# تخمين إنتاجية معدات انشاء الطرق باستخدام المنطق الضبابي والشبكات العصبية الاصطناعية

**شيلان حميد امين**
دائرة الاعمار والمشاريع,وزارة التعليم العالي والبحث العلمي,العراق
Shealen2000@yahoo.com
**رائد سليم**
قسم هندسة البناء والانشاءات،الجامعة التكنولوجية, العراق.
**حسن علي عمران**
قسم هندسة البناء والانشاءات،الجامعة التكنولوجية, العراق.

تاريخ استلام البحث:2017/11/28
تاريخ القبول: 2018/4/5
تاريخ النشر: 2018/12/25

**الخلاصة**

يعد تقدير إنتاجية معدات انشاء الطرق عاملا رئيسيا في تقدير تكلفة تلك المشاريع بنجاح، كما يساهم في تحديد الوقت اللازم لإكمال تلك المشاريع. الهدف من هذه الدراسة هو تخمين إنتاجية المعدات المستخدمة في انشاء الطرق في العراق اعتمادا على المنطق الضبابي مع الشبكات العصبية، ومتابعة إنتاجية المعدات اثناء فترة العمل. معظم البحوث السابقة قد وضعت نماذج رياضية مختلفة لتقدير إنتاجية المعدات، إلا أنها لا توفر تقديرات إنتاجية دقيقة أو موثوقة. وتستند معظم هذه النماذج الرياضية على أمثلة رياضية جاهزة، بغض النظر عن حالة هذه المعدات وظروف العمل. كما إنها تعاني من صعوبة وصف البيئة حتى لو اعتبرت جزءا من هذه النماذج. التخمين باستخدام هذه النماذج الكلاسيكية يعتمد على السجلات التاريخية للأداء، فضلا عن الآراء الشخصية للمهندس والأحكام الخاصة. في هذا البحث، استخدمت الشبكة العصبية الاصطناعية لتخمين إنتاجية معدات انشاء الطرق مع الاخذ بالاعتبار العوامل المختلفة التي تؤثر على الإنتاجية. من اهم العوامل التي تؤثر على إنتاجية معدات انشاء الطرق في العراق هو الطقس، والذي يعتمد على موقع وتاريخ العمل بالمشروع، لذا استخدم نظام الخبرة الضبابي لتخمين الطقس اثناء فترة العمل اعتمادا على موقع وتاريخ العمل علاوة على ذلك، يمكن إجراء تقدير الانتاجية بشكل مستمر قبل واثناء العمل، مما يعطي نظرة أفضل للمقاول لتعديل خططه وفقا لظروف المشروع ومتابعة العمل اثناء فترة العمل.

# Productivity Estimation of Road Construction Equipment's Using Fuzzy Logic and Neural Network

**Abstract**

Estimating the productivity of road construction equipment is a key factor in estimating the cost of road construction projects successfully, and helps in determining the time required to complete these projects. The objective of this study is to estimate the productivity of road construction machines used in Iraq using fuzzy logic and neural network, and monitoring the productivity of these equipment's during the work period. Most previous research has developed different mathematical models to estimate equipment productivity, but they do not provide accurate or reliable production estimation. Most of these mathematical models are based on ready-made mathematical formula, regardless of the state of these machines and working conditions. They also have difficulty describing the environment even if they are considered as a part of these models. Estimating the productivity using these classical models depends on historical records of performance, as well as personal opinions of the engineer and his special judgments. In this research, the artificial neural network was used to estimate the productivity of road construction equipment taking into account the various factors that affect productivity. One of the most important factors affecting the productivity of road construction equipment in Iraq is the weather, which depends on the location and date of operation of the project; therefor, fuzzy expert system is used to estimate the weather during the working period depending on the location and date of work. In addition, the productivity estimation can be made continuously before and during the work, giving a better view to the contractor to adjust his plans according to the project conditions and follow-up work during entire work period.

