

تطوير نموذج رياضي للتنبؤ بالإنتاجية الإنشائية في العراق باستخدام شبكة بيرسبترون العصبية الاصطناعية

م. د. فائق محمد سرحان الزويني
كلية الهندسة - قسم الهندسة المدنية
جامعة النهرين

الخلاصة:

ان الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تطوير نموذج رياضي لتخمين الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطيح باستخدام شبكة بيرسبترون العصبية الاصطناعية، وذلك لان الاساليب المستخدمة حاليا في تخمين الانتاجية، كاعتماد على الخبرة الشخصية، تعتبر اساليب تقليدية وتتميز بعدم الدقة. لذلك كانت هناك حاجة الى اعتماد تقنيات متطورة وجديده لتخمين الانتاجية الانشائية تتسم بالدقة والسرعة وسهولة الاستخدام.

في هذا البحث تم تحديد عشرة متغيرات مستقلة تؤثر في الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطيح، وتم اختيار مشروع المجمع السكني في الموصل (العراق) لغرض جمع البيانات الأولية من خلال تصميم استمارة جمع البيانات (استمارة قياس العمل). في هذا البحث تم بناء نموذج رياضي واحد للتنبؤ بالانتاجية الانشائية، إذ تم استخدام شبكة بيرسبترون متعددة الطبقات لنمذجة عملية تخمين الانتاجية وقد تم دراسة العديد من الحالات التي لها علاقه ببناء الشبكات العصبية الاصطناعية منها معمارية الشبكة والعوامل الداخلية لها ومدى تأثيرها على اداء نماذج الشبكات العصبية الاصطناعية ومن معلومات الشبكة تم استنباط معادلة لحساب الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطيح في العراق. لقد وجد بان هذه الشبكات لها القابلية على التنبؤ بالانتاجية الكلية بدرجة جيدة جدا من الدقة (٩٤.٦ %) وبلغت معاملات الحسابات (R) (٩٦.٢ %).

مفاتيح الكلمات: الانتاجية الانشائية، شبكة بيرسبترون العصبية الاصطناعية، المتغيرات المستقلة وغير المستقلة، معامل الارتباط، الاوزان، درجة الدقة.

Development Of The Mathematical Model For Predicating The Construction Productivity In IRAQ Using The Artificial Neural Perceptron Network

Lecturer. Dr. Faiq Mohammed Sarhan AL-Zwainy
Al-Nahrain University-College of Engineering- Civil Eng Dept.
Faiq_faiqmohmed@yahoo.com

Abstract

The main objective of this research is to development a mathematical model for predicating the construction productivity of floor using artificial neural perceptron network ANPN, because the methods currently used to estimation the productivity such as the

personal experience, is a traditional methods inaccurate. Therefore, it can be adopt new and advanced techniques to predicating the productivity construction with accurate, speed and ease of use.

In this research have been identified ten independent variables affect on the construction productivity of floor, the data collection from construction project in Mosul (Iraq) through the design of the data collection form (Form measurement of work). In this research, One model was built for the prediction the total productivity of building project. A number of issues in relation to ANPN construction such as the effect of ANPN geometry and internal parameters on the performance of ANNs models were investigated. Information on the relative importance of the factors affecting the above productivity parameters predictions were presented and practical equations for the predictions of the above construction productivity were developed.. It was found that ANPNs have the ability to predict the Total productivity for finishing works for building project with a good degree of accuracy of the coefficient of correlation (R) was 96.2%, and average accuracy percentage of 96.4%

Keyword: *Construction Productivity, Artificial Neural Perceptron Network, , Dependent and Independent variables, Correlation Coefficient, Weights, Accuracy Degree.*

المقدمة:

يعتبر قطاع التشييد من أكبر وأصعب الصناعات في العالم، وان الموارد البشرية التي تعمل في قطاع التشييد لها دور استراتيجي لزيادة الإنتاجية في أي شركة انشائية، وهذا يجعلها متفوقة في المنافسة الانشائية من ناحية الاستخدامات الفعالة والمثلى لهذه الموارد البشرية. ان الإنتاجية الانشائية لها أهمية خاصة ولا سيما في البلدان النامية، اذ تعتبر الإنتاجية هي واحدة من أهم العوامل التي تؤثر على الأداء العام لأية شركة تعمل في صناعة البناء والتشييد سواء كانت صغيرة أو متوسطة أو كبيرة الحجم. هناك عدد من العوامل التي تؤثر بشكل مباشر على إنتاجية الانشائية، وبالتالي فإنه من المهم دراسة وتحديد هذه العوامل واتخاذ الإجراءات المناسبة لتحسين إنتاجية العمل. إذ ان تحسين الإنتاجية يساهم في تقليل الكلف ويعطي أداءً أفضل للمشروع الانشائي. في هذا البحث، جرى استخدام اسلوب الشبكات العصبية الاصطناعية الذكية في محاولة لإيجاد معادلة ذات دقة عالية لحساب انتاجية فقرة اعمال التسطيح في قطاع التشييد في العراق .

أهداف البحث

يكتسب البحث أهميته من أن المشاريع الإنشائية ترتبط بحياة الناس ارتباطاً وثيقاً، وتكاد تكون جميع الأعمال التجارية والصناعية أطرافاً في المعادلة حيث أن جميع القطاعات تتحرك مع أعمال التشييد والعكس بالعكس، ومن هنا فإن قطاع التشييد يشكل مصدراً مهماً لشرائح كبيرة سواء كان ذلك في صورة توريد للمواد أو المعدات، أو انتقال الأموال أو العمالة. وفي قطاع التشييد تبرز هذه الأهمية أكثر لان العامل البشري يطغى على باقي العوامل المؤثرة في العملية الانتاجية لكون الكثير من فقرات العمل في هذا القطاع تعتمد على العنصر البشري ويبقى دور المكنائ والمعدات محدوداً نوعاً ما. يهدف هذا البحث الى ابراز اهمية استخدام التقنيات الحديثة ومن اهمها الشبكات العصبية الاصطناعية الذكية، من اجل تخمين الانتاجية الانشائية لفريق عمل فقرة التسطيح، وذلك من خلال:

١. تشخيص العوامل (المتغيرات) المؤثرة على إنتاجية العاملين في قطاع التشييد في العراق لفقرة اعمال التسطیح .
٢. بناء نموذج رياضي لتخمين الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطیح باستخدام اسلوب بيرسبترون للشبكات العصبية الاصطناعية الذكية.
٣. تحقيق ثبوتية ومصداقية النموذج الرياضي المطورة في الفقرة (٢)
٤. ايجاد معادلة رياضية لحساب الانتاجية القياسية لفقرة اعمال التسطیح .
٥. ايجاد درجة دقة المعادلة اعلاه وبيان مقدار الارتباط بين الانتاجية (النتائج) المقاسة والفعلية.
٦. يساهم البحث في وضع مجموعة من التوصيات التي تساعد في رفع انتاجية العاملين في قطاع التشييد في العراق

مبررات البحث

يمكن إيجاز مبررات البحث بما يأتي:

١. ندرة الدراسات و الأبحاث المحلية والعربية المتعلقة بمجال الشبكات العصبية الاصطناعية في الانتاجية الانشائية ، مما قد يجعل من هذه الدراسة إضافة أصلية إلى المعرفة العلمية في هذا الخصوص .
٢. أن نجاح وتفوق الشركات الانشائية يعتمد - إلى حد كبير- على مدى معرفتها بأساليب وطرق ومهارات التخمين، ودرجة اعتمادها و استخدامها لهذه الأساليب و الطرق. و بذلك فقد أمست التقنيات الحديثة(كالشبكات العصبية الاصطناعية) المستخدمة في تخمين الانتاجية الانشائية، ضمن المفاتيح الرئيسية في استراتيجيات الشركات الحديثة، الراغبة في المحافظة على ميزات التنافسية ، لتعزيز فرص بقاؤها و استمرارها في قطاع التشييد.
٣. المساهمة في زيادة الأثر المعرفي بالحقول الدراسية المتعلقة الانتاجية الانشائية، لما قد تشكله نتائج هذه الدراسة من حافز قوي للقيام بدراسات مكملة ، أو لمحاكاة الدراسة عينها في تقنيات جديدة أخرى .

فرضيات البحث

استنادا الى المبررات المذكورة انفا أمكن صياغة فرضية البحث الآتية:

(ضعف الاساليب والوسائل المستعملة في تخمين الانتاجية الانشائية في قطاع التشييد في العراق ، وافتقارها الى الدقة والسرعة والموثوقية . ونتيجة لذلك فقد اصبحت هناك حاجة ماسة الى استخدام وسائل وتقنيات حديثة متطورة لغرض تخمين الانتاجية في المشاريع الانشائية بالاعتماد على نماذج او معادلات رياضية ذات درجة دقة عالية و تمتاز بالبساطة وسهولة الاستخدام).

حدود البحث

تم تحديد حدود هذه الدراسة بالآتي:

١. الحدود المكانية: اذ تمت دراسة الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطیح من خلال شركات المقاولات المتعاقدة مع الهيئة العامة للاسكان (احدى تشكيلات وزارة الاعمار والاسكان) في قطاع التشييد في العراق.
٢. الحدود الزمانية: تم تحديد الفترة الزمنية لجمع المعلومات خلال الاعوام ٢٠١١ و ٢٠١٢

خطة البحث:

تضمنت خطة البحث خمسة محاور على النحو التالي:

- (١) المحور الأول: تعريف الإنتاجية و أهميتها والعوامل المؤثرة عليها والدراسات السابقة.
- (٢) المحور الثاني: تعريف تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية.

