

تقدير الكلف الأولية للمشاريع الهندسية باستخدام نموذج هجين بين الخوارزميات الجينية والشبكات العصبونية.

دراسة مشاريع المشافي والمراكز الصحية

الدكتور علي جنود*

الدكتور راند جعفر**

نغم نعيم عصفوري***

(تاريخ الإيداع 23 / 7 / 2013. قُبل للنشر في 17 / 9 / 2013)

▽ ملخص ▽

تعد المشافي والمراكز الصحية من المباني التي تزداد وتتضخم أهميتها بسبب التزايد السكاني والحاجة المتزايدة لتلبية متطلباتهم، وليست مجالاً اقتصادياً فقط، فهي يجب أن تحقق الراحة للمرضى وتعتبر من الاحتياجات الضرورية للمجتمع لذلك يجب توفير الشروط المطلوبة مع الانتباه إلى أقل قدر ممكن من التكلفة بشكل عام. كما يجب أن تحقق الراحة للمرضى وتعتبر من الاحتياجات الضرورية للمجتمع لذلك يجب توفير الشروط المطلوبة مع الانتباه إلى أقل قدر ممكن من التكلفة بشكل عام.

في هذا البحث نقدم تطبيقاً للشبكات العصبونية والتي تعتبر أداة من أدوات الذكاء الصناعي بحيث تستفيد منها في التقدير الأولي لكلف للمراكز الصحية موضوع دراستنا، وقد تم تدريب الشبكة وتقييم أدائها.

في هذا البحث تم إنشاء نموذجين ومقارنة نتائج كل منهما، حيث استخدم النموذج الأول طريقة الدمج بين الخوارزميات الجينية والشبكات العصبونية الصناعية للحصول على التقدير الأمثل لكلفة المراكز الصحية، وفي النموذج الثاني استخدمت الشبكات العصبونية الصناعية للحصول على أمثلة التقدير الأولي للكلف نفسها.

تم في هذا البحث جمع البيانات من 60 مستشفى ومركز صحي في محافظات سورية عدة (دمشق، حمص، اللاذقية، طرطوس) وكانت قيم الكلف لهذه المشاريع تتراوح بين مليون ومليار ليرة سورية، أعطت الشبكة الأولى خطأ بقيمة 13% بينما أعطت نتائج الشبكة الثانية خطأ بقيمة 30%.

الكلمات المفتاحية: الشبكات العصبونية الصناعية؛ الخوارزميات الجينية؛ تقدير الكلفة الأولية للمشاريع الهندسية؛ تقدير الكلف للمراكز الصحية.

* أستاذ مساعد - قسم هندسة الإدارة والتشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** مدرس - قسم الهندسة البنينة-كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الإدارة والتشييد - الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Hybrid Models of Neural Network and Genetic Algorithms for Predicting Cost Estimates of Construction Buildings. Case of Hospitals and Health Centers

Dr. Ali Janoud*
Dr. Raed Jafar**
Nagham Asfory***

(Received 23 / 7 / 2013. Accepted 17 / 9 / 2013)

▽ ABSTRACT ▽

The importance of hospital and health center buildings are growing and swelling due to the increasing population and the increasing need to meet their requirements, as they are important in human terms. They should check the convenience of patients, and it is one of the essential needs of the community; so it must provide the required conditions with attention to the least possible cost.

We offer in this research an application of Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms as a tool to estimate the cost of health center buildings which we are studying. The network has been trained and its performance was evaluated.

To build the network in this research we have created two models of networks and compared the results of both. In the first model, we have built the network by using Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms, while in the second model we have used Artificial Neural Networks.

We collect data of 60 hospitals and health centers from several cities in Syria (Damascus, Homs, Latakia, and Tartous). The costs of these samples are ranging between one million and one billion Syrian pounds. The first network gives an error by 13%, while the second network gives an error by 30%.

Keywords: Artifial Neural Network; Genetic Algorithms; Cost Estimate for costruction Buildings; Estimates for Healthy Buildings.

* Associate Professor, Department of Mangement And Construction Engineering, Faculty of civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Assistant Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

*** Postgraduate Student, Department of Mangement And Construction Engineering, Faculty of civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة :

هذا البحث يعالج مشكلة التقدير الأولي للكلفة في المشاريع الهندسية، حيث يعتبر التقدير الأولي الدقيق من المعايير الأساسية في اتخاذ القرار لأي مشروع بشكل عام، وفي المراكز الصحية والمشافي التي تعتبر قطاعات حكومية بمعظمها وهي مجال دراستنا.

بما أن الكلفة تتغير أثناء التنفيذ بشكل كبير عن ما كان مقدراً أثناء دراسة المشروع، وبما أن العوامل التي تؤثر في هذا الاختلاف كثيرة ومن الصعب ضبطها (مثل طبيعة الأرض، التغيرات المفاجئة في أسعار السوق، تغيرات الطقس، ... الخ)، فإن متخذي القرار يسعون جاهدين لتطوير الأدوات التي تساعدهم في وضع كلفة تقديرية أقرب ما يمكن للواقع الحقيقي أثناء المراحل التنفيذية اللاحقة.

نقدم في هذا البحث أداة من أدوات الذكاء الصناعي الذي تتطور تقنياته بشكل ملحوظ ومتسارع، حيث قمنا باستخدام الدمج بين تقنيتين من تقنيات الذكاء الصناعي وهما الشبكات العصبونية الصناعية ومعايرتها باستخدام الخوارزميات الجينية، بحيث يمكن الاستفادة منها للحصول على تقدير أولي للمشاريع الهندسية ويقدم دقة جيدة مقبولة مقارنة مع الواقع في المشاريع (مجال الدراسة).

أهمية البحث وأهدافه :

يهدف هذا البحث إلى الحصول على تقدير أولي لكلف المشافي والمراكز الصحية في مرحلة دراسة الجدوى المبدئية لأي منشأة صحية بحيث يمكن العمل بها لاحقاً، ويستخدم تقنيات الذكاء الصناعي لهذا الهدف. يمكننا تحديد أهداف البحث كمايلي:

1. دراسة العوامل المؤثرة في تقدير الكلفة للمشاريع الهندسية في المراحل الأولية للمشروع، وذلك بالاستفادة من عينات مشاريع مأخوذة من أربع محافظات سورية (دمشق، حمص، اللاذقية، طرطوس)، والتوصل إلى مجموعة من العوامل منها : نوع التربة، خبرة الشركة المنفذة والعمال، البعد عن مصادر المواد الأولية، عدد الطوابق، نوع المستشفى، مساحة الطابق وغيرها.
2. التوصل إلى التقدير الأمثل للكلف الأولية للمراكز الصحية وفق نموذجين، الأول بالدمج بين تقنيتي الخوارزميات الجينية GAS والشبكات العصبونية الصناعية ANN، والثاني باستخدام الشبكات العصبونية الصناعية ANN، ومقارنة نتائج التقديرين الأمثليين لكلا النموذجين، بحيث يمكن تقديم أداة تكون مرجعية بالنسبة لمتخذي القرار في مشاريع مشابهة.