**Keywords:** road construction, equipment, neural networks, expert system, productivity

**كيف تستشهد بهذه المقالة**: شيلان حميد امين، رائد سليم , حسن علي عمران" تخمين إنتاجية معدات انشاء الطرق باستخدام المنطق الضبابي والشبكات العصبية الاصطناعية ،" مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 36، العدد الخاص ، 12-1، 2018.

https://doi.org/10.30684/etj.36.4C.1
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq
This is an open access article under the CC BY 4.0 license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

## 1.المقدمة

تقدير إنتاجية معدات انشاء الطرق هو مسألة حاسمة في تقدير الوقت والميزانية على الرغم من وجود نماذج رياضية مؤكدة لتقدير الإنتاجية، فإنه من الصعب جدا تضمين جميع العوامل البيئية المؤثرة في هذه النماذج الرياضية. مما يؤدي بدوره إلى النمذجة الغير الفعالة للمعدات المطلوبة. ولذلك، فإن معظم تقدير معدلات إنتاج معدات انشاء الطرق عادة ما يعتمد على التجارب الشخصية لمهندسي الموقع المعنيين. في معظم الحالات، يستند تقدير المهندس عادة على كل من النماذج الرياضية وكتيبات تعليمات المصنعين وكذلك خبرته الخاصة [1].

تستند معظم نماذج تقدير الإنتاج الرياضي على التقدير المثالي وكذلك على ظروف المعدات المثالية لذلك، لتقدير إنتاجية المعدات في الموقع، كان على المهندسين عادة تطبيق عدة عوامل تصحيح من أجل الحصول على معدلات دقيقة لإنتاج المعدات، وينبغي للمهندس أيضا النظر في العديد من العوامل وحالة الالية بالإضافة الى العوامل البيئية، مثل تجربة المشغل، والطقس، وحالة الجهاز في تقدير الإنتاجية. وينبغي أن تدرج هذه المعلومات بطريقة ما في الحسابات [2].

وقد بينت دراسات مختلفة عن معدات انشاء الطرق أنه عند تقدير الوقت والتكلفة لمشاريع الطرق، يتم تقدير الإنتاجية قبل بدء المشروع. ومع ذلك، فإن البيانات الفعلية التي يتم جمعها من موقع المشروع اثناء العمل تختلف اختلافا كبيرا عن هذه التقديرات [3]. وعادة ما تكون الإنتاجية أقل من الإنتاجية المقدرة. وهذه المشكلة معروفة جيدا ولا سيما في البلدان النامية، وقد تم التطرق الى هذه المشاكل في عدة بحوث.

تم التطرق الى انخفاض الإنتاجية. وفي عملهم أجري مسح استبيان، في ولاية كيرالا في الهند، لتحديد العوامل التي تؤثر على إنتاجية عمل البناء والعلاقات الكامنة وراءها. وتم تحديد وإعطاء وزن لكل عامل موثر [4].

إن السبب الرئيسي للفرق بين الإنتاجية الفعلية والمقدار المخمن تعزى الى معادلة الإنتاجية النموذجية التي يقدمها مصنعو المعدات، حيث عادة ما تستند معادلات التقدير إلى قياسات أجريت في بلدان متقدمة مثل بلدان أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية. إن تطبيق هذه المعادلات في الدول النامية مثل العراق سيؤدي إلى خطأ في التقدير حيث تختلف الظروف بشكل كبير عن تلك البلدان.

## 2.الهدف من البحث

بناء نموذج لتوقع إنتاجية الاليات يعتمد على المنطق الضبابي والشبكات العصبية في وصف وتمثيل الاليات المستخدمة لإنشاء الطرق والابتعاد عن المعادلات الجاهزة او الجداول المحسوبة مسبقا التي تفتقر الى حساب تأثيرات ظروف العمل على الإنتاجية.

2.التكيف مع المعطيات الجديدة في اثناء العمل والنموذج المقترح يجب ان يكون من اللدونة والمرونة (adaptive) لكي يستطيع تمثيل التغيرات والاختلافات في صفات المعدات والاختلافات بينها ويعكس انتاجياتها في ظروف مختلفة، قبل الشروع في العمل واثنائه، وبدون الرجوع الى خبرة المهندس.