- ٣) المحور الثالث: جمع البيانات الحقلية
 ٤) المحور الرابع: تطوير نموذج الانتاجية الانشائية باستخدام التقنية اعلاه.
 ٥) المحور الخامس: تحليل ومناقشة النتائج.
 ٦) المحور السادس: النتائج والتوصيات، وأهم المصادر التي تم الاعتماد عليها في هذا البحث.

الانتاجية الانشائية

ان معيار الإنتاجية يمثل النسبة أو العلاقة بين المخرجات (المنتج) وبين المدخلات (المستخدم) اي الموارد المستخدمة في الإنتاج وكلاهما يعرفان بطريقة قابلة للمقارنة. ولقد عرفها خبراء المنظمة الأوروبية للتعاون الاقتصادي (OEEC) بأنها "كمية الإنتاج بالنسبة لكل عنصر من عناصر الإنتاج"^[1] ومن خلال التعريف السابق يمكن استنتاج أن علاقة الإنتاج بعنصر واحد من عناصر الإنتاج هي " الإنتاجية الجزئية " مثل إنتاجية العمل أو إنتاجية رأس المال، أما العلاقة بين الإنتاج وجميع عناصر الإنتاج فانها تشير إلى " الإنتاجية الكلية ". ويفيد مفهوم الإنتاجية باعتباره أداة يستخدمها المدير في القياس والمقارنة للتعرف على مستوى الأداء في منشأة بالنسبة لغيرها من المنشآت، أو في فترات مختلفة^[2].

ويرى الباحث أن التعريف المناسب للإنتاجية بانها "وسيلة لقياس درجة كفاءة استغلال الموارد الانشائية المتاحة"، لأنه على ضوء هذا التعريف يمكن تحديد وتقييم درجة الاستفادة من الموارد الانشائية المتاحة، وكيفية استغلالها الاستغلال الأمثل، للوصول إلى المنشأ بصيغته النهائية وقى الوقت والكلفة والمواصفات الموضوعه مسبقاً. اذ ان الانتاجية في قطاع التشييد لا تتأثر فقط بعامل الایدي العاملة فقط، وانما تتأثر ايضا بمجموعة من العوامل مثل المعدات والمواد الانشائية وأساليب التنفيذ، وادارة موقع العمل وغيرها. ومع ذلك، فإن معظم الباحثين في دراساتهم السابقة قد ركزوا في المقام الأول على انتاجية الایدي العاملة، اذ انهم اعتمدوا على اداء العامل لزيادة انتاجية البناء. ويرى الباحث ان هناك مجموعه من العوامل المهمة والتي يجب ان تؤخذ بنظر الاعتبار عند حساب الانتاجية ومنها:

١. قيمة ومدة عقد المقاوله
٢. نوع المبنى، أو طبيعة المبنى (المبنى الجديد أو المباني التي يجري تجديدها اوصيانة المباني).
٣. حجم الشركة المنفذة.

ان قياس الإنتاجية لمشاريع البناء هو مشكلة معقدة. فكل مشروع هو فريدة من نوعه من حيث مواصفات والتصميم وطرق التسليم، والتنفيذ والإدارة، و غيرها. فاذا تم تحديد العوامل المؤثرة الأكثر أهمية في أي شركة متعاقد، يمكن بعد ذلك اتخاذ التدابير اللازمة من أجل رفع مستوى الإنتاجية^[3].

العوامل المؤثرة في الإنتاجية الانشائية

ان تحديد وتقييم العوامل التي تؤثر على الإنتاجية الانشائية تعتبر قضية حرجة تواجه مديري المشاريع الانشائية من أجل زيادة الإنتاجية في قطاع البناء والتشييد. اذ ان فهم العوامل الحاسمة التي تؤثر على الإنتاجية الانشائية سواء كانت ايجابية أو سلبية يمكن ان يساهم في اعداد استراتيجيه للحد من أوجه القصور وتحسين فعالية أداء المشروع الانشائي. فهناك حاجة ملحة لمعرفة ولفهم العوامل المختلفة التي تؤثر على الإنتاجية الانشائية في قطاع التشييد لغرض تركيز الخطوات اللازمة في محاولة للحد من تجاوز كلفة المشروع وتأخير إنجاز المشروع، وبالتالي زيادة الإنتاجية والأداء العام للمشروع. واستنادا إلى العديد من الدراسات [٤]، [٥]، [٦]، [٧]، [٨]، [٩]، [١٠]، [١١]، [١٢]، [١٣]، [١٤]، [١٥]، [١٦]، [١٧]، [١٨]، [١٩]، [٢٠]، [٢١]، [٢٢]، [٢٣]، فقد تم تحديد العوامل المؤثرة على إنتاجية أعمال التشييد ويتم تجميعها في خمسة عشر فئة، وفقا لخصائصها، وهي: ١. مجموعة التصميم (٥ عوامل)، ٢. مجموعة خطة التنفيذ (٥ عوامل)، ٣. مجموعة المواد الانشائية (٨ العوامل)، ٤. مجموعة المعدات الانشائية (٦ العوامل)؛ ٥. مجموعة الایدي العاملة (١٨ العوامل)؛ ٦. مجموعة الصحة وسلامة (٤

العوامل)؛ ٧. مجموعة الإشراف والمراقبة (٦ العوامل)؛ ٨. مجموعة وقت العمل (٦ العوامل)؛ ٩. مجموعة خصائص المشروع (١٥ العوامل)؛ ١٠. مجموعة جودة العمل (٣ عوامل)؛ ١١. مجموعة الشؤون المالية (٦ العوامل)؛ ١٢. مجموعة القيادة والتنسيق (٥ العوامل)؛ ١٣. مجموعة تنظيم العمل (١٢ العوامل)؛ ١٤. مجموعة اعضاء فريق المشروع (المالك والمقاول والاستشاري) (٤ العوامل)؛ ١٥. مجموعة العوامل الخارجي (١٠ العوامل).

معوقات تحسين الانتاجية الانشائية

يرى الباحث بحكم المعاشية الميدانية لمختلف فرق العمل في العديد من المشاريع الانشائية في العراق، ان ادارة المشروع غير الفعالة تعتبر السبب الرئيسي لانخفاض الانتاجية الانشائية، مع الاخذ بنظر الاعتبار بعض الحواجز التي تعيق تحسين الانتاجية الانشائية، ومنها [٢٤] (مقداد وهنية، ٢٠٠٥):

- (١) الصراعات التعاقدية
- (٢) الصعوبات في قياس الإنتاجية
- (٣) عدم تركيز القوى العاملة في العمل
- (٤) ضعف او غياب الحوافز التشجيعية

الدراسات السابقة

ان الدراسات والبحوث المتعلقة بموضوع انتاجية الايدي العاملة في قطاع التشييد في العراق تعتبر قليلة نوعا ما، وخاصة في حساب انتاجية اعمال الانهاءات، وقد تيسر للباحث الاطلاع على عدد من هذه البحوث [٢٥]، [٢٦]، [٢٧] يرى الباحث بان الغالبية العظمى من هذه البحوث كانت تتباين في حساب الانتاجية المخمنة وذلك لكون عامل التخمين يعتمد على الخبرة الشخصية او من المشاريع السابقة كما ان المهندس الذي يقوم بالتخمين لا يعتمد الى معادلة رياضية ذات دقة عالية في حساب الانتاجية. ولم تنطرق الدراسات والبحوث المحلية الى موضوع حساب الانتاجية لفقرات الانهاءات باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية الذكية على حد علم الباحث، فيما عدا محاولتان من قبل الباحثين (٢٠١٢، AL-Zwainy) و(٢٠١٢، AL-Zwainy at el, [٢٨]، [٢٩] الذي كان موضوع بحثيهما عن تخمين الانتاجية لفقرة تغليف واجهات المباني بالحجر وتغليف الارضيات بالمرمر باستخدام شبكات عصبونية أمامية التغذية خلفية النقل (Back-propagation Feed- Neural networks forward) وباستخدام برنامج (neufam-v٤). اما بالنسبة للدراسات والبحوث العربية والاجنبية، فقد اطلع الباحث على عدد منها وخاصة تلك البحوث التي تستند في حساب الانتاجية الانشائية لفقرات العمل المختلفة بالاعتماد على تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية الذكية [٣٠]، [٣١]، [٣٢]، [٣٣]، [٣٤]، ولكن اياً من هذه البحوث لم يتطرق الى موضوع تخمين انتاجية فقرة اعمال التسطيح وانما كانت تقتصر في حساب انتاجية الهياكل الخرسانية والخرسانة الجاهزة وحساب انتاجية المعدات الانشائية ولم يتم التطرق الى ايجاد معادلات رياضية، ولهذا يعتبر هذا البحث محاولة من قبل الباحث للولوج في هكذا نوع من البحوث لحساب الانتاجية الانشائية بالاعتماد على الشبكات العصبية الاصطناعية، وتزداد اهمية البحث لانه يعتبر سلسلة تكميلية للبحوث السابقة في مجال تخمين الانتاجية لاعمال الانهاءات في العراق، الا ان ميزة هذا البحث تكمن في استخدام شبكة بيرسبترون العصبية الذكية ، اضافة الى دراسة عدد اكبر من المتغيرات المؤثرة على الانتاجية وبخلص البحث الى ايجاد معادلة رياضية دقيقة لحساب الانتاجية الانشائية.