مشكلة البحث:

لقد أصبح تعرض المشاريع الإنشائية للتأخير وزيادة التكلفة ظاهرة عامة خلال العقود الأخيرة، وخاصة في المشاريع الكبيرة والتي تتطلب تأمين ظروف خاصة مثل المستشفيات والمراكز الصحية. تتعرض معظم المشروعات للتأخير لسنة واحدة على الأقل، ولأسباب مختلفة مما يترتب عليه زيادة مفاجئة بالكلفة، لذا نقدم في هذه الدراسة تقدير الكلفة للمستشفيات العامة والخاصة والمراكز الصحية، تم استخدام الشبكات العصبونية الصناعية لإيجاد الأسلوب المناسب لعمل تقدير مبكر لكلفة إنشاء هذه المشافي والمراكز في مرحلة دراسة الجدوى للمشروع وبدرجة دقة مقبولة.

طرائق البحث ومواده:

سنقوم بتقديم فكرة نظرية عن دراسة الكلف التقديرية، وتقنيتي الشبكات العصبونية الصناعية ANN، والخوارزميات الجينية GAS.

4-1- العوامل المؤثرة في تقدير الكلفة الأولية لبناء هندسي :

التقدير هو بشكل عام تئمين وتحديد لقيم كافة الأعمال التي يتضمنها المشروع ومكوناتها من (مواد، يدعاملة، آليات.... الخ) ويجب أن يأخذ هذا التقدير بعين الاعتبار الأسباب المحتملة التي قد تحدث تباين في تقديرات الكلفة بما فيها المخاطر.[3]

لقد تم تحديد عدة عوامل تؤثر على الكلفة مثل : (نوع المركز الصحي : مستشفى مركزي- مستشفى اسعافي- مستشفى تخصصي- مستوصف؛ خبرة المتعهد؛ وهي تعتمد على عدد المشاريع الانشائية التي قام بتنفيذها سابقاً؛ نوع الشركة المنفذة للمشروع: حيث لدينا اعتباران(قطاع خاص - قطاع عام)؛ عدد الطوابق في المبنى؛ عمق التأسيس؛ نوع الأساسات؛ المساحة الطابقية؛ نوع التربة (صخرية-متكيفة-رملية-غضارية -كلسية)؛ بعد موقع المشروع عن مصادر المواد الأولية (اسمنت -مجل بيتون- مصدر الحديد) والتي تزيد من تكلفة نقل المواد مع زيادة البعد.)[9]

هناك عوامل أخرى تؤثر على كلفة البناء ولكن لم يتم تحديدها ضمن الاستبيان مثل:

كلفة الهدم في حال كان هناك بناء قديم، وكلفة الترحيل، وكلفة الحفر وترحيل التربة في حال كانت أرض فارغة ويوجد قبو أو الحفر للأساسات[9]، أما كلفة الإكساء فلم يتم إدخالها ضمن هذا الاستبيان والسبب في ذلك أن وزارة الصحة قد حددت شروطها تبعاً لنوع المركز الصحي من حيث عدد غرف العمليات للمشافي وعدد الأسرة للمراكز الصحية ونوع التمديدات اللازم توفرها في كل مركز لذلك فإن تكلفة هذه المواد تختلف باختلاف درجة ونوع المركز الصحي.[7]

4-2- الشبكات العصبونية الصناعية :

هي تقنيات حسابية مصممة لمحاكاة الطريقة التي يؤدي بها الدماغ البشري مهمة معينة، وذلك عن طريق معالجة ضخمة موزعة على التوازي، ومكونة من وحدات معالجة بسيطة، هذه الوحدات ما هي إلا عناصر حسابية تسمى عصبونات أو عقد (Nodes) حيث أنها تقوم بتخزين المعرفة العملية والمعلومات التجريبية لتجعلها متاحة للمستخدم وذلك عن طريق ضبط الأوزان[1].

4-2-1- بنية الشبكة العصبونية الصناعية:

كما أن للإنسان وحدات إدخال توصله بالعالم الخارجي وهي حواسه الخمس، فكذلك الشبكات العصبونية تحتاج لوحدات إدخال، ووحدات معالجة يتم فيها عمليات حسابية تضبط بها الأوزان و تحصل من خلالها على ردة الفعل المناسبة لكل مدخل من المدخلات للشبكة.

1- طبقة الدخل Input Layer:

تتكون طبقة الدخل من مجموعة من الوحدات أو عناصر المعالجة Nodes التي تعمل على توزيع القيم المدخلة إليها من الوسط الخارجي إلى الطبقة الخفية التي تليها عبر الارتباطات والتي بناءً عليها ستكون النتائج، حيث تنتقل المعلومات من الوسط الخارجي مباشرة، بعد تحويلها إلى قيم عديدة ثم تقدم هذه القيم إلى العصبونات التالية[2].

2- طبقة الخرج Output :

هي الطبقة النهائية التي تقع عند المخرج، حيث تقوم عناصر المعالجة فيها باستلام الإشارات من الطبقة الخفية السابقة لمعالجتها وتقوم بإجراء العمليات الحسابية بشكل مشابه تماماً للطبقات الخفية حيث يتم الحصول على النتائج النهائية، وهي ستساهم مع الدخل في تكوين ذاكرة الشبكة.

3- الطبقات المخفية Hidden Layers:

وهي مجموعة الطبقات البينية التي تقع بين طبقتي الدخل والمخرج، وتكون مكونة من طبقة واحدة أو أكثر وذلك حسب حجم المشكلة وطبيعتها، وإن 85% من التطبيقات تم الإكتفاء بطبقة وحدة و هي العنصر الأساسي في حفظ و استعادة ذاكرة الشبكة ... يتم تحديد عدد الطبقات و عدد العصبونات في كل منها عادةً بالتجريب حتى الوصول إلى الأداء الأفضل [4].

4-الأوزان Weights:

تقوم بعمل المشابك في الشبكات الحيوية، تقع على نقاط الاتصال بين العصبونات (في الشائع بين عصبونات طبقة سابقة و عصبونات الطبقة اللاحقة)، و منها ما يكون نشطاً يساهم في تفعيل العصبونات التالية، ومنها ما يكون خامداً يثبط تنشيطها، وتكون الروابط نشطة إذا كان لها أوزان ايجابية أما الروابط المثبطة فهي ذات أوزان سلبية. [5]

قيمة الإدخال لكل عنصر تحدد بناء على الروابط الداخلة إليه، قيمة الدخل الصافي لوحدة المعالجة i يرمز لها Net_i وهو مجموع مضارب خرج كل عصبون متصل به بالوزن على تلك الوصلة :

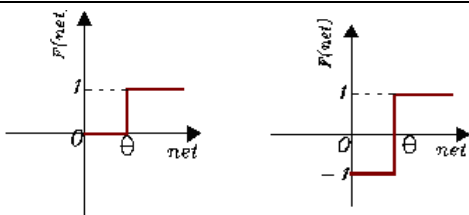
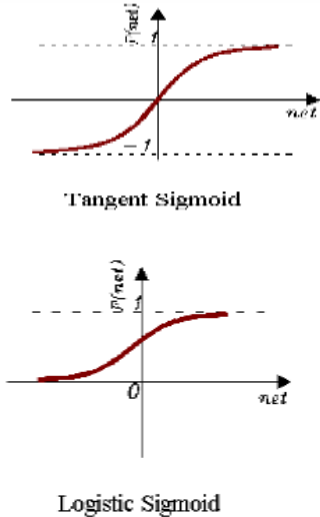
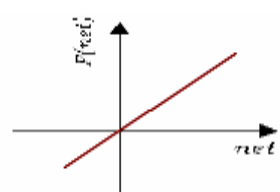
$$Net_i = \sum_{j=1}^N X_j . W_{ij}$$

i : هو عنصر المعالجة الذي يتم فيه الحساب؛ j : الرابط القادم إلى عنصر المعالجة i من العنصر j .
 n : عدد الروابط الداخلة إلى عنصر المعالجة؛ W_{ij} : وزن الرابط القادم من عنصر المعالجة j و المنتجه لعنصر المعالجة i وهو يعبر عن قوة الارتباط بين وحدتي المعالجة i, j الواقعتين في طبقتين مختلفتين.