## 3.الشبكات العصبية الاصطناعية

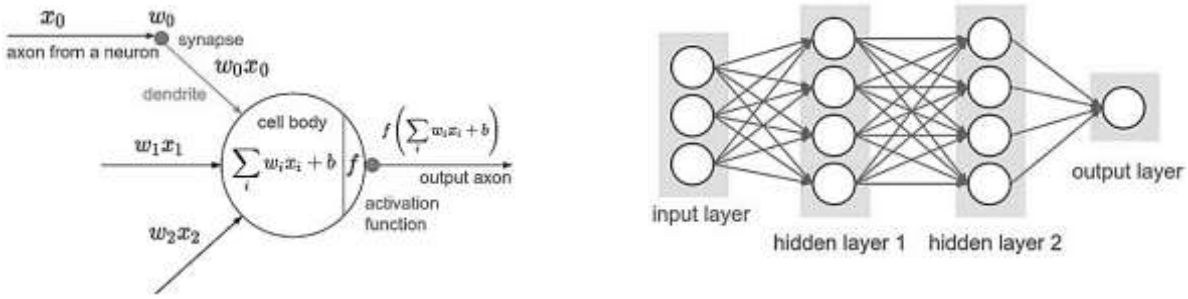
هي نوع من نظم الحوسبة المستوحاة من الشبكات العصبية البيولوجية الموجودة في ادمغة الحيوانات لمحاكاة طريقة التعلم وحل المشاكل في تلك الأدمغة. تعتمد عملية التعلم في هذه الشبكات على تحسين الاداء تدريجيا وذلك من خلال ملاحظة بعض الأمثلة واستنتاج العلاقات. ومن اهم ما تتميز بيه تلك الشبكات هو تعلم العلاقات بدون التدخل البرمجي لكتابة خوارزمية لوصف تلك العلاقات ولهذا تستخدم غالبا في التطبيقات التي يصعب التعبير عنها في خوارزميات حاسوبية تقليدية.

تتكون هذه الشبكات من مجموعة من الوحدات المتصلة مع بعض وهذه الوحدات تمثل الخلايا العصبية الاصطناعية أو عناصر المعالجة (وحدات معالجة)، ترتبط مع بعض من خلال بعض المعاملات (الأوزان). لتشكيل الهيكل العصبي، يتم تنظيم هذه الوحدات في طبقات. قوة الحسابات العصبية تأتي من ربط الخلايا العصبية مع بعض في الشبكة. كل وحدة عصبية لديها مجموعة المدخلات موزونة، دالة نقل وإخراج واحد. يتم تحديد سلوك الشبكة العصبية من خلال نقل وظائف الخلايا العصبية لها، من خلال قاعدة التعلم، ومن خلال الهندسة المعمارية للشبكة نفسها. والأوزان هي المعاملات القابلة للتعديل، وبهذا المعنى، فإن الشبكة العصبية هي نظام محدد [5].

محصلة جمع المدخلات حسب وزنها تشكل اشارة تنشيط الخلايا العصبية. يتم تمرير إشارة التنشيط من خلال دالة التنشيط لإنتاج خرج واحد من الخلايا العصبية وكما موضح في الشكل (1-أ). بشكل عام يمكن تشكيل أنواع مختلفة من الشبكات العصبية تبعا لترتيب هذه الخلايا او طريقة التعلم فيها. من أشهر هذه الانواع هي الشبكات العصبية امامية التغذية والتي تتكون من عدة طبقات من الخلايا العصبية المربوطة مع بعض كما في الشكل (1-ب).

تختلف طرق التعلم والخوارزميات المستعملة للتدريب في الشبكات العصبية حسب أنواعها وغالبا ما تصنف هذه الطرق إلى نوعين أساسيين وهي التعليم المراقب (بواسطة معلم) والتعليم غير المراقب (بدون معلم).

تختلف طرق التعليم من شبكة الى اخرى وحسب نوع الشبكة. ومن أشهر انواع التعليم في شبكات التغذية الامامية بواسطة معلم هي طريقة التعليم باسلوب التغذية الترجيعية. يتم في هذه الطريقة ارجاع نسبة من الخطأ بين خرج الشبكة الفعلية والقيمة المطلوبة الوصول اليها وتستخدم نسبة الخطأ هذه لتصحيح قيم الاوزان في الشبكة [5].




