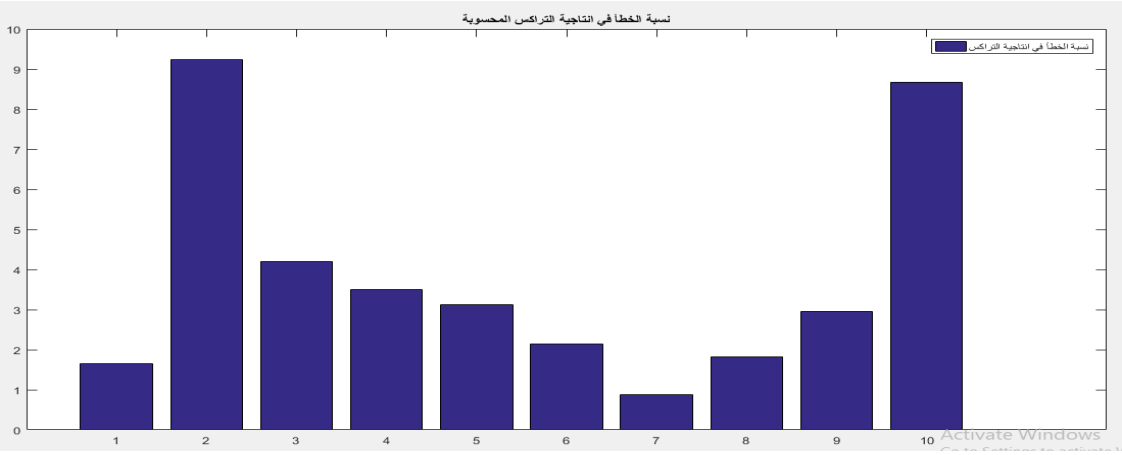
SN رقم المشروع	Real Value الإنتاجية الحقيقية	Net Value الإنتاجية المحسوبة	Absolute Error الخطأ المطلق	Relative Error الخطأ النسبي %
1	120	121.9751	1.9751	1.645917
2	110	99.8341	10.1659	9.241727
3	188	195.9093	7.9093	4.207074
4	175	181.1159	6.1159	3.4948
5	245	237.3338	7.6662	3.129061
6	277	271.0563	5.9437	2.14574
7	260	262.2719	2.2719	0.873808
8	138	135.4790	2.521	1.826812
9	105	101.9037	3.0963	2.948857
10	99	90.4145	8.5855	8.672222

الشكل (11) يوضح نتائج الاختبار للمشاريع العشرة في مرحلة التأكد، ويعرض لكل منها الإنتاجية الاستثمارية الحقيقية والإنتاجية الاستثمارية المحسوبة للتراكس.



الشكل (11): مقارنة الإنتاجية الاستثمارية المحسوبة مع الإنتاجية الاستثمارية الحقيقية للتراكس

كما تم حساب الخطأ النسبي بين الإنتاجية الاستثمارية الحقيقية والإنتاجية الاستثمارية المحسوبة للتراكس لكل من مشاريع عينة الاختبار وهو يساوي:(الإنتاجية الاستثمارية المحسوبة للتراكس – الإنتاجية الاستثمارية الحقيقية للتراكس) / الإنتاجية الاستثمارية الحقيقية للتراكس، وقد وصلت القيمة العظمى للنسبة المئوية للخطأ إلى 9.24% كما هو مبين في الشكل (12):



الشكل (12): نسبة الخطأ في تقدير الشبكة للإنتاجية الاستثمارية للتراكس

الاستنتاجات والتوصيات:

1- تم التوصل إلى تصميم نموذج شبكة عصبونية صنعية للتنبؤ بإنتاجية التراكس الاستثمارية وذلك بعد تدريبها واختبارها، حيث أن طبقة الدخل للشبكة العصبونية تتألف من 11 متغير، وتتضمن طبقة خفية واحدة تحوي 10 عصبونات، أما طبقة الخرج فتتألف من عصبون واحد يمثل قيمة الإنتاجية الاستثمارية للتراكس، وتابع التفعيل المستخدم هو تابع سيغمويد.

2- إن استخدام هذا النموذج يمكّن من التقدير الدقيق لإنتاجية التراكس الاستثمارية على أرض الواقع، وتعتبر هذه

التقنية غير معقدة وسهلة التطبيق إلا أنه يجب الانتباه إلى ضرورة إدخال بيانات دقيقة أثناء العمل على الشبكة وذلك للحصول على أفضل وأدق النتائج.

3- إن لنوعية وعدد بيانات التدريب تأثيراً كبيراً في تحسين الشبكة المقترحة، وتحسن أداؤها مرتبط بمدى تعبير تلك المعطيات عن واقع المشاريع وتوفيرها لخصوصيات مختلف مشاريع عينة التدريب، كما أن حجم عينة مشاريع التدريب لايقل أهمية عن نوعيتها، فكلما زاد حجم العينة زادت قدرة الشبكة على التنبؤ والتعلم، وبالتالي من الممكن تطوير نموذج الشبكة العصبونية في المستقبل ليصبح أكثر دقة من خلال جمع عدد أكبر من عينات المشاريع ذات البيانات الموثوقة.

4- نوصي بضرورة توثيق المهندسين لكافة معلومات المشاريع المنفذة فيما يخص العوامل المؤثرة على الإنتاجية الاستثمارية التراكس وذلك لتكوين قاعدة بيانات تتضمن جميع المعطيات ذات الصلة للاستفادة منها لاحقاً في بناء نماذج عصبية أكثر دقة.

5- ضرورة الأخذ بنتائج البحث والعمل على استثمارها والاستفادة منها في كافة المشاريع الإنشائية التي يعمل بها التراكس.

References:

1- Hassan, B. *Construction Technology "1"*. 1st, Tishreen University, Syria, 1999, 439.

2- Rafsanjani, H. N. *An assessment of nominal and actual hourly production of crawler-type front shovel in construction project***.** Journal of Civil Engineering (IEB), Iran,40 (2) (2012) 115-124, 2011, 10.

3- Edmonds, C. D; Tsay, B.& Lin, W. Analyzing machine efficiency. National Public Accountant, 1994, 39: 28-44.

4- Rafsanjani, H. N; Gholipour, Y; Ranjbar, H. H. *An Assessment of Nominal and Actual Hourly Production of the Construction Equipment Based on Several Earth-Fill Dam Projects in Iran*. The Open Civil Engineering Journal, Iran, 3,82-74 ,2009,9.

5- Smith, S.D; Wood, M; Gould, *A new earthworks estimating methodology*. Construction Management and Economics 18 (2) (2000) 219-228.

6- Smith, S.D; Obsborne, J.R; Forde,M.C. *Analysis of Earth-moving systems using discrete-event simulation*, Journal of Construction Engineering and Management 121 (4) (1995) 388-396.

7- Martias,D.G; Xirocostas,D.A. *The M/EK/r machine interference model*, Eur.J. Oper. Res. (2) (1977) 112-123.

8- Price Analysis Guide For Water Projects Works. Ministry Of Housing and Construction. Syria, 2009.

9- Hola,B; Schabowicz,K. *Determination Of Effectiveness Ratios For Earthmoving Machinery Using Artificial Neural Networks*. Institute of Building Engineering, Poland,2010, 6.

10- Hola,B; Schabowicz,K. *Estimation Of Earthworks Execution Time Cost By Means Of Artificial Neural Networks*. Institute of Building Engineering, Poland, 2010, 570-579.