جمع البيانات الحقلية :

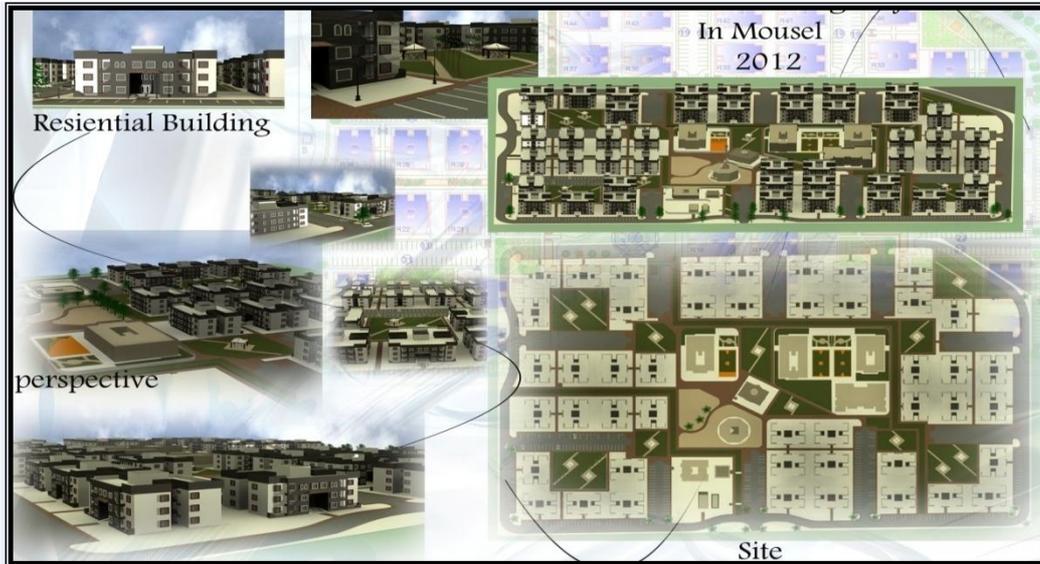
قام الباحث باختيار مشروع مجمع الحدباء السكني في محافظة نينوى / منطقة الحدباء كعينة لجمع بيانات البحث وفيما يأتي وصف عام للمشروع:

أولاً: نطاق العمل :- أن المجمع السكني يتكون من عمارات سكنيه بعدد (٥٦) عماره ب (٣) بثلاث طوابق للعمارة الواحدة موزعه على (٥٠٤) وحده سكنيه وبمؤذجين من العمارات السكنية ، النوع الأول يتضمن (٣٠٠) شقة (ذو ثلاث غرف نوم + صالة + مطبخ + حمام + مرافق صحية + مخزن) لتبلغ مساحة الشقة السكنية (١٣٦ م^٢) أما النوع الثاني يتضمن (٢٠٤) شقة سكنية (ذو غرفتي نوم + صالة + مطبخ + حمام + مرافق صحية) لتبلغ مساحة الشقة (١٢٢ م^٢) . وكذلك يحتوي المجمع ايضا على ابنية خدمية ملحقة تضم مدرسة ابتدائية سعة (١٨) عدد / ١ - ومدرستين للبنين والبنات سعة (١٢) صف عدد ٢/ - بالإضافة الى مستوصف ومركز تسوق وجامع وغرفة حرس عدد ٢/ وبنية لإدارة المجمع. إضافة إلى ان المجمع يحتوي على مجموعة من الشبكات متمثلة بـ (شبكة طرق ومواقف سيارات، شبكة مياه شرب ، شبكة مجاري ثقيلة ، شبكة مياه امطار شبكة كهرباء ، شبكة هاتف ، محطة ضخ مياه الشرب ومحطتي ضخ المياه الثقيلة ومياه الامطار والفضاءات والساحات الخضراء ، وكما مبين في الشكل (١).

ثانياً: هدف المشروع :- أنشاء مجمعات سكنية متعددة الطوابق تعطي حلا اقتصاديا يعتمد التوفير في الأرض وخدمات البنى التحتية وبذلك يتم تحقيق كثافات سكنية جيدة ضمن مساحات محددة من الأرض .

ثالثاً: موقع المشروع :- يقع مجمع الحدباء السكني في محافظة نينوى / منطقة الحدباء والذي شيد على مساحة من الأرض بلغت (٥٩) دونماً .

رابعاً: كلفة ومدة المشروع : بلغت كلفة المشروع ٤٢ مليار دينار عراقي ومدة التنفيذ الحقيقيه ٩٠٠ يوم



شكل (١) نطاق العمل في مشروع الحدباء السكني

- تنص المواصفة الفنية العامة العراقية المستعملة في هذا المشروع على ان يكون تنفيذ اعمال التسطیح وفقاً للوصف الاتي: (تجهيز مواد والتسطیح بالبلاطات الكونكريتية (شتايركر) قياس (٨٠×٨٠×٤) سم للتسطیح يتضمن السعر الذي يحسب على اساس المتر المربع للمساحة الافقية للتسطیح مايلي :-
- (١) تنظيف السطح وفرش طبقتين من القير السیالي بسمك (٦) ملم للطبقة الواحدة. بينهما طبقتين متعاكستين من اللباد القيری الثقیل بكتلة (٢.٥ كغم / م^٢)
 - (٢) فرش طبقة من النايلون السميك .
 - (٣) فرش طبقة من الستايربور بكثافة لا تقل عن (٢٠ كغم/ م^٣) وبسمك ٥ سم .
 - (٤) التهوير بالزميزج الناعم التنظيف بسمك يتراوح من (٥-١٢) سم .
 - (٥) فرش طبقة من الرمل التنظيف بسمك ٣ سم .
 - (٦) التطبيق بالبلاطات الخرسانية (٨٠×٨٠×٤) سم مع ملء المفاصل بالماستك .

اعتمد الباحث على المصادر الثانوية والأولية في عملية جمع البيانات، وقد تم الحصول على البيانات الثانوية وذلك بالإطلاع على بعض الدراسات السابقة في هذا المجال، وتم الرجوع إلى بعض المراجع والدوريات والتقارير والوثائق الحكومية في وزارة الاعمار والاسكان العرفية وخاصة في الهيئة العامة للاسكان(عينة البحث)، ومن خلال بعض المواقع ذات الصلة على شبكة الإنترنت، بالإضافة إلى بعض المقابلات التي أجريت مع عدد من المتخصصين في مجال الانتاجية. اما البيانات الأولية فقد تم الحصول عليها من خلال تصميم استمارة جمع البيانات(استمارة قياس العمل)، والمبينة في الملحق (أ)، والتي تم استخدامها لتسجيل البيانات على عينة مختارة من فرق العمل المتخصصة باعمال التسطيح، وقد تضمنت الاستمارة بيانات عن اسم المشروع وموقع العمل والجهة المستفيدة والجهة المنفذه وكما مبين في ادناه:

- (١) **بيانات فريق العمل** : وتشمل بيانات عن عمررئيس فريق العمل (الخلفه) او (الاسطة) وعدد سنوات الخبرة والتحصيل الدراسي والحالة الصحية اثناء تنفيذ العمل وعدد العمال المساعدين له.
- (٢) **بيانات ظروف المشروع** : وتشمل بيانات عن الحالة الامنية في موقع العمل والظروف الجوية اثناء تنفيذ العمل وظروف العمل من الناحية التنظيمية ومنسوب تنفيذ العمل ومدى توافر المواد الانشائية وبيان نوعية العمل المنجز وكذلك بيانات عن اوقات العمل واخيرا تسجيل مقدار الانتاجية الحقيقيه في هذا البحث تم تقسيم العوامل (المتغيرات) المؤثرة على الانتاجية الانشائية لفقره التسطيح الى نوعين رئيسيين هما:

- (١) العوامل (المتغيرات) المستقلة Independent Variables
- (٢) العوامل (المتغيرات) غير المستقلة (المعتمدة) Dependent Variables

اذ تم في هذا البحث اعتماد الانتاجية الانشائية لفقره التسطيح كمتغير غير مستقل، ويتم حساب قيمته بالاعتماد على المتغيرات المستقلة الاخرى، ان طبيعة البيانات التي تتكون منها المتغيرات المستقلة والبالغ عددها عشرة متغيرات، يمكن تصنيفها الى صنفين مهمين هما :

- (١) **الصنف الاول: المتغيرات الكمية** .
- (٢) **الصنف الثاني: المتغيرات النوعيه** .

ان المتغيرات الكمية هي تلك المتغيرات التي تاخذ قيمة كمية (اوعددية) اي انها تقاس بوحدات القياس القياسية، وتتكون من اربع متغيرات هي:

- (١) **العمر** : ويقصد به العمر الحقيقي لرئيس فريق العمل (الخلفة او الاسطة) لفقره اعمال التسطيح، ويقاس العمر بوحدة العدد (سنة)، وتم الرمز له بالرمز (F١).
- (٢) **الخبرة** : ويقصد بها عدد سنوات الخبرة لرئيس فريق العمل (الخلفة او الاسطة) لفقره اعمال التسطيح، وتقاس الخبرة بالعدد (سنة)، وتم الرمز لها في هذا البحث بالرمز(F٢).
- (٣) **عدد العمال** : ويقصد به عدد العمال المساعدين لرئيس فريق العمل، ويقاس بوحدة العدد وتم الرمز له بالرمز (F٣).