- أ - - ب -

**شكل 1: أ-الخلية العصبية الصناعية ب- شبكة امامية متعددة الطبقات [6] .**

### 3.المنطق الضبابي (المنطق المضبب)

هو نوع من انواع المنطق ويستخدم في الانظمة الذكية والخبيرة نظرية المجاميع الضبابية تم تشكيلها من قبل الاستاذ لطفي زادة في العام 1965 ولاقت رواجا كبيرا خاصة في نهاية القرن الماضي وقد تم اعتمادها عالميا في جميع انحاء العالم. يختلف المنطق الضبابي عن المنطق التقليدي الثنائي القيم بانه يعرف المنطق على مدى حقيقي للأرقام بين الصفر والواحد، في حين ان المنطق التقليدي يعطي حالتين للمنطق اما صفر او واحد (او ما يسمى بالصح او الخطأ). يحاول المنطق الضبابي تقليد خبرة الانسان المنطقية في تصنيف الامور واتخاذ القرارات. ورغم ان الانسان يتصرف بصورة منطقية الا ان المنطق المتخذ في معظم الحالات لا تتصف بالحدية وبذلك برزت الحاجة الى ظهور المنطق الضبابي. فنلاحظ ان معظم القرارات المتخذة تأخذ نوع من الاحتمالية بالصح والخطأ. وقد يستخدم المنطق الضبابي لبيان درجة الانتماء الى مجموعة معينة فمثلا يقال ان عنصرا ما ينتمي الى مجموعة معينة بدرجة 0.55.

ولعمل نموذج للمنطق الضبابي فان مجموعة من القواعد واللوائح يجب ان تحدد الحدود وتقول لنا ما يجب القيام به لتكون ناجحة في حل المشاكل داخل هذه الحدود. وتستخدم عمليات خاصة لحساب نتائج الانتماء لمجموعات المنطق الضبابي [7].

### 4.نموذج النظام المقترح

تم عمل نموذج يقوم بتخمين إنتاجية المعدات حسب مجموعة من العوامل المؤثرة. هذه العوامل تتراوح من معدة الى أخرى وحسب نوع المعدة. في نفس الوقت توجد مجوعة من العوامل المشتركة التي تؤثر بشكل عام على إنتاجية هذه الآليات. فمثلا في حالة المقلعة، فان من العوامل الخاصة بنوع المعدة هي عرض حجم القادوس. في حين ان المناخ وعرض الطريق هي من العوامل المشتركة التي تأثر على إنتاجية جميع المعدات.

فجميع الآليات تتأثر انتاجيتها بالمناخ، غير ان نوعية التربة تعتبر من العوامل الخاصة بعض الآلات التي تكون عملها على اتصال مع التربة فان نوع التربة له تأثير على انتاجيتها. في حين ان نوع التربة ليس له تأثير على إنتاجية السيارة الحوضية. الجدول رقم (1) ادناه يبين العوامل المؤثرة التي تم استخدامها لعمل نموذج لتخمين الإنتاجية. تم جمع واختيار المعلومات من خلال دراسة الأنظمة الحالية في العراق ومن خلال المقابلات الشخصية مع عدد من الخبراء والمهندسين وتسجيل البيانات الميدانية للآليات المستخدمة في المشاريع المنفذة في العراق [8].

إنتاجية الالية تعتمد بشكل كبير على الظروف الجوية، فمثلا في حساب الوقت اللازم لبرودة الطبقة المفروشة في عمليات فرش الاسفلت. وعند تخمين الإنتاجية يجب تحديد الظرف الذي تعمل فيه المعدة [9]. لذا استوجب تخمين حالة الطقس في الموعد المقترح لعمل المشروع. ويجب ملاحظة ان درجات الحرارة في العراق تختلف حسب موقع العمل لذا توجب تصميم نموذج يخمن درجة الحرارة على مدى تنفيذ المشروع.