4-2-2- توابع التحويل Transfer Function:

إن تابع التحويل يطبق على خرج العصبون . ويجب أن يمتلك الخواص التالية:
 - أن يكون تابعاً مستمراً. - أن يكون قابلاً للاشتقاق ومشتقه سهل الحساب. - أن يكون انسيابياً غير متناقص [5].
 وهناك ثلاثة أنواع لتوابع التفعيل موضحة في الجدول رقم (1):

الجدول رقم (1) يوضح توابع اتحويل

أنواع لتوابع التفعيل	تمثيل التابع رياضياً
<p>1-تابع العتبة (تابع الخطوة)</p> $F(net) = \begin{cases} 1 & \text{if } net \geq \theta \\ 0 \text{ or } -1 & \text{if } net < \theta \end{cases}$ <p>يعطي خرجاً ثنائياً [0,1] ، أو ثنائي القطبية [-1,+1] لدى وصول الدخل إلى قيمة العتبة.</p>	
<p>2- توابع السيغمويد (Sigmoid): تتميز باشتقاقها السهل و هذه ميزة مهمة لخوارزمية تعليم الانتشار الخلفي المستخدمة في هذا البحث ..وأكثر هذه التوابع استخداماً هي : تابع السيغمويد المنطقي (Logistic Sigmoid) أو اختصاراً (logsig) : يعطي خرجاً ثنائياً [0,1] :</p> $F(net) = \frac{1}{1 + \exp(-\sigma \cdot net)}$ <p>σ : معامل يؤثر على انحدار خط التابع .. تابع السغمويد ثنائي القطبية: أو (تابع الظل القطعي) \tansig , يعطي خرجاً ثنائي القطبية [-1,+1] :</p> $F(net) = \frac{2}{1 + \exp(-\sigma \cdot net)} - 1$	
<p>3- التابع الخطي: يعطي خرجاً يحمل نفس قيمة الدخل المقدم إليه: $F(net) = net$</p>	

4-3- الخوارزميات الجينية GAS :

مع تطور الحوسبة وتزويد الحاسب بإمكانية حل المسائل المعقدة وتحويلها لنموذج حاسوبي جعل من الخوارزميات الجينية حلاً مغرياً وجذاباً من أجل حل بعض مسائل الأمثلة التي لم يكن من الممكن حلها بزمن معقول باستخدام بقية الطرق التقليدية السائدة [6].

4-3-1- منهجية العمل في الخوارزميات الجينية:

نرى مما سبق أن هنالك ثلاث مراحل أساسية للخوارزميات الجينية:

1- يجب ترميز الحلول المطروحة للمسألة بإحدى طرق الترميز (الكروموزوم) بما يناسب المسألة المطروحة، وهذا ما يسمى الخريطة الوراثية.

2- الانتقاء Selection: نختار بشكل عشوائي المجتمع البدئي، ثم باستخدام وتابع الكفاءة fitness

function, الذي يستخدم لاختيار الحلول ولتقييمها، نحدد الكروموزوم الذي يملك الكفاءة الاعلى ونهمل غيره.

3- المؤثرات (العمليات) الجينية (التصالب والطفرة): نقوم بإجراء التصالب بين الكروموزومات المختارة والتي تابع الأمثلية لها هو الأفضل، لتوليد جيل جديد مؤلف من كروموزومات جديدة بدلا من التي تم استبعادها، تستخدم الطفرة على أحد كروموزومات الجيل الناتج لضمان عدم الوقوع في نهاية محلية [10].

4-3-1-1- المكون الأول : طرق الترميز :

ولكن هنالك عدد من أساليب التمثيل الشهيرة التي تم تطبيقها على مسائل مناسبة لها ولاقت نجاحاً ملحوظاً، بعض هذه الطرائق الشهيرة والناجحة المستخدمة في ترميز الحلول [6].

• الترميز الثنائي Binary Encoding

ويعد من أشهر الطرائق المستخدمة في تمثيل الحلول في الخوارزميات الجينية، وتتبع شهرته لكونه أول أسلوب تم استخدامه في ترميز الحلول في الخوارزميات الجينية، حيث يتم هنا ترميز كل حل (كروموزوم) على شكل سلسلة من البتات (0) أو (1).

• تمثيل التباديل permutation Encoding :

في هذا النوع من الترميز كل كروموزوم يمثل سلسلة من الأعداد (أو الرموز) غير المتكررة، والمتوضعة وفق تتالي ما، الشكل التالي يوضح شكل كروموزوم يستخدم ترميز التباديل مرةً باستخدام الأعداد، ومرةً باستخدام الأحرف.

• ترميز القيمة Value Encoding

في هذا النوع من التمثيل يكون لدينا كل كروموزوم عبارة عن سلسلة من بعض القيم (المرتبطة بشكل وثيق بمسألة ما) ويمكن لهذه القيم أن تأخذ عدة صيغ ممكنة وذلك حسب المسألة التي يتم معالجتها، مثل سلاسل من الأرقام، الأعداد الحقيقية، محارف، أو حتى مجموعات من أعراض معقدة Complicated Objects.

• ترميز الشجرة Tree Encoding

يستخدم هذا النوع من الترميز بشكل أساسي للتعبير والبرامج التطورية Evolving Programs Or Expressions، كما يستخدم للبرمجة الجينية Genetic Programming. حيث يكون كل كروموزوم في ترميز الشجرة بمثابة شجرة من بعض الأغراض objects، مثل التتابع أو الأوامر في لغات البرمجة.

4-3-1-2- المكون الثاني فهو : تابع الصلاحية fitness function

في لحظة ما، عندما يكون لدينا عدد من الحلول، نحن بحاجة لآلية فعالة ومدروسة توجهنا نحو الحل الأفضل من بين مجموعة من الحلول المطروحة، أي نحن بحاجة لتابع الصلاحية الذي يرشدنا نحو الحل الأمثل، ويعطينا تقييم أولي، أي من هذه الحلول هو أفدر على النجاة وأصلح لأن ينتقل للجيل التالي. لا يوجد تابع عام لحساب الصلاحية وعملية اختيار هذا التابع ذو علاقة وثيقة بالمسألة المطروحة [6].

4-3-1-3- المكون الثالث فهو : الانتقاء Selection :

مما اتضح لنا سابقاً من الخطوط العريضة التي تسير وفقها الخوارزميات الجينية، فإن الكروموزومات (الصبغيات) الأباء التي تخضع لعملية التصالب، يتم اختيارها -انتقائها- وفق آلية محددة من التجمع الحالي. إذن تعود مسألتنا هنا إلى مسألة الاختيار الأمثل. عملياً يوجد عدة طرق لتحديد كيفية انتقاء الكروموزوم (الصبغي) الأمثل، مثلاً: عجلة الروليت Roulette wheel Selection، انتقاء بولتزمان Boltzman selection، انتقاء النخبة Elitism selection، انتقاء الحالة المستقرة Steady state selection... إلخ.