اما المتغيرات النوعية فهي تلك المتغيرات التي تصنف مفردات (او عناصر) المجتمع الاحصائي او العينة الى عدة مجموعات، تشترك كل مجموعة في صفة معينة. وقد تكونت من سبعة متغيرات وهي :

- (١) **الظروف الجوية** : ويقصد بها الظروف الجوية المحيطة بموقع العمل، وتم تصنيفها الى صنفين هما (٠ و ١) فالصنف (٠) يشير الى ان الطقس المعتدل (مشمس)، اما الصنف (١) فيشير الى ان الطقس غائم او غائم ممطر او مترب. وتم الرمز له بالرمز(F٤).

- (٢) **ظروف موقع العمل** : ويقصد بها تفاصيل العمل مع وصف لمعوقات العمل والظروف التي تؤثر على كمية الانتاجية، وتم تصنيفها الى صنفين هما (٠ و ١) فالصنف (٠) يشير الى ان موقع العمل منظم اما الصنف (١) فيشير الى ان موقع العمل غير منظم. وتم الرمز له بالرمز (F٥).
- (٣) **الحالة الامنية** : ويقصد بها الظروف الامنية المحيطة بموقع العمل، وتم تصنيفها الى صنفين هما (٠ و ١) ، فالصنف (٠) يرمز الى ان الظروف الامنية مستقرة وطبيعية، اما الصنف (١) فيرمز الى الظروف الامنية المضطربة. وتم الرمز له بالرمز (F٦).
- (٤) **توافر المواد الانشائية** : ويقصد بها مدى توافر وتجهيز المواد الانشائية لفرق العمل بالقرب من موقع تنفيذ فقرة التسطيح، وتم تصنيفها الى ثلاث اصناف هي (٠ و ١ و ٢) ، فالصنف (٠) يشير الى ان كافة المواد الانشائية متوافرة بصورة كاملة، والصنف (١) يشير الى توافرها بصورة جزئية، والصنف (٢) فيشير الى عدم توافرها. وتم الرمز له بالرمز (F٧).
- (٥) **نوع تقويم الزمني للعمل** : ويقصد به التقويم الزمني (شفت) لفرق العمل، وتم تصنيفه الى ثلاث اصناف وهي (٠ و ١ و ٢)، فالصنف (٠) يشير الى التقويم الاساسي والذي تكون فيه عدد ساعات العمل ثمان ساعات اعتبار من الساعة الثامنة صباحا ولغاية الساعة ١٢ ظهرا ثم تعقبها ساعة استراحة واحدة ثم يستمر العمل من الواحد بعد الظهر ولغاية الخامسة عصرا، اما الصنف (١) فيشير الى التقويم الليلي (شفت مسائي) والذي يبدأ فيه العمل من الساعة الرابعة ولغاية الثانية عشر بمنتصف الليل. واخيرا الصنف (٣) ويقصد به التقويم الزمني المستمر (٢٤ ساعة عمل) وتم الرمز له بالرمز (F٨).
- (٦) **الحالة الصحية** : ويقصد بها الظروف الصحية والنفسية لفرق العمل وتم تصنيفها الى ثلاث اصناف (٠ و ١ و ٢) فالصنف (٠) يشير الى الظروف الصحية والنفسية الجيدة، والصنف (١) يشير الى الظروف المتوسطة والصنف (٢) يشير الى الظروف الرديئة. وتم الرمز له بالرمز (F٩).
- (٧) **منسوب العمل** : ويقصد به ارتفاع موقع فقرة اعمال التسطيح عن مستوى الارض الطبيعية للمشروع، وتم تصنيفها الى اربع اصناف وهي (٠ و ١ و ٢ و ٣) فالصنف (٠) يشير الى منسوب الطابق الارضي عند الارتفاع ٣ متر والصنف (١) يشير الى منسوب الطابق الاول عند الارتفاع ٦متر، والصنف (٢) يشير الى منسوب الطابق الثاني عند الارتفاع ٩متر ، والصنف (٣) يشير الى منسوب الطابق الثالث عند الارتفاع ١٢متر وتم الرمز له بالرمز (F١٠).

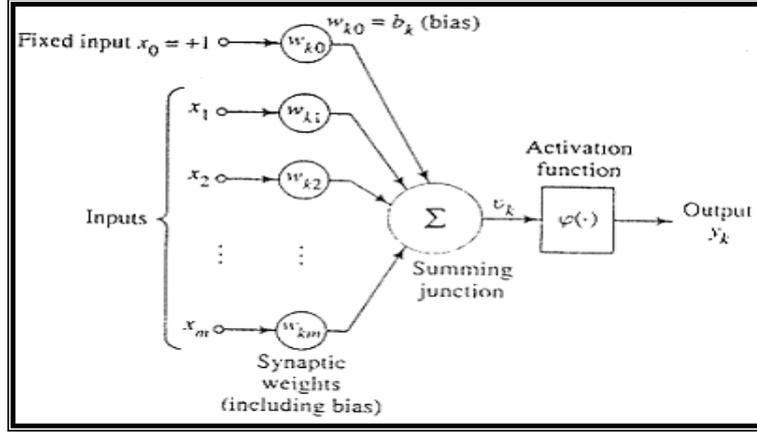
الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) Artificial Neural Networks

تعرف الشبكات العصبية على انها العلم الذي يهتم بدراسة الأساليب الرياضية التي يمكن صياغتها بالاعتماد على المحاكاة للخلايا البيولوجية في الكائنات الحية ، اذ تتميز الخلايا العصبية بالسرعة العالية في معالجة البيانات كما تتميز بقدرتها على التعلم والتعامل مع أنماط مختلفة من البيانات التي قد يكون جزء منها خاطئا مما جعلها مناسبة لكثير من التطبيقات مثل تمييز الصور والكلام ومعالجة الإشارة و تمييز الصوت... الخ . الشبكات العصبية الاصطناعية عبارة عن هيكل ذو بناء متوازي المعلومات، يتكون هذا الهيكل من وحدات معالجة تقوم بمعالجة المعلومات وتدعى بالعصبونات او عناصر الحساب، وتمر الإشارات بين العصبونات عبر خطوط ربط ، وكل خلية عصبية تمثل ذاكرة محلية (Local Memory) كما يرفق كل خط ربط بوزن (Weight) عددي معين يضرب مع الإشارات الداخلة للعصبون ثم يطبق على كل عصبون دالة تفعيل (Activation Function) على دخل الشبكة الذي يمثل مجموع اشارات الدخل الموزونة ليتم تحديد اشارة الخرج الناجمة عنه^{[٣٥]، [٣٦]، [٣٧]}.

إذاً الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) تتشابه مع الدماغ البشري في أنها تكتسب المعرفة بالتدريب وتخزن هذه المعرفة باستخدام قوى وصل داخل العصبونات تسمى الأوزان التشابكية. وهناك أيضا تشابه عصبي حيوي مما يعطي الفرصة لعلماء البيولوجيا في الاعتماد على ANN لفهم تطور الظواهر الحيوية^[٢٨].

وصف عام لآلية عمل العصبون الاصطناعي

بشكل عام يمكن القول أن كل شبكة عصبونية ترتب بشكل طبقات من العصبونات الاصطناعية فالطبقة الاولى تسمى طبقة ادخال و الطبقة الاخيرة تسمى طبقة اخراج و طبقات مخفية تتواجد بين طبقتي الادخال و طبقة الاخراج .



الشكل (٢) نموذج لعصبون اصطناعي [٣٦]

الشكل (٢) يبين كل عصبون في احدى هذه الطبقات يتصل بكافة العصبونات الموجودة في الطبقة التي تليه و كافة العصبونات في الطبقة التي تسبقه ، حيث ترده الإشارات أو القيم من عصبونات الطبقة السابقة ليقوم بمعالجتها و إعطاء قيمة خرج وحيدة تنقل إلى كافة عصبونات الطبقة التي تلي طبقاته . كل عصبون اذا يتلقى عدة قيم دخل Input و يعطي قيمة خرج وحيدة Output . ترتبط العصبونات أحيانا بدخل ثابت يدخل في كل عملية معالجة و لا علاقة له بمدخلات الشبكة يدعى الانحياز (bias) [٣٦] .

تم استيحاء آلية عمل العصبون الاصطناعي من عصبونات الدماغ : ففي العصبونات الحيوية، يمكن ان ننسب لكل مشبك اتصال قادم (incoming synapse) أي مشابك التفرعات العصبية (dendrite) قيمة تدعى وزن المشبك (weight) تساعد هذه القيمة في نمذجة المشبك (عن طريق تحديد قيمته وأهميته) فالوزن يحدد قوة هذا المشبك وأثره في العصبون. يضرب وزن كل مشبك بالدخل القادم، ومن ثم تجمع نواتج الضرب لكل المشابك القادمة. عادة ما تكون العصبونات البيولوجية تابعة لقاعدة قيمة العتبة (threshold value) فإذا كان المجموع الموزون (weighted Sum) لقيم الدخل أكبر من قيمة معينة تدعى العتبة (threshold)، يضطرم العصبون أو يتفعل مرسلًا إشارة كهربائية تدعى كمون الفعل على طول المحور العصبي (axon) ومن ثم تصل هذه الإشارة عن طريق تفرعات المحور إلى كل المشابك الخارجة (outgoing synapses) التي تتصل بعصبونات أخرى في الدماغ.