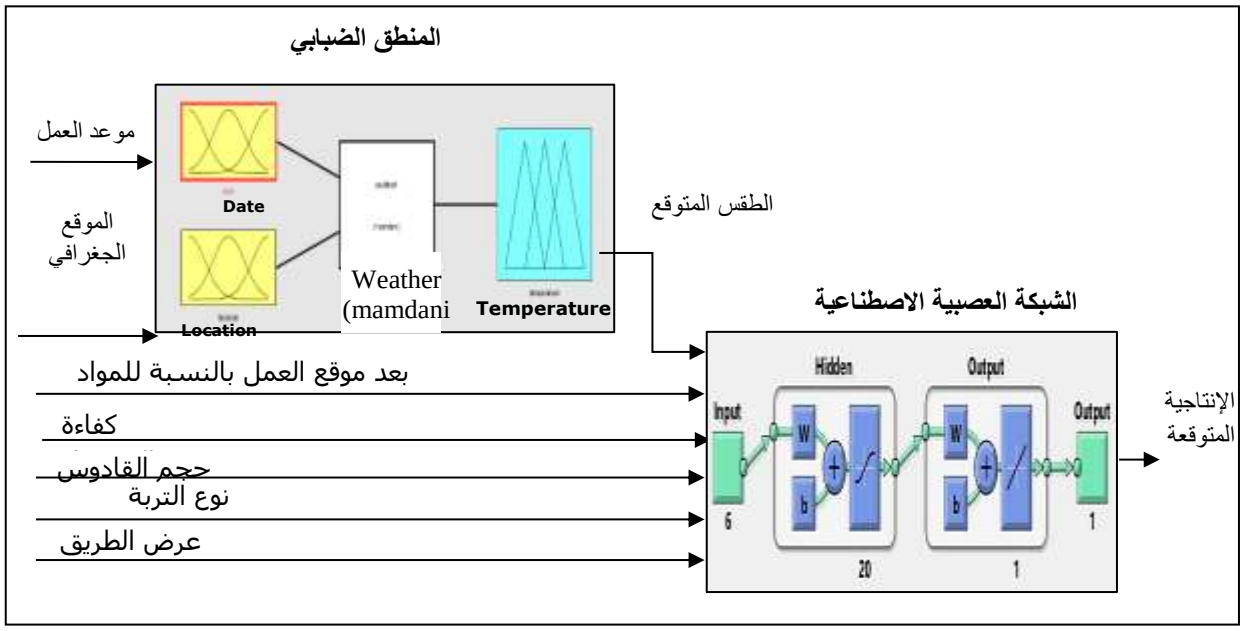
النموذج المقترح لتخمين الإنتاجية يتكون من جزئيين أساسيين هما المنطق الضبابي والشبكة العصبية وكما مبين في الشكل (2). المرحلة الأولى هي مرحلة تخمين درجة الحرارة حسب التاريخ وموقع العمل واستخدم لهذه المرحلة المنطق الضبابي. اما المرحلة الثانية فهي تخمين الإنتاجية واعتمادا على العوامل المؤثرة وحالة المناخ خلال مراحل العمل واستخدم لهذه الحالة الشبكات العصبة الاصطناعية.

لتخمين الطقس على فترات طويلة والتي قد تصل الى عام او أكثر (حسب وقت البدء وفترة انجاز المشروع) فان المنطق الضبابي هو الطريقة المتقرحة للتخمين. يتميز المنطق الضبابي بعدة خصائص تجعله الطريقة الأنسب في عملية تخمين الطقس لفترات طويلة إذا ما قورن مع الشبكات العصبية، ففي حين تتميز الشبكات العصبية بالدقة في تحمين الطقس لفترات قريبة وقصيرة (أيام او أسابيع) نلاحظ تميز المنطق الضبابي بقدرته على توقع درجات الحرارة لفترات طويلة ومتباعدة وبنسبة خطا اقل في حال وجود تقلبات معقولة في الطقس [10]. كما ان المنطق الضبابي المقترح لا يحتاج الى كمية معلومات وبيانات كبيرة

للتعلم كما هو الحال في الشبكات العصبية. اما بالنسبة للإنتاجية والتي تعتمد على مجموعة مدخلات أخرى بالإضافة الى درجة حرارة الموقع المتوقعة من خلال المنطق الضبابي، فقد تم اختيار الشبكات العصبية لتمثيلها في النموذج المقترح وذلك لزيادة درجة التعقيد في تأثير هذه العوامل على إنتاجية الآليات، حيث اهم مميزات الشبكات العصبية هي قدرتها الكبيرة في تمثيل النماذج التي تصعب وصفها بمعادلات تقليدية [11].