4-3-1-4- المكون الرابع يتجلى بالعمليات الجينية Genetic Operators

أولاً : عملية التصالب Crossover: وهي عملية منتجة, أي تنطلق من كروموزومين (صبغيين) - من جيل الآباء لتعطي بشكل عام حلين أبناء Two Offspring.

ثانياً: الطفرة Mutation: هي عملية يتم فيها إجراء تبديل - تغير - على بعض جينات كروموزوم (صبغي) ما، أن نتيجة كل من عمليتي التصالب Crossover والطفرة Mutation تعتمد بشكل أساسي على أسلوب الترميز المستخدم للمسألة, وتتغير بتغيره [11].

5-النتائج والمناقشة:

5-1- بناء النموذج الشبكي وتطويره:

في هذا البحث قمنا بإنشاء نموذجين لشبكات عصبية صناعية :
الشبكية الأولى تم بناؤها باستخدام التهجين بين الشبكات العصبونية الصناعية والخوارزميات الجينية.
الشبكية الثانية تم بناؤها باستخدام الشبكات العصبونية الصناعية المدربة بالتعلم والخطأ.
في كلا النموذجين تم اعتماد عينة من مشاريع مراكز صحية منفذة في أربع محافظات (دمشق، حمص، طرطوس، اللاذقية) وكان عدد هذه البيانات التي تم الحصول عليها ستين عينة قمنا باستخدامها في تصميم وتدريب واختبار هذه الشبكة، بهدف الوصول إلى الشبكة المثلى التي توافق الخطأ الأصغري .

خطوات إنشاء الشبكة: [8]

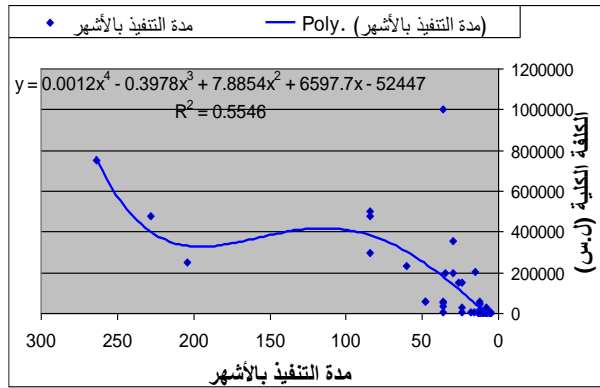
- 1- تحديد العوامل المؤثرة على الكلف والتعامل معها كمدخلات للشبكة.
 - 2- تحديد نوع الشبكة أو معماريتها.
 - 3- تدريب الشبكة (إما باستخدام التدريب والخطأ أو باستخدام الخوارزميات الجينية).
 - 4- اختبار الشبكة، وتحديد إذا كانت الشبكة مقبولة أو لا.
 - 5- إعادة تحديد هيكلية جديدة للشبكة إذا كانت نتائج الاختبار غير مقبولة.
 - 6- استثمار الشبكة إذا كانت عملية الاختبار مقبولة.
- قد تم إنشاء الاستبيان وتوزيعه على عدة مهندسين في المحافظات الأربع المذكورة سابقاً ويتضمن هذا الاستبيان البنود الموضحة في الجدول رقم (2):

الجدول (2) يوضح بنود الاستبيان

مستوصف	مركزي	تخصصي	إسعافي	نوع المركز
بالأمانة	تسليم مفتاح	استدراج عروض	مناقصة تراضي	نوع العقد
عدد السنوات				مدة التنفيذ
قليلة	متوسطة	جيدة		خبرة المتعهد
قطاع خاص		قطاع عام		نوع الشركة المنفذة
مفككة	متكيفة	غضارية	صخرية	نوع تربة التأسيس
قيمة عددية				عمق التأسيس
أوتاد	حصيرة	مشتركة	أساسات منفردة	نوع الأساس
قيمة عددية				عدد الكتل الإنشائية للبناء
هوردي	مسبق الصنع		مصمتة	نوع السقف
قيمة عددية				مساحة الطابق المتكرر
قيمة عددية				مساحة الطابق الأرضي
بعيد جداً	متوسط البعد	بعيد	قريب	البعد عن مصادر المواد الأولية (موقع المشروع)
6 وما فوق		بين 4-6	بين 1-3	عدد الطوابق

5-2- تحليل العوامل المؤثرة على الكلفة:

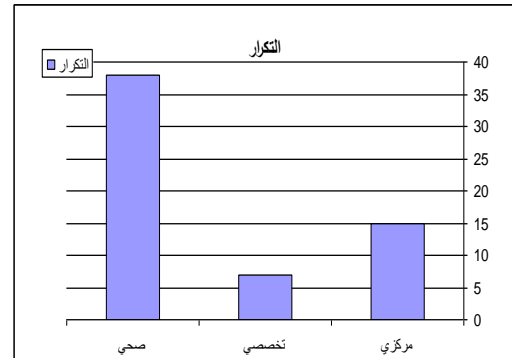
2- مدة التنفيذ:



العلاقة بين مدة التنفيذ والكلفة الكلية للمشاريع

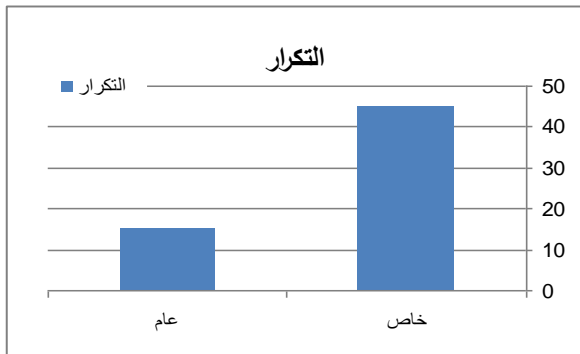
الشكل (1) علاقة غير خطية وبمعامل ارتباط قيمته $R=0.7447$ الشكل (2)

1- نوع المركز:



معظم المشاريع هي مراكز صحية (مستوصفات).

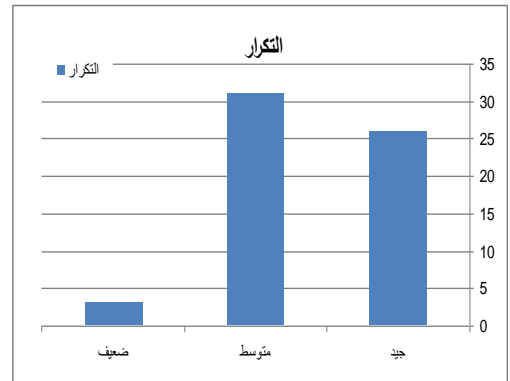
4- نوع الشركة المنفذة:



القطاع الخاص هو المتعهد الأكثر تنفيذاً لهذه المشاريع

الشكل (4)

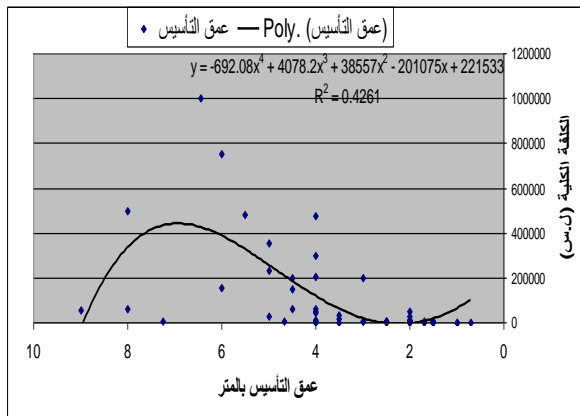
3- خبرة الشركة المنفذة:



الشركات ذات الخبرة متوسطة هي الأكثر تنفيذاً

الشكل (3)

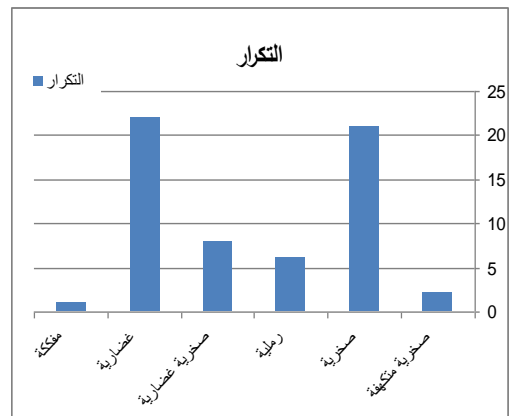
6- عمق التأسيس:



العلاقة بين عمق التأسيس والكلفة الكلية للمشاريع

الشكل (6) علاقة غير خطية وبمعامل ارتباط قيمته $R=0.652763$

5- نوع تربة التأسيس:

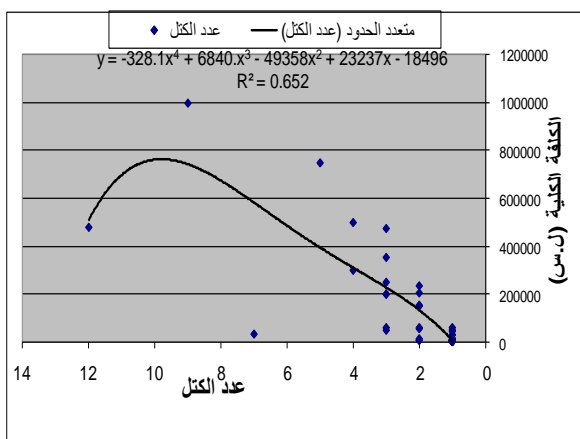


تم إنشاء المشاريع على تربة إما صخرية، أو م

متكيفة أو رملية أو حصوية مفككة.

الشكل (5)

8- عدد الكتل الإنشائية:

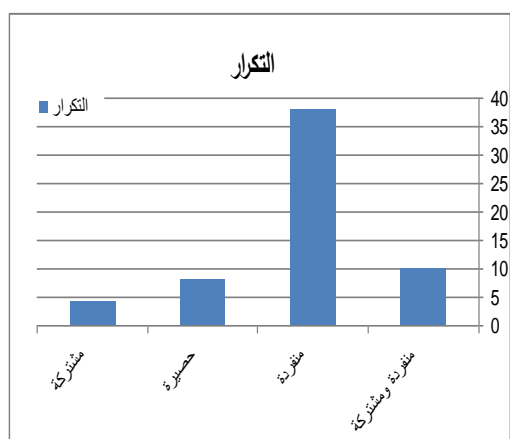


العلاقة بين عدد الكتل والكلفة الكلية علاقة غير خطية

وبمعامل ارتباط قيمته $R=0.807775$

الشكل (8)

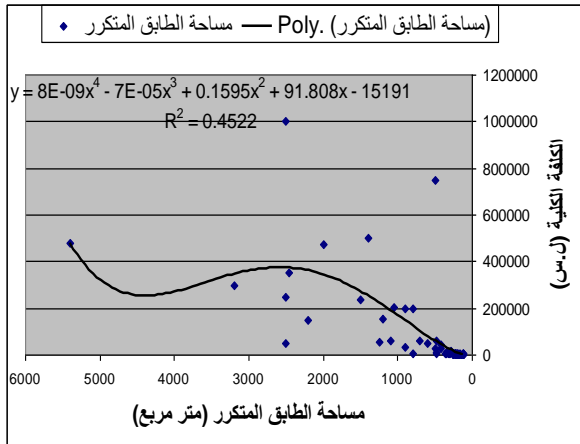
7- نوع الأساسات:



نوع الأساسات المنفردة هي النوع الأكثر استخداماً

الشكل (7)

10- مساحة الطابق المتكرر:

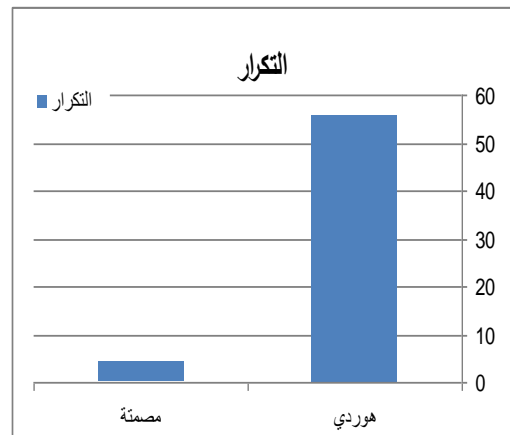


العلاقة بين المساحة الطابقية والكلفة الكلية غير خطية

وبمعامل ارتباط قيمته $R = 0.672458$

الشكل (10)

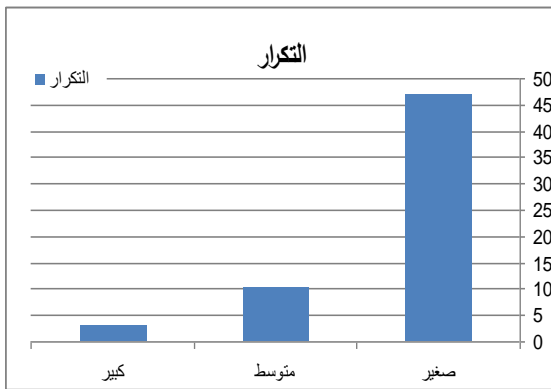
9- نوع الأسقف:



معظم الأنواع المستخدمة للأسقف هي الهوردي (البلاطة المفرغة)

الشكل (9)

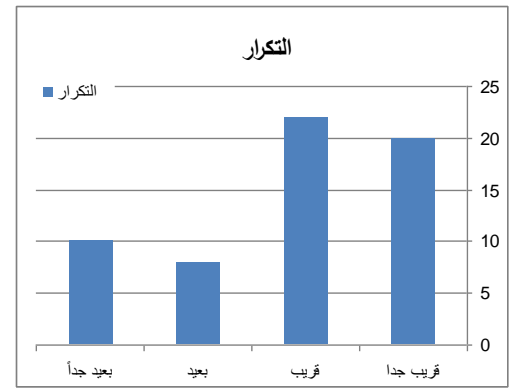
12- عدد الطوابق:



المشاريع المنفذة معظمها صغيرة وعدد الطوابق > 3

الشكل (12)

11- البعد عن مصادر المواد الأولية:



معظم المشاريع تعتبر قريبة من مصادر المواد الأولية

الشكل (11)

5-3- إنشاء الشبكة:

في كلا الشبكتين كانت العينة عبارة عن بيانات أخذت من نتائج الاستبيان الذي تم توزيعه على مهندسين لهم خبرة سابقة في تنفيذ مشاريع الأبنية الصحية في شركات عامة وخاصة، وتم الحصول على ستين عينة استخدمت في عمليات تصميم وتدريب واختبار الشبكة العصبونية في كل نموذج للوصول إلى الشبكة المثلى ومقارنة النتائج بين النموذجين.