ان الشبكات العصبونية النموذجية تحاول أن تقلد هذا السلوك، فكل عقدة عصبونية تتلقى مجموعة من المدخلات عن طريق اتصالاتها بالعصبونات القبلية وكل عقدة لها تابع تفعيل (activation function) أو تابع تحويل (transfer function) يحدد للعقدة متى وكيف تعمل أي لحظة وقيمة الخرج التي يجب أن تعطىها تماما كما العصبون البيولوجي. ان أبسط توابع التحويل هو تابع قيمة العتبة الذي يعمل العصبون على أساسه : معطيا قيمة ١ إذا كان المجموع الموزون لقيم الداخلي أكبر من قيمة معينة تدعى العتبة و ٠ إذا كان المجموع الموزون اقل من العتبة. لكن توابع التحويل يمكن لها ان تأخذ أشكالاً أخرى أكثر تعقيدا أهمها تابع السيغمويد (التابع الأسّي)، ولا تخلو شبكة من بعض عقد عصبية تملك تابع تحويل أسّي، بشكل عام معظم توابع التحويل تحول قيمة المجموع الموزون لقيم الدخل إلى قيمة وحيدة محصورة في المجال {٠-١} .

واحدة من أهم أنواع الشبكات العصبونية هي الشبكة العصبونية (Perceptron) وتتكون هذه الشبكة من طبقة المدخلات وطبقة واحدة أو طبقتين من طبقة المعالجة بحيث لا تزيد طبقة المعالجة عن طبقتين، بالإضافة إلى أنه يتم ضبط الأوزان لطبقة واحدة فقط من طبقات الوصلات البينية التي تربط بين الطبقات السابقة، لتبقى الطبقة الأخرى (إن وجدت) ثابتة الأوزان. و هذه الشبكة تتعلم عن طريق معلم ولهذه الشبكة مميزات ، من مميزات أن بناء برنامج لها سهل جداً . وان تعليم هذه الشبكات العصبية بمرحلتين وهي مرحلة التعليم ومرحلة الاختبار .

بناء نموذج شبكة عصبية اصطناعية لتخمين الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطیح

تم في هذا البحث استخدام برنامج الحزم الاحصائية (SPSS-v.19) وهو عبارته عن برنامج معروف ومميز ويمكن استعماله في بناء بعض انواع الشبكات العصبية الاصطناعية، وفي هذا البحث تم اختيار نموذج الشبكة العصبية من نوع (Multilayer Perceptron). اذ تم توضيح كيفية بناء النماذج الفرعية ابتداءً من نموذج الادخال (Input Model) ونموذج الاخراج (Output Model) ونموذج تقسيم البيانات (Data Division Model) ونموذج اختيار معمارية الشبكة العصبية (Network Model) ونموذج ضبط الاوزان (Weight Model)، ونموذج معدل التعلم (Learning Rate Model) ونموذج حجم الخطوة (Momentum Term Model) ونموذج التحقق (Validation Model).

ان عملية اختيار المتغيرات في نمودجي الادخال والايخراج تكتسب اهمية كبيرة تساهم في تحسين اداء الشبكة العصبية، اذ ان زيادة عدد متغيرات الادخال والايخراج يؤثر تأثيرا كبيرا في زيادة حجم الشبكة العصبونية وبالتالي يؤدي الى انخفاض في سرعة عملية تعلم وبالتالي التأثير في كفاءة الشبكة العصبونية. اذ تم اختيار طريقة المعرفة المسبقة (Method of Prior Knowledge) في هذا البحث لتحديد العوامل المؤثرة على الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطیح، لان هذه الطريقة تستخدم بكثرة في قطاع التشييد ومعتمدة في كثير من الابحاث والدراسات، ويمكن استخدام هذه الطريقة عندما لا تكون هناك معرفة مسبقة عن العدد الكلي لمتغيرات الادخال وتأثيرها على متغيرات الاخراج، وبالتالي فقد تضمن نموذج الادخال المتغيرات المستقلة بنوعها المتغيرات الكمية (الخبرة والعمر وعدد العمال والمتغيرات النوعية وهي (الظروف الجوية وظروف موقع العمل والظروف الامنية وتوفر المواد الانشائية وومنسوب العمل والحالة الصحية للعمال والتقويم الزمني للعمل)، اما نموذج الاخراج فقد شمل على المتغير غير المستقل وهو (الانتاجية الانشائية). ويعتبر هذان النموذجان وسيلة لخرن وتوثيق البيانات للمشاريع السابقة، ويمكن تحديثهما باستمرار.

بيانات الإدخال أو الإخراج في الشبكة العصبونية تم تقسيمها الى ثلاث مجاميع رئيسية: مجموعة التدريب لبناء نموذج الشبكة العصبية (Training Set). ومجموعة اختبار او فحص نموذج الشبكة العصبية (Testing set) ومجموعة تحقيق مستقلة لتخمين اداء النموذج في البيئة المعمول فيها (Validation (Holdout)Set)، وكما مبين في الجدول (١) ادناه . فمجموعة التدريب تستخدم لضبط الأوزان المتصلة في الشبكة العصبية. وتستخدم مجموعة الفحص للتأكد من أداء للشبكة في مختلف مراحل التعليم، ويتم ايقاف التدريب عندما يزداد الخطأ لمجموعة الفحص. وتستخدم مجموعة التحقق لتقييم اداء النموذج بمجرد اكمال تدريب الشبكة العصبونية بنجاح. لذلك يعتبر تقسيم البيانات الى المجموعات الثلاثة اعلاه، خطوة حاسمة ومهمة في نمذجة الشبكة العصبية.

جدول (١) نسبة البيانات لمجموعة التدريب والاختبار

		No. العدد	Percent النسبة
Sample نموذج	Training التدريب	67	67.0%
	Testing الفحص	16	16.0%
	Holdout التحقيق	17	17.0%
Valid		100	100.0%
Total		100	

في هذا البحث تم استخدام طريقة الثبات الاحصائي (Statistically Consistent Method) لغرض تقسيم البيانات الى المجاميع الثلاث (مجموعة التدريب ومجموعة الفحص ومجموعة التحقيق) وهذه الطريقة تضمن تناسب احصائي للبيانات لكل مجموعة وبالتالي ضمان عدم وجود تحيز في تقسيم البيانات في كل مجموعة باستخدام فحص تي (T-test)

من خلال استخدام المعايير الاحصائية وهي الوسط الحسابي والانحراف المعياري والمدى. ومن ايجابيات هذه الطريقة انها تعتمد اسلوب المحاولة والخطأ (trial and error) للوصول الى افضل تقسيم للبيانات .

من خلال الجدول (٢) نلاحظ نسبة تقسيم البيانات لمجموعات التدريب والفحص والتحقيق باستخدام اسلوب المحاولة والخطأ، فقد استخدم الباحث نسب مختلفة من البيانات لهذه المجموعات في محاول للحصول على افضل اداء للشبكة العصبية متمثلا بالوصول الى اعلى معامل ارتباط (Coefficient correlation) لبيان قوة العلاقة بين مخرجات الشبكة العصبية (الانتاجية المتنبأ بها) و الانتاجية المقاسة (الحقيقة) وبالتزامن مع اقل نسبة خطأ للفحص (Testing error) ، فهذان المعياران هما المعتمدان في هذا البحث لاختيار افضل تقسيم للبيانات . ومن خلال الجدول (٢) يمكن ملاحظة ان افضل تقسيم للبيانات هو ٦٧% لمجموعة التدريب ، ١٦% لمجموعة الفحص و ١٧% لمجموعة الفحص بالاعتماد على اقل نسبة خطأ للفحص (٥.٧%) واكبر معامل ارتباط (٩٩.٢%) .

جدول (٢): تأثير تقسيم البيانات على اداء نموذج الشبكات العصبية

معامل الارتباط Coefficient correlation(r)%	نسبة خطأ الفحص Testing error%	نسبة خطأ التدريب Training error%	تقسيم البيانات % Data Division		
			مجموعة التحقيق %Querying	مجموعة الفحص %Testing	مجموعة التدريب %Training
89.4	6.8	8.4	10	15	75
91.9	6.6	8.3	15	10	75
91.7	6.5	8.6	15	15	70
99.2	5.7	5.6	17	16	67
95.8	7.0	6.6	20	15	65
95.5	7.9	6.7	14	22	64
96.2	7.3	6.0	15	22	63
92.4	7.1	6.4	20	20	61

في هذا البحث تم استخدام اسلوب الاختيار العشوائي (random) للبيانات الخاصة بالمتغيرات وذلك لغرض توزيع البيانات الكلية للمتغيرات والبالغ عددها (١٠٠) مشاهدة، على المجامع الثلاث وهي مجموعة التدريب ومجموعة الفحص ومجموعة التحقيق ، ففي هذا الاسلوب يقوم البرنامج بتوزيع بيانات المتغيرات بصورة عشوائية على المجامع الثلاثة وبحسب النسب التي تم الحصول عليها في الجدول (١).

ان تحديد العدد المناسب من العقد العصبونية في الطبقة الوسطى (Hidden Layer) من الشبكة العصبونية يعتبر عامل مهم لنجاح الشبكة العصبونية مع العلم بان عدد العقد في طبقة الادخال (Input Layer) يكون مساويا لعدد العوامل المؤثرة في حساب الانتاجية وتبلغ عشرة عوامل هي (العمر والخبرة وعدد العمال والظروف الجوية وظروف موقع العمل والظروف الامنية وتوفر المواد الانشائية وومنسوب العمل والحالة الصحية للعمال والتقويم الزمني للعمل)، اما طبقة الاخراج (Output Layer) فهي تحتوي على عقده عصبونية واحدة وهي الانتاجية الانشائية المقاسة .