**جدول 1: العوامل المؤثرة التي تم استخدامها لعمل نموذج لتخمين الإنتاجية**

| مجرفة | مقلعة | خباطة السمنت | سيارة حوضية |
|---|---|---|---|
| بعد موقع العمل بالنسبة للمواد | بعد موقع العمل بالنسبة للمواد | بعد موقع العمل بالنسبة للمواد | بعد موقع العمل بالنسبة للمواد |
| كفاءة التشغيل | كفاءة التشغيل | كفاءة التشغيل | كفاءة التشغيل |
| المناخ (موعد العمل+ الموقع الجغرافي) | المناخ (موعد العمل+ الموقع الجغرافي) | المناخ (موعد العمل+ الموقع الجغرافي) | المناخ (موعد العمل+ الموقع الجغرافي) |
| حجم القادوس | حجم القادوس | حجم الالية | حجم الالية |
| نوع التربة | نوع التربة | توفر المواد | قرب المحطة |
| عرض الطريق | مسافة الدفع | السرعة | |
| | نوع التربة | حالة الخباطة | |

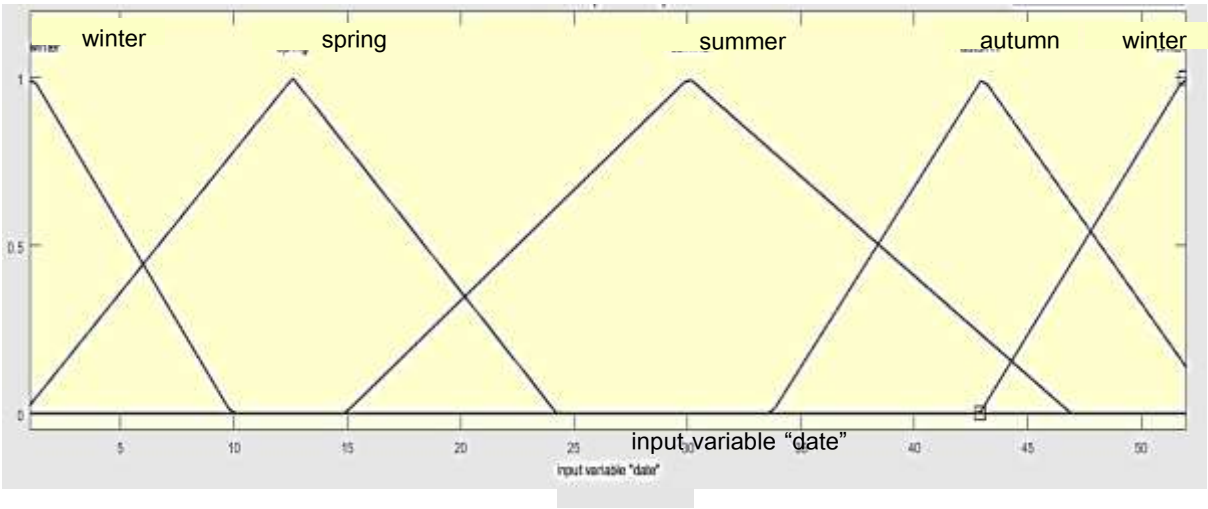



**شكل 2: النموذج الخبير المقترح لتخمين الإنتاجية.**

*I.تخمين الطقس باستخدام المنطق الضبابي*

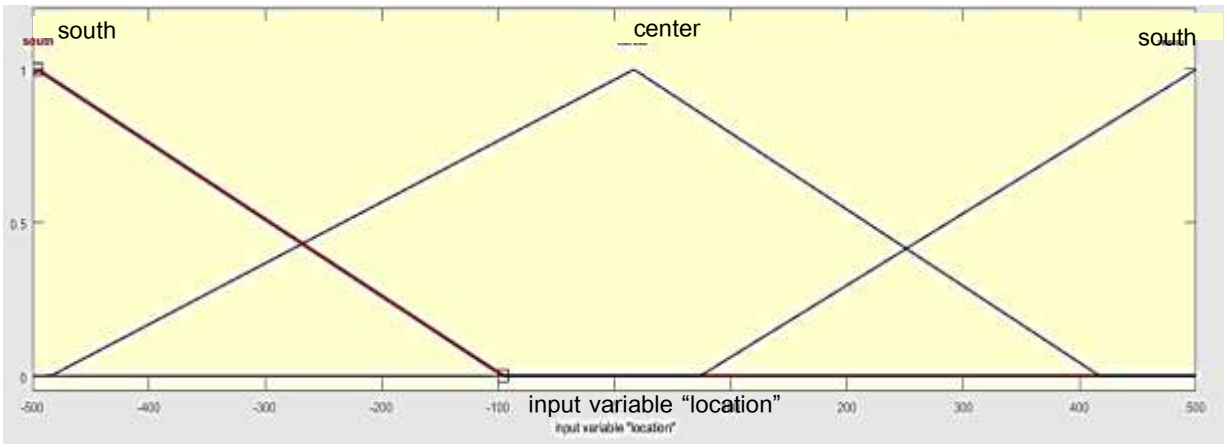
البحوث السابقة لا تأخذ بالحسبان تغيرات الطقس اثناء فترة التنفيذ. بالإضافة الى ذلك نلاحظ ان اختلاف الموقع الجغرافي الذي يتم فيه العمل له تأثير على الطقس ففي حين نجد ان الحرارة تكون عالية مثلا في فصل الصيف في المناطق الوسطى والجنوبية من العراق، الا ان درجة الحرارة تكون اقل في المناطق الشمالية.