5-3-1- نموذج الشبكة الأولى:

تم بناء نموذج هذه الشبكة بالاعتماد على برنامج NeuronSolutions، هذا البرنامج يتميز بارتباطه مع Microsoft Excel، ويمكننا بناء هذه الشبكة بالاستعانة بقائمة الخيارات التي تضاف ضمن الاكسل والتي تعبر عن الارتباط بينهما.

قمنا بتحديد عدة سيناريوهات لبناء الشبكة العصبونية، وتعديل عدد العينات التي تدخل في تدريب الشبكة والعينات التي تستخدم للتأكد وعدد عينات الاختبار، سوف نعتمد 15 سيناريو لبناء الشبكة وهي وفق الترتيب التالي المذكور في الجدول (3):

الجدول (3) سيناريوهات بناء الشبكة

الهيكلية	Testing	Validation	Training	S.N
13_4_4_1	9	11	40	1
13_4_4_1	12	13	35	2
13_4_4_1	10	10	40	3
13_4_4_1	13	12	35	4
13_4_4_4_1	10	12	38	5
13_4_4_1	10	12	38	6
13_4_4_4_1	13	11	36	7
13_4_4_4_4_4_1	13	11	36	8
13_4_4_4_1	10	20	30	9
13_4_4_4_1	20	10	30	10
13_4_4_4_1	15	15	30	11
13_4_4_4_4_1	15	15	30	12
13_4_4_1	12	11	37	13
13_4_4_4_1	12	12	36	14
13_4_4_4_1	9	9	42	15

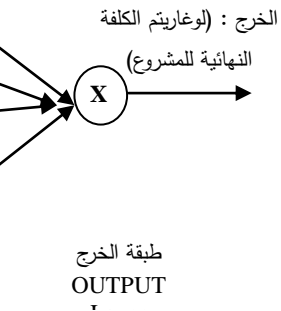
وبتغيير عدد الطبقات المخفية وعدد البيانات المدربة ضمن الشبكة المبنية في كل سيناريو، حتى الوصول إلى النموذج الأمثل وهو الذي يعطي أقل قيمة للخطأ وكانت لدينا النتائج الموضحة في الجدول رقم (4) :

الجدول رقم (4) يوضح سيناريوهات النماذج المدربة

Testing		Validation	Training	No. Design
R	MSE	MSE	MSE	
0.687392	0.55712	0.016657	0.002883	1
0.781563	0.926387	0.026617	0.024273	2
-0.51263	1.001186	0.016637	0.030147	3
0.33305	0.636825	0.055515	0.051164	4
-0.1262	0.947429	0.030672	0.035103	5
0.979997	0.132383	0.020367	0.002478	6
0.742205	0.89845	0.02134	0.020476	7
0.43751	0.635059	0.060081	0.051608	8
0.836901	0.895934	0.022403	0.021882	9
-0.25536	0.56671	0.09432	0.045056	10
0.728463	0.820563	0.030074	0.027834	11
-0.48073	0.603963	0.102681	0.062339	12
0.721803	0.402584	0.013163	0.00261	13

0.660697	0.711304	0.044577	0.038804	14
0.32681	0.85826	0.023618	0.021082	15

من الجدول رقم (4) نلاحظ أن التصميم الذي يعطي الشبكة المثالية هو التصميم رقم ستة حيث يعطي أقل قيمة للخطأ، وهي ممثلة بالشكل (13) :



الشكل (13) يعبر عن الشبكة المثلى

ويحمل هذا النموذج الأمثل المواصفات التالية :- طبقة الدخل مؤلفة من 13 عنصر.

- طبقة الخرج مؤلفة من عنصر واحد هو الكلفة الحقيقية.

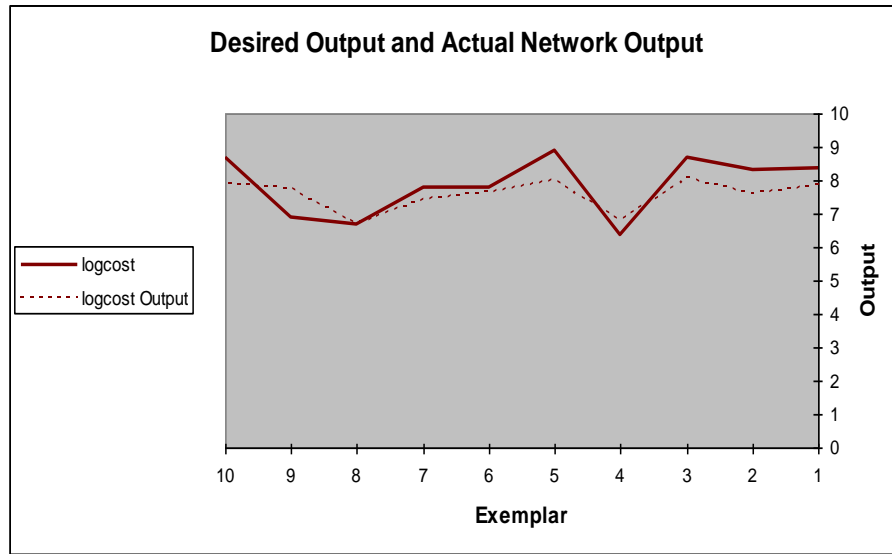
- طبقة مخفية واحدة.

- تتألف هذه الطبقة المخفية من 4 عصبونات.

- تابع التفعيل الأمثل هو تابع سيغمويد أو تابع الظل القطعي.

الشكل (14) يوضح نتائج الاختبار في الشبكة المثلى، حيث تعبر كل نقطة عن لغازيتم الكلفة لكل عينة من

العينات العشرة الداخلة في الاختبار.



وبناء على نتائج اختبار الشبكة المثلى ندرج الجدول رقم (5) الذي يوضح نتائج تقدير الكلفة المحسوبة عند كل عينة من العينات المختبرة.

نسبة الخطأ (بالقيمة المطلقة)	الخطأ (بالقيمة المطلقة)	لوغاريتم الكلفة المحسوبة	لوغاريتم الكلفة الحقيقية	رقم العينة
0.058	0.484	7.887	8.371	1
0.083	0.687	7.614	8.301	2
0.068	0.589	8.088	8.677	3
0.082	0.519	6.862	6.342	4
0.092	0.817	8.058	8.875	5
0.013	0.1	7.678	7.778	6
0.037	0.29	7.488	7.778	7
0.008	0.052	6.733	6.681	8
0.128	0.886	7.789	6.903	9
0.085	0.743	7.956	8.699	10

الشكل (14) يعبر عن قيم الكلفة في مرحلة الاختبار

الجدول رقم (5) يوضح نتائج الاختبار للشبكة المثلى
نلاحظ من الجدول رقم (5) أن قيمة نسبة الخطأ لم تتجاوز الـ 13%، حيث تم حساب الخطأ من :
الخطأ = (الكلفة المحسوبة من الاختبار - الكلفة الحقيقية) / الكلفة الحقيقية

5-3-2- نموذج الشبكة الثانية:

تم استخدام ميزات برنامج MATLAB في بناء الشبكة وتدريبها ومن ثم اختبارها ومن خيارات البرنامج تم استخدام Neural Network Fitting Tools، وهي أحد الطرق المتوفرة في أدوات برنامج الماتلاب، لإنشاء شبكة باستخدام البرنامج يجب تحويل جميع المدخلات إلى قيم رقمية (أعداد).