ان معمارية الشبكة العصبونية الاصطناعية، هي الطريقة التي ترتبط بها العصبونات مع بعضها البعض لتشكيل الشبكة، وهناك العديد من الطرق التي يمكن ان تستخدم لايجاد العدد الامثل للعقد العصبونية في الشبكات العصبونية، وان افضل طريقة هي استخدام المعادلة (١) (Al-Zwainy, ٢٠١٢a) وتتضمن البدء باختيار عقد واحدة في الطبقة الوسطى ومن ثم

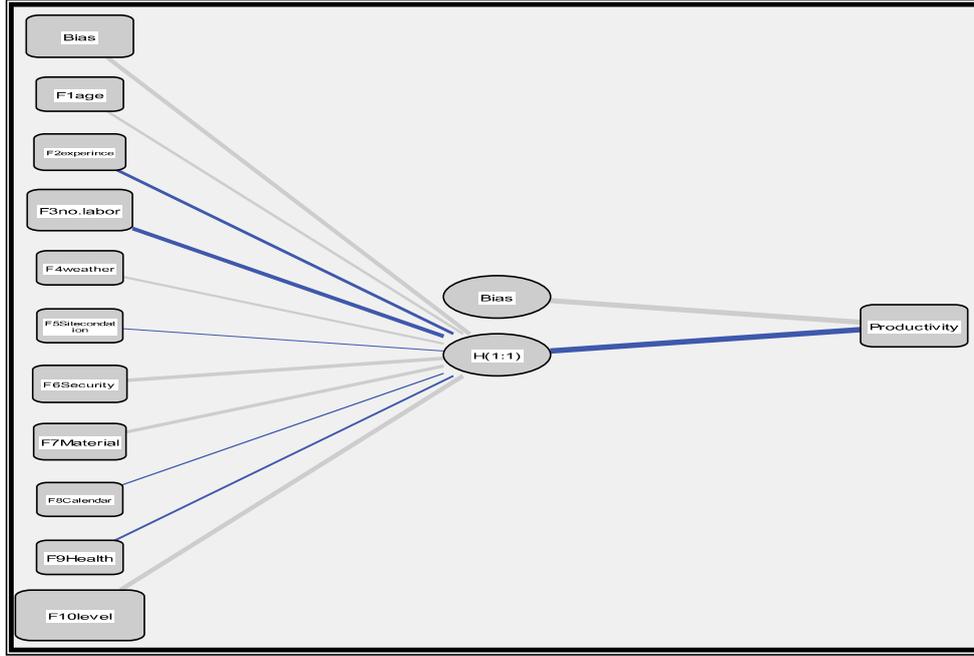
البدء بزيادة تدريجية في عدد العقد لحين تحقيق افضل اداء للشبكة وان اقصى عدد للعقد يساوي (1+I)، وهذه الطريقة هي التي اعتمدها الباحث في بحثه.

$$\text{Max. No. of Node} = 1 + 2 * I \dots \dots \dots (1)$$

من الجدول (٣) ادناه يتبين بأن هناك اختلاف بسيط في نسبة الخطأ لمجموعة الفحص ومجموعة التدريب وان افضل اداء للشبكة عندما عدد العقد يكون مساو الى عقدة واحدة. وذلك لحصولها على اعلى معامل ارتباط (٩٩.٢%) و نسبة خطأ للفحص (٥.٧%) و نسبة خطأ للتدريب (٥.٦%) بالتالي يكون الشكل النموذجي لهذه الشبكة المطورة في هذا البحث عبارة عن ثلاث طبقات عصبونية (طبقة دخل input layer و طبقة مخفية hidden layer و طبقة خرج output layer)، ان طبقة الدخل لا تقوم بأي عملية معالجة فهي ببساطة مكان تغذية الشبكة بقاعدة البيانات و تقوم طبقة الدخل بعد ذلك بتغذية (نقل المعلومات) الى الطبقة المخفية و من ثم تقوم الطبقة المخفية بتغذية طبقة الخرج . المعالجة الفعلية للبيانات Data تتم في الطبقة المخفية و طبقة الخرج أساسا. ويبين الشكل (٣) معمارية الشبكة العصبية المطورة في هذا البحث

الجدول (٣) تأثير عدد العقد المخفية على اداء نموذج الشبكات العصبية

عدد العقد في الطبقة المخفية No. of Nodes	نسبة خطأ التدريب Training error%	نسبة خطأ الفحص Testing error%	معامل الارتباط Coefficient correlation(r)%
1	5.6	5.7	99.2
2	7.9	7.6	95.3
3	7.8	7.7	94.4
4	7.9	7.9	94.4
5	9.8	8.9	94.5
6	9.8	9.2	94.5
7	9.9	9.3	94.6
8	9.8	9.8	93.6
9	9.8	9.2	93.6
10	9.8	9.3	93.7
11	9.2	9.2	93.7
12	9.9	9.8	93.7
13	9.9	9.1	92.2
14	9.9	9.8	92.2
15	9.9	9.3	91.2
16	9.9	9.9	90.9
17	9.9	9.8	90.8
18	9.9	9.8	90.6
19	9.9	9.8	89.6
20	10.1	9.8	89.5
21	9.9	9.8	89.2



الشكل (٣) الشبكة العصبية الاصطناعية المطورة في هذا البحث (الباحث)

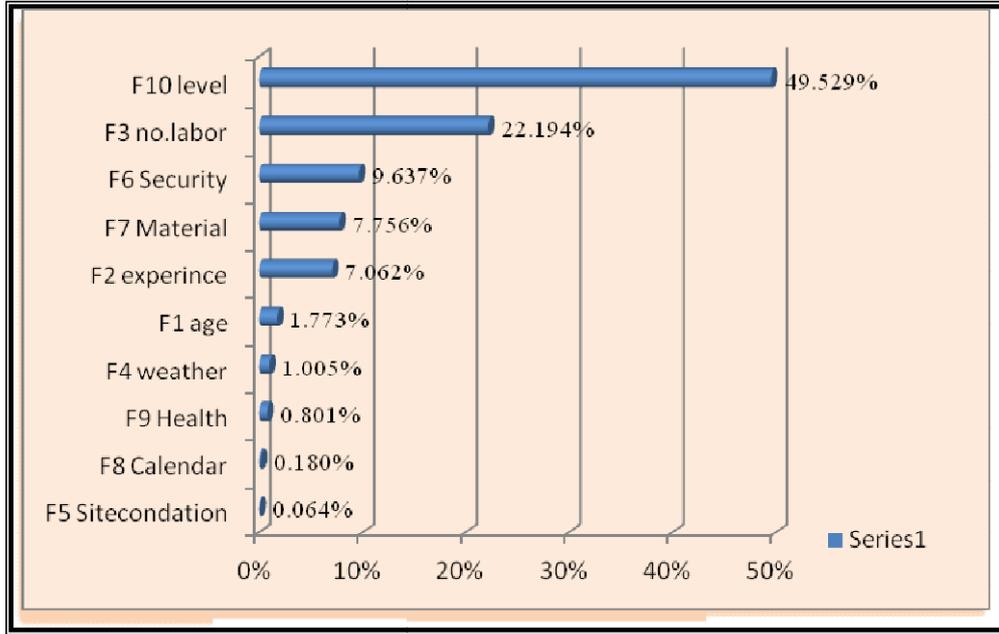
ولدراسة تأثير دالة التحويل وجد الباحث ان تابع السيغمويد هو الأكثر شيوعا كتابع تحويل للعصبونات لأنه يؤمن اللابخطية في حسابات الشبكة العصبونية عن طريق تحويل قيمة تفعيل النيورون ضمن المجال [٠, ١]، وبالتالي كان افضل اداء للشبكة العصبية تم الحصول عليها عند استخدام الدالة الوظيفية (sigmoid) لكلا الطبقتين الوسيطة (المخفية) وطبقة المخرجات، وذلك بسبب الحصول على اعلى معامل ارتباط (٩٩.٢%) واقل نسبة خطأ للفحص (٥.٧%).

وبعد تدريب الشبكة تم الحصول على قيم الاوزان للعقد الواصلة بين الطبقة الاولى (الادخال) والطبقة الثانية (المخفية) وكذلك الاوزان بين الطبقة الثانية والطبقة الثالثة (الايخراج) وكما مبين في الجدول (٤) ادناه، اذ ان كل اتصال بين عصبون و آخر يتميز بارتباطه بقيمة تدعى الوزن و هي تشكل مدى أهمية الارتباط بين هذين العنصرين ، يقوم العصبون بضرب كل قيمة دخل وارده من عصبونات الطبقة السابقة بأوزان الاتصالات مع هذه العصبونات ، من ثم جمع نواتج الضرب جميعا ، ثم إخضاع النتيجة لتابع تحويل يختلف حسب نوع العصبون ، ناتج تابع التحويل يعتبر خرج العصبون الذي ينقل إلى عصبونات الطبقة اللاحقة .