استخدام المنطق الضبابي لتخمين المناخ في أوقات مختلفة اثناء العمل وفي مناطق مختلفة. بيانات الادخال لهذه المرحلة هي موعد اجراء العمل (التاريخ) والموقع الجغرافي. المجموعات الضبابية التي تحدد موعد العمل مبينة في الشكل (3) وهي تحتوي على مجموعات الفصول (winter, spring, summer, autumn) على مدار السنة (المجموعة الشاملة universe of discourse). تم الترميز للمجموعة الشاملة عن طريق أسابيع السنة والتي تكون من الأسبوع الأول في السنة الى الأسبوع الثاني والخمسين. مجموعات الفصول تم وضعها حسب الخبرة لذا نلاحظ ان فصل الصيف هو أطول الفصول.



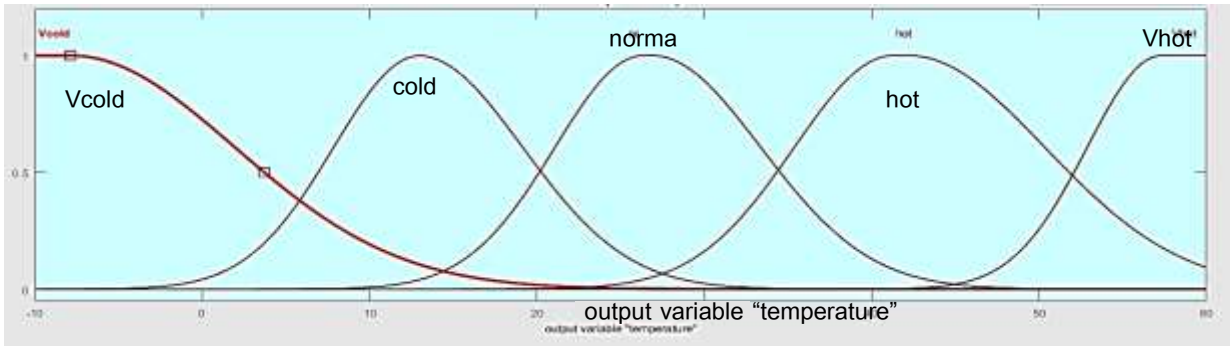

**شكل 3: المجموعات الضبابية للإدخال المرتبطة بموعد العمل.**

المجموعات الضبابية للموقع هي المركز وشمال وجنوب (center, north, south) في الشكل(4) وتحدد بعد المكان الذي يجري فيه العمل عن العاصمة بغداد فكلما ابتعدنا شمالا كانت الكمية موجبة وبالعكس. ولكون حالة الطقس في المناطق الوسطى قريبة الى المناطق الجنوبية كان التداخل بين الوسط والجنوب أكثر منه من المناطق الشمالية.