تم تغيير عدد العصبونات ضمن الطبقات المخفية، أما تابع التفعيل اعتمدنا على تابع سيغمويد في الطبقات المخفية، أما في طبقة الخرج اعتمدنا تابع التحويل الخطي، تم تحديد تابع الأداء بحيث تعتبر الأوزان والانحياز كمثولات عشوائية ويعتمد على تعديل تابع الأداء بتوزيع متوسط مجموع مربعات أوزان الشبكة وانحيازاتها إلى علاقة الخطأ حسب العلاقة:

$$Mserg = \gamma MSE + (1-\gamma)MSW$$

γ نسبة أداء الشبكة

MSE متوسط مربع الخطأ

$MSW = 1/n * \sum w_j^2$ متوسط مربع الأوزان

تم اختيار شبكة من طبقتين مخفيتين وقمنا بزيادة عدد العصبونات في الطبقة المخفية وبناء 20 سيناريو لهذه الشبكة وإيجاد متوسط الخطأ التربيعي MSE لكل منها وقيمة معامل الارتباط R أيضاً، وهذه السيناريوهات موضحة في الجدول (6)، ولدنا 36 مشروع للتدريب و12 للتأكد و12 للاختبار.

رقم السيناريو	1	2	3	4	5
هيكلية الشبكة	13_2_2_1	13_4_4_1	13_6_6_1	13_8_8_1	13_10_10_1
رقم السيناريو	6	7	8	9	10
هيكلية الشبكة	13_12_12_1	13_14_14_1	13_16_16_1	13_18_18_1	13_20_20_1
رقم السيناريو	11	12	13	14	15
هيكلية الشبكة	13_22_22_1	13_24_24_1	13_26_26_1	13_28_28_1	13_30_30_1
رقم السيناريو	16	17	18	19	20
هيكلية الشبكة	13_32_32_1	13_34_34_1	13_36_36_1	13_38_38_1	13_40_40_1

والجدول رقم (7) يوضح عمليات بناء الشبكة باستخدام الماتلاب بطريقة التدريب والخطأ، وعليه قيم كل من المعاملين معامل الخطأ MSE، ومعامل الارتباط R.

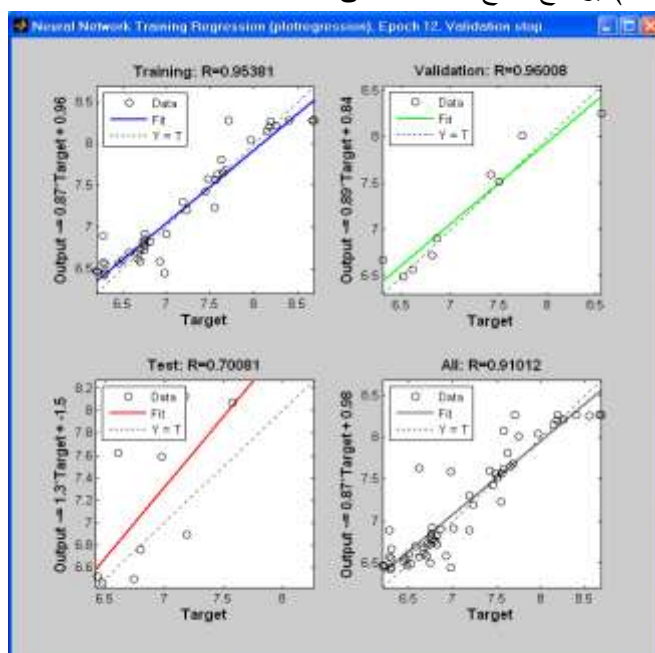
الجدول (7) يوضح سيناريوهات الشبكة التي تم بناؤها مع قيم R, MSE في مرحلة التدريب والاختبار والتأكد

مرحلة التأكد validation		مرحلة الاختبار testing		مرحلة التدريب training		عدد العصبونات في الطبقة neuron no.
معامل الارتباط R	متوسط الخطأ MSE	معامل الارتباط R	متوسط الخطأ MSE	معامل الارتباط R	متوسط الخطأ MSE	
0.752	0.310	0.805	0.189	0.782	0.155	2
0.960	0.038	0.701	0.301	0.954	0.048	4
0.810	0.235	0.803	0.192	0.810	0.105	6
0.613	0.544	0.535	0.469	0.613	0.011	8

0.858	0.197	-0.515	0.465	0.858	0.083	10
0.574	0.543	0.731	1.389	0.574	0.000	12
0.443	0.155	0.514	0.273	0.443	0.030	14
0.767	2.392	0.567	0.558	0.767	0.450	16
0.569	1.519	0.846	0.309	0.569	0.003	18
0.955	0.238	0.699	1.857	0.699	0.000	20
0.630	0.478	-0.247	0.396	0.862	0.148	22
-0.285	1.766	0.208	0.683	0.972	0.031	24
0.639	0.601	0.809	0.763	0.994	0.009	26
-0.047	2.119	0.498	2.464	0.439	0.986	28
0.503	0.550	0.379	0.550	0.914	0.077	30
0.342	3.867	0.954	0.287	0.842	0.205	32
0.562	0.786	0.605	0.763	0.993	0.008	34
0.895	0.637	0.015	1.475	0.990	0.013	36
0.673	1.384	0.643	0.715	0.993	0.010	38
0.715	0.619	0.865	0.560	0.964	0.030	40
0.205	1.034	0.188	0.816	1.000	0.000	42

- من خلال المخططات السابقة يتضح لنا أن الشبكة العصبونية المثلى هي الشبكة المذكورة في السيناريو رقم (4) والتي تعطي الخطأ الأصغري هي الشبكة التي تحقق الهيكلية التالية:- عدد وحدات طبقة الدخل 13 وحدة.
- عدد وحدات طبقة الخرج هو واحد (الكلفة الحقيقية للمشروع)
 - عدد الطبقات المخفية هو طبقتين.
 - عدد العصبونات في كل طبقة مخفية 36 عصبون.
 - تابع التفعيل الأمثل هو تابع سيغمويد أو تابع الظل القطعي .

الشكل (15) يوضح نتائج الشبكة المثلى :



الشكل (15) يعبر عن قيم معامل الارتباط في الشبكة المثلى

5-3-2-1- نتائج التدريب :

نلاحظ أن قيمة المعامل R في مرحلة التدريب كانت 0.95381 وفي مرحلة التأكد 0.96008 وفي مرحلة الاختبار 0.70081 وكلما اقتربت القيمة من الواحد دل ذلك على علاقة قوية بين المتحولات الداخلة وقيمة الخرج.

5-3-2-2- نتائج الاختبار :

الجدول رقم (8) يعبر عن القيم المحسوبة للكلفة وفق الشبكة المثلى، وحساب الخطأ والنسبي للعينات الداخلة في عملية الاختبار.