جدول (٤) ضبط الازان بين طبقات الشبكة العصبية

Predictor		الاوران Weights	
		Hidden Layer 1 الطبقة المخفيه	Output Layer طبقة الاخراج
		H(1:1)	Productivity
Input Layer طبقة الادخال	(Bias)= θ_1	0.948	
	F1age	W1= 0.062	
	F2experince	W2= -0.237	
	F3no.labor	W3= -0.728	
	F4weather	W4= 0.035	
	F5Sitecondatio n	W5= -0.002	
	F6Security	W6= 0.367	
	F7Material	W7= 0.289	
	F8Calendar	W8= -0.06	
	F9Health	W9= -0.028	
F10level	W10= 1.580		
Hidden Layer ١	(Bias) θ_2		1.771
	H(1:1)		W11= -3.813

في النماذج الرياضية التي تنطوي على كثير من المدخلات يعتبر اختبار الحساسية عنصر أساسي لبناء النموذج وضمان الجودة. ويمكن استخدام تحليل الحساسية لتبسيط النماذج وللتحقق من متانة تنبؤات النموذج ولمعرفة العوامل التي تساهم غالباً في تغير الناتج. وفي هذا البحث تم استخدام برنامج (SPSS) لايجاد الاهمية النسبية للعوامل المؤثرة في الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطيح بالاستفادة من اختبار الحساسية، ومن ملاحظة الشكل (٤) نجد ان المتغير (F١٠) وهو (منسوب العمل) يعتبر المتغير الاكثر اهمية، اذ بلغت اهميته النسبية (٤٩.٥%) ويليه المتغير (F٣) وهو (عدد العمال) المساعدين وبلغت اهميته النسبية (٢٢.١٩%) ، ثم جاءت ثلاث متغيرات وهي (F٦, F٧, F٢) (الظروف الامنية للموقع و توافر المواد الانشائية و الخبرة لرئيس فريق العمل(الخلفه)) بنسب متقاربة وباهمية نسبية هي (٩.٦٣٧% و ٧.٧٥٦% و ٧.٠٦٢%) على التوالي. بينما نجد ان المتغير (F٥) (ظروف الموقع) وباهمية نسبية مقدارها (٠.٠٦٤%) اي ان هذا المتغير ذو تأثير قليل نسبياً على الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطيح.



الشكل (٤). الاهمية النسبية للعوامل (المتغيرات) المؤثرة على الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطیح

يمكن التنبؤ بالانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطیح من خلال المعادلة التالية:

$$\text{Construction Productivity} = \frac{\text{Range Of Productivity}}{1 + e^{-(\theta_2 + w_{11} * \tanh(x))}} + \text{Min. of Productivity} \dots \dots \dots (2)$$

اما المتغير (X) فيمكن ايجاده من خلال المعادلة الاتية:

$$x = \theta_1 + F_1 * w_1 + F_2 * w_2 + F_3 * w_3 + F_4 * w_4 + F_5 * w_5 + F_6 * w_6 + F_7 * w_7 + F_8 * w_8 + F_9 * w_9 + F_{10} * w_{10} \dots \dots \dots (3)$$

وباستخدام الاوزان (Wi) وحدي العتبة (Bias) المبينة في الجدول (٤)، تكون المعادلات كالاتي:

$$\text{Construction Productivity} = \frac{37}{1 + e^{-(1.771 - 3.813 * \tanh(x))}} + 31 \dots \dots \dots (4)$$

$$x = 0.948 + F_1 * (0.062) + F_2 * (-0.237) + F_3 * (-0.728) + F_4 * (0.035) + F_5 * (-0.002) + F_6 * (0.367) + F_7 * (0.289) + F_8 * (-0.06) + F_9 * (-0.028) + F_{10} * (1.58) \dots \dots \dots (5)$$

نموذج التحقق (Validation Model).

من اجل تحقيق النموذج المطور في هذا البحث ، تم استخدام المعايير الاحصائية ادناه لاثبات كفاءة المعادلة المشتقة من نموذج شبكة بيرسبترون العصبية الاصطناعية.

١. المعدل المطلق لنسبة الخطأ، Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

$$MAPE = \frac{\sum \frac{|A-E|}{A} * 100\%}{n} \dots \dots \dots (6)$$

٢. درجة الدقة، Average Accuracy Percentage (AA%)

$$AA\% = 100\% - MAPE \dots \dots \dots (7)$$

٣. معامل التحديد، The Coefficient of Determination (R²)

٤. معامل الارتباط، The Coefficient of Correlation (R)

أذن:

A: قيمة الانتاجية الحقيقية

E: قيمة الانتاجية المخمنة من خلال المعادلة

n: عدد المشاهدات

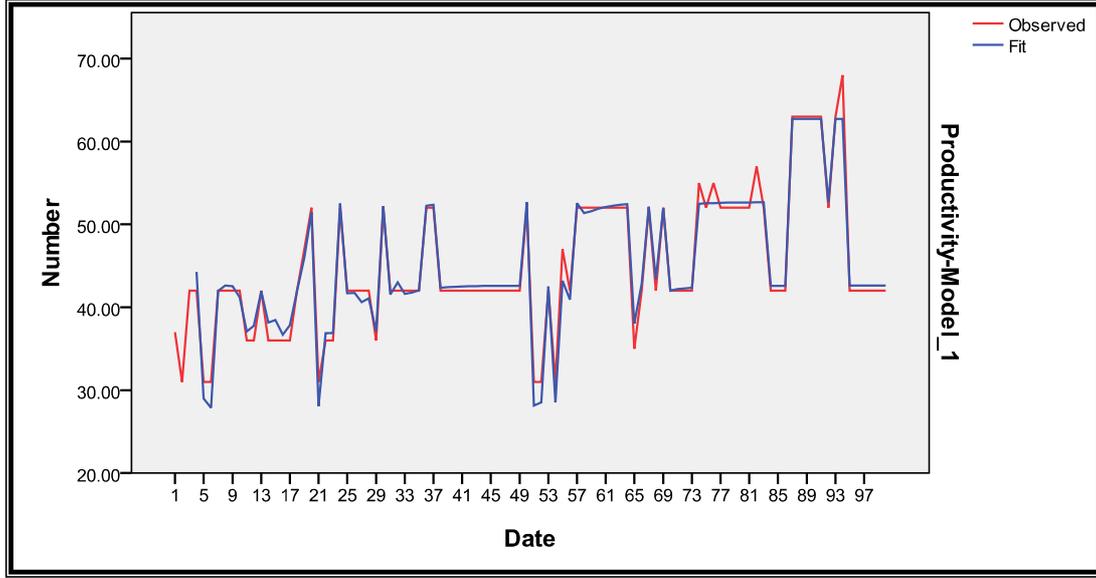
والجدول (٥) ادناه يمثل نتائج المعايير الاحصائية الاربعة اعلاه، ولعدد من المشاريع (٩٧ مشروعاً) وهي تمثل نسبة البيانات الكلية التي تم تغذيتها في البرنامج المستخدم والتي تم تصنيفها لمجموعة التحقيق بعد اكتمال بناء نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية. والنتائج تبين ان المعادلة (٨) المستخدمة لتخمين الانتاجية في نموذج الشبكة العصبية درجة دقة عالية جدا تبلغ (٩٧.٧٩%) وهي نتيجة تعتبر ممتازة لكفاءة النموذج المطور في هذا البحث.

$$AA\% = 100\% - 2.210 = 97.79\% \dots \dots \dots (8)$$

ويبين الشكل (٥) ادناه مقارنة بين النتائج الحقيقية المشاهدة في موقع العمل لانتاجية فقرة اعمال التسطيح مع النتائج المتوقعة من النموذج المطور والمحسوبه من المعادله اعلاه، اذ نلاحظ ان جذر الخطأ التربيعي لمتوسط التقدير يبلغ (١.٤٠٦)، بينما تبلغ قيمة معامل الارتباط بين هذه القيم (٩٧.٣%) وان هذه النتائج تدل على الدقة العالية للنموذج الشبكة العصبية المطور، مما يشير الى امكانية الاعتماد على هذا النموذج في التنبأ بالانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطيح في المشاريع المستقبلية.

جدول (٥) نتائج تحقيق نموذج الشبكة العصبية

Model	المعايير الاحصائية				
	R معامل التحديد	R-squared معامل الارتباط	RMS E جذر الخطأ التربيعي لمتوسط التقدير	MAPE المعدل المطلق نسبة الخطأ	AA% درجة الدقة
Productivity-Model_1	.9864	.973	1.406	2.210	97.79



الشكل (٥) مقارنة بين النتائج الحقيقية المشاهدة مع النتائج المتوقعة من النموذج المطور

الاستنتاجات والتوصيات

هذا البحث يهدف إلى تطوير نموذج الانتاجية الانشائية لفقرة اعمال التسطیح باستخدام شبكة بيرسبترون العصبية والذي يستخدم من اجل التنبؤ بالتغيرات في الإنتاجية في قطاع التشييد في العراق، وكانت العوامل (المتغيرات) المحدده في هذا البحث، مقسمة الى نوعين رئيسيين هما المتغيرات الكمية والمتغيرات النوعيه ويبلغ عددها عشرة عوامل مؤثرة في انتاجية اعمال التسطیح وبينت نتائج الدراسة ان المتغير (منسوب العمل) من اهم العوامل المؤثرة في الانتاجية الانشائية وذلك حسب اختبار الحساسية، وتم بناء نموذج رياضي واحد بدرجة دقه ٩٧.٧٩%. وتم التحقق من صحة نموذج باستخدام بيانات اضافيه لنفس مشروع الانشائي (مجمع الحدباء السكني) ، ووجد أن النموذج يمكن التنبؤ بالإنتاجية في حدود دقة نسبة الخطأ $\pm 2.21\%$ حسب معيار معدل المطلق لنسبة الخطأ ، بلغ معاملات الارتباط (R) ٩٨.٦٤%. ومن اهم التوصيات الواجب اخذها بنظر الاعتبار هي اجراء دراسة اخرى باستخدام نفس التقنيه ولكن باستخدام بيانات دول اخرى من اجل ايجاد معادلة اقليميه تصلح لقطاع التشييد عموماً.

المصادر

١. حمود، خضير وفاخوري، هایل: إدارة الإنتاج والعمليات، دار الصفاء، عمان ٢٠٠١ .
٢. السلمي، علي: إدارة الموارد البشرية، دار غريب للنشر، القاهرة، ١٩٩٨
٣. Ofori, G and Chan, S.L. (٢٠٠١) Factors Influencing Development of Construction Enterprises in Singapore, Journal of Construction Management and Economics, Vol. ١٩, No. ٢, ١٤٥-١٥٤.
٤. Oglesby CH, Parker HW, and Howell GA (١٩٨٩). Productivity Improvement in Construction. McGraw-Hill.
٥. Sanders SR and Thomas HR (١٩٩١). Factors Affecting Masonry-Labor Productivity. Journal of Construction Engineering and Management, ١١٧(٤), pp. ٦٢٦-٦٤٤.

٦. Thomas HR (١٩٩٢). Effects of Schedule Overtime on Labor Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, ١١٨(١), pp. ٦٠-٧٦.
٧. Langford D, Hancock MR, Fellows R, and Gale AW (١٩٩٥). *Human Resources Management in Construction*. Longman Scientific & Technical.
٨. Motwani J, Kumar A, and Novakoski M (١٩٩٥). Measuring Construction Productivity: a Practical Approach. *Work Study*, ٤٤(٨), p. ١٨-٢٠.
٩. Lim EC and Alum J (١٩٩٥). Construction Productivity: issues encountered by contractors in Singapore. *International Journal of Project Management*, ١٣(١), p. ٥١-٥٨.
١٠. Baba K (١٩٩٥). Cultural Influences on Construction Management. *Proceeding of the ١st International Conference on Construction Project Management*, pp. ٩٩-١٠٦, Singapore.
١١. Lema NM (١٩٩٥). Construction of labour productivity modeling. University of Dar Elsalaam.
١٢. Kaming PF, Olomolaiye P, Holt GD, and Harris FC (١٩٩٧). Factors Influencing Craftmen's Productivity in Indonesia. *International Journal of Project Management*, ١٥(١), p. ٢١-٣٠.
١٣. Olomolaiye P, Jayawardane A, and Harris F (١٩٩٨). *Construction Productivity Management*. Chartered Institute of Building, UK.
١٤. Thomas HR, Riley DR, and Sanvido VE (١٩٩٩). Loss of Labor Productivity due to Delivery Methods and Weather. *Journal of Construction Engineering and Management*, ١٢٥(١), pp. ٣٩-٤٦.
١٥. Makulsawatudom and Emsley (٢٠٠٢). Critical factors influencing construction productivity in Thailand. *Proceeding of CIB ١٠th International Symposium Construction Innovation and Global Competitiveness*, Cincinnati, Ohio, USA.
١٦. Hanna AS, Taylor CS, and Sullivan KT (٢٠٠٥). Impact of Extended Overtime on Construction Labor Productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, ١٣١(٦), pp. ٧٣٤-٧٣٩.
١٧. Nepal MP, Park M, and Son B (٢٠٠٦). Effects of Schedule Pressure on Construction Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, ١٣٢(٢), pp. ١٨٢-١٨٨.
١٨. Khoramshahi F, Dehghan R, and Mortaheb MM (٢٠٠٦). Factors Influencing Construction Productivity. *Proceedings of the ١٠th EASEC*, Bangkok, Thailand.
١٩. Enshassi A, Mohamed, S, Mustafa ZA, and Mayer PE (٢٠٠٧). Factors Affecting Labour Productivity in Building Projects in the Gaza Strip. *Journal of Civil Engineering and Management*, XIII(٤), ٢٤٥-٢٥٤.

٢٠. Alinaitwe HM, Mwakali JA, and Hansson B (٢٠٠٧). Factors Affecting the Productivity of Building Craftsmen–Studies of Uganda. *Journal of Civil Engineering and Management*, XIII(٣), ١٦٩–١٧٦.
٢١. Weng-Tat C (٢٠٠٧). A Systems Perspective of Construction Productivity Improvement Efforts. *Proceeding of the ١st International Conference of EACEF, Jakarta–Indonesia*.
٢٢. Hanna AS, Chang CK, Sullivan KT, and Lackney JA (٢٠٠٨). Impact of Shift Work on Labor Productivity for Labor Intensive Contractor. *Journal of Construction Engineering and Management*, ١٣٤(٣), pp. ١٩٧–٢٠٤.
٢٣. Kazaz A, Manisali E, and Ulubeyli S (٢٠٠٨). Effect of Basic Motivational Factors on Construction Workforce Productivity in Turkey. *Journal of Civil Engineering and Management*, ١٤(٢), pp. ٩٥–١٠٦.
٢٤. مقداد، محمد ابراهيم و هنية، ماجد "العوامل المؤثرة في إنتاجية العاملين" دراسة تطبيقية على قطاع الصناعات الخشبية في قطاع غزة" بحث مقدم إلى المؤتمر العلمي الأول "الاستثمار والتمويل في فلسطين بين آفاق التنمية والتحديات المعاصرة" المنعقد بكلية التجارة في الجامعة الإسلامية، مايو ٢٠٠٥ م
٢٥. الطويل، نبيل جميل و حداد، طارق، ١٩٨٩. "إنتاجية اليد العاملة لفكرة البناء بالطابوق في قطاع التشييد لمنطقة بغداد"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، ص ٧٩.
٢٦. سعيد، محمد أراز محمد علي، ١٩٩٠. "دراسة تأثير المناخ وساعات العمل الطويلة على تباين الاداء في المشاريع الانشائية"، رسالة ماجستير، قسم البناء والانشاءات، الجامعة التكنولوجية.
٢٧. عيدان، ابراهيم عبد الله، ١٩٩٦، "دراسة تأثير عدد من العوامل على مستوى الانتاجية وانظمة الاجور والحوافز في المشاريع الانشائية في العراق"، رسالة ماجستير، قسم البناء والانشاءات، الجامعة التكنولوجية.
٢٨. Al-Zwainy Faiq M. S. ٢٠١٢a. "The Use of Artificial Neural Networks for Productivity Estimation of finishing Stone works for Building Projects". *Journal of Engineering and Development*, ١٦(٢): ٤٢-٦٠
٢٩. Al-Zwainy Faiq M. S, Hatem A. R, Huda F. I., (٢٠١٢). "using artificial neural network for finishing works for floors with marble". *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, VOL. ٧, NO. ٦, JUNE ٢٠١٢, ٧١٤-٧٢٢.
٣٠. Samer Ezeldin and Lokman M. Sharara, (٢٠٠٦), "Neural Networks for Estimating the Productivity of Concreting Activities" *Journal of construction engineering and management ASCE/June, Vol. ١٣٢*
٣١. Ming Lu, S. M. AbouRizk, and Ulrich H. Hermann, (٢٠٠٠), "Estimating Labor Productivity Using Probability Inference Neural Network", *JOURNAL OF COMPUTING IN CIVIL ENGINEERING / OCTOBER, Vol. ١٤*.
٣٢. Tam .C.M., Thomas K.L. Tong & Sharon L. Tse, (٢٠٠٢) "Artificial Neural Networks Model for Predicting Excavator Productivity" *Department of Building and Construction, City University of Hong Kong, ٨٣, Tat Chee Avenue, Kowloon, Hong Kong, China. Engineering, Construction and Architectural Management © ASCE*

٣٣. Jason Portas and Simaan AbouRizk , (١٩٩٧),"Neural Network Model for Estimating Construction Productivity", JOURNAL OF CONSTRUCTION ENGINEERING AND MANAGEMENT © ASCE / DECEMBER, Vol. ١٢٣.
٣٤. Li-Chung Chao, and Mirosław J. Skibniewski,(١٩٩٤) " *Estimating Construction Productivity: Neural-Network-Based Approach*", Journal of Computing in Civil Engineering / April, Vol. ٨.
٣٥. Luger G. F. and stubble field W. A. (١٩٩٨) , “ Artificial Intelligence structures and strategies for complex problem solving ” , Addison Wesley longman , Inc. , USA.
٣٦. Haykin, S., (١٩٩٩), “Neural Network a Comprehensive Foundation”, ٢nd ed. Prentic-Hall International Inc.
٣٧. Kinnebrock , Werner , (١٩٩٥), “ Neural Networks Fundomantals , Application example ‘ , Galgotia publications , prt . ltd. , New Delhi

الملحق (أ) استمارة قياس العمل

استمارة قياس العمل

لفقرة أعمال التسطیح في المباني السكنية

اولا: معلومات المشروع

اسم المشروع
موقع المشروع
الجهة المستفيدة
الجهة المنفذه

ثانيا: معلومات فريق العمل

عمر الخلفة (الاسطة)			
عدد سنوات الخبرة			
التحصيل الدراسي			
الحالة الصحية	جيدة	متوسطة	رديئة
عدد العمل المساعدين			

ثالثا: ظروف المشروع

مضطربة	طبيعية ومستقرة	الحالة الامنية
--------	----------------	----------------

مطر	شمس	الظروف الجوية
-----	-----	---------------

غير منظمة	منظمة	ظروف موقع العمل
-----------	-------	-----------------

عند منسوب ١٢ م	عند منسوب ٩ م	عند منسوب ٦ م	عند منسوب ٣ م	منسوب العمل
----------------	---------------	---------------	---------------	-------------

غير متوفرة	متوفرة بصورة جزئية	متوفرة بصورة كاملة	توفر المواد الانشائية
------------	--------------------	--------------------	-----------------------

غير مطابق للمواصفات الفنية	مطابق للمواصفات الفنية	نوعية العمل المنفذ
----------------------------	------------------------	--------------------

عدد ساعات العمل	وقت النهاية	وقت البداية	وقت العمل
٢٤ ساعة	مسانی	صباحي	نوع شفت العمل
			مقدار الانتاجية الحقيقية
	٢م / يوم		