الجدول (8) يوضح نتائج الاختبار للشبكة المثلى وحساب الخطأ

نسبة الخطأ	قيمة الخطأ	لوغاريتم الكلفة المحسوبة	لوغاريتم الكلفة الحقيقية
0.262657	2.086421	7.646894	9.733314
0.260591	2.02028	7.447158	9.467438
0.172649	1.421772	7.186304	8.608075
0.211846	1.459146	6.280578	7.739725
0.279009	1.940538	6.739572	8.680111
0.295876	1.910412	6.30103	8.211442
0.266344	1.708087	6.19725	7.905337
0.2217	1.423399	6.92311	8.346509
0.254439	1.762274	6.610554	8.372827
0.267299	1.935339	7.477121	9.41246
0.23086	1.605655	6.474216	8.079871
0.233366	1.935705	7.742018	9.677723

من الجدول السابق يتضح أن نسبة الخطأ لم تتجاوز 30 % حيث تم حساب الخطأ من :
 الخطأ = (الكلفة المحسوبة من الاختبار - الكلفة الحقيقية) / الكلفة الحقيقية

الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث عمل دراسة إحصائية للعوامل المؤثرة على الكلفة ومعرفة تأثير كل عامل من العوامل على الكلفة الكلية للمشروع والتوصل إلى تقدير أولي ملائم لكلف المراكز الصحية والمشافي بالاستعانة بتقنية الشبكة العصبونية الصناعية، وبناء نموذجين للشبكات العصبونية.

وسنلخص نتائج النموذجين المدروسين فيما يلي:

• النموذج الأول تم استخدام الدمج بين الشبكات العصبونية الصناعية والخوارزميات الجينية في بناء الشبكة وهي أيضاً شبكة بتغذية أمامية، حيث كان تأثير الخوارزميات الجينية فعالاً على دقة النتائج وضبط عملية توزيع الخطأ ضمن الشبكة وإيجاد مصفوفة الأوزان بين كل طبقة مخفية والطبقة التي تليها وذلك باستخدام خصائص برنامج NeuronSolutions، ووجدنا أن الشبكة المثلى هي (13_4_1)، تم تدريب الشبكة المثلى على 38 عينة، أما عملية المصادقة أو التأكد (Validation) فقد تمت باستخدام 12 عينة لم يتم تدريبها سابقاً، وعملية الاختبار (Testing) أيضاً تمت باستخدام 10 عينات لم يتم تدريبها، وبحساب كلفة كل عينة اختبار حصلنا على نتائج مقبولة وبخطأ لم يتجاوز 13%.

• النموذج الثاني تم استخدام التقنية المعروفة لشبكة عصبونية صناعية بتغذية أمامية، تم بناؤها وتدريبها واختبارها بالاعتماد على نظرية التعلم والخطأ باستخدام برنامج الـ MATLAB، وكانت الشبكة المثلى هي التي تحمل الهيكلية (13_4_4_1)، تم تدريب الشبكة المثلى على 36 عينة، أما عملية المصادقة أو التأكد (Validation) فقد تمت باستخدام 12 عينة لم يتم تدريبها سابقاً، وعملية الاختبار (Testing) أيضاً تمت باستخدام 12 عينة لم يتم تدريبها سابقاً، وبحساب كلفة كل عينة اختبار كانت النتائج مقبولة وبخطأ لم يتجاوز 30%.

• بمقارنة النموذجين يلاحظ الأثر الجيد للتهجين بين الشبكات العصبونية والخوارزميات الجينية في حل مشكلة تقدير الكلف للمراكز الصحية، وبالتالي فإن عملية الدمج بين الشبكات العصبونية الصناعية وتقنية أخرى من تقنيات الذكاء الصناعي مثل الخوارزميات الجينية بإمكانه رفع الدقة الحاصلة في مسائل التقدير الموجودة لدينا وهذا يشجع على استخدام التهجين بين تقنيات الذكاء الصناعي، في حل مسائل التنبؤ.

وهنا يمكننا الإشارة للنقاط التالية والتي يمكن اعتبارها كتوصيات للأبحاث اللاحقة حيث لم يتم التطرق إلى

دراستها :

(1) إن هذا التقدير لا يشمل على تقدير الكلف غير المباشرة مثل ثمن أرض المشروع، أجور الفريق الإداري، رواتب المهندسين والمصممين.... الخ. ويجب إضافة هذه الكلف إلى الكلفة المحسوبة.

(2) عند استخدام البرنامج للتنبؤ بقيمة الكلفة المستقبلية لأي مشروع يجب الانتباه إلى إدخال جميع العوامل اللازمة للحصول على خرج صحيح لأن إغفال أي عامل سيؤثر على النتيجة.

(3) إن دقة تقدير الكلف للمشاريع الهندسية تختلف باختلاف هذه المشاريع ومدى توفر معلومات عن أي مشروع في مراحله الأولية.

(4) تطلب هذا البحث عملية جمع بيانات وهذه العملية غالباً ما تكون مشوبة بالأخطاء حاولنا قدر الامكان التقليل من الخطأ، حيث تعتمد على موثوقية المهندسين المزودين بالمعلومات.

(5) يمكن تحسين أداء الشبكة وذلك بجمع عدد أكبر من العينات والبيانات الموثوقة وزيادة العوامل المدروسة مثل (وجود مبنى خاص بالسيارات، تجهيز موقع المشروع).

المراجع:

- 1- Hegazy, T., and Ayed, A.; "Neural Network Model for Parametric Cost Estimation of Highway Projects"; Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 124, No. 3, (1998). pp. 210–218
- 2- Lui, M., And Shen,L.Y "ANN-Based Mark-up Estimation System with Self-Explanatory Capacities" Constr.ASCE 125(3) ,(1999).
- 3- Oberlender, G. D., and Trost, M.; "Predicting Accuracy Early Cost Estimates Based on Estimate Quality", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 127, No. 3,;(2001). pp. 173–182
- 4- Chester G.Wilmot and Bing Mei ."Neural Network Modeling of Highway Construction Costs", Journal of Construction Engineering And Mangement ASCE , July (2005).
- 5- Jure Zupan1,Department of Chemistry, University Rovira Virgili, Tarragona, Spain;" Introduction to Artificial Neural Network (ANN) Methods" , (1994).
- 6- Mitchell Melanie A Bradford Book The MIT Press Cambridge; "An Introduction to Genetic Algorithms", Massachusetts, London, England (1999).
- 7- Kwang – kyu Seo,"A Methodology for Estimating the Product Life Cycle Cost Using a Hybrid GA and ANN Model ", Department of information and systems engineering,Sangmyung university, (2006).
- 8- سيد سالم، محمد/إعداد، الدجوي،وائل. ناصف، العدوي /إشراف " تقدير تكلفة الإنشاء للمباني الجامعية باستخدام الشبكات العصبونية"، قسم الإنشاءات، كلية الهندسة المدنية جامعة القاهرة، (2002).
- 9- شنودة، أيمن عزيز/إعداد، ياخوم، مراد . حسني، عبد الهادي /إشراف " تقدير تكلفة الإنشاء للمباني السكنية باستخدام طريقة الارتداد الإحصائي " قسم الإنشاءات، كلية الهندسة المدنية، جامعة القاهرة، (2003).
- 10- الخلفاوي، عمرو محمد /إعداد، " نظام تشخيصي يدمج طريقتي النمذجة والخوارزميات الجينية"، هندسة الالكترونيات، كلية الهندسة، جامعة القاهرة، (2008).
- 11- عوض، عادل. " تطبيقات نظم الذكاء الصناعي في حماية البيئة"، كتاب وزارة الثقافة، الهيئة العامة السورية، دمشق، (2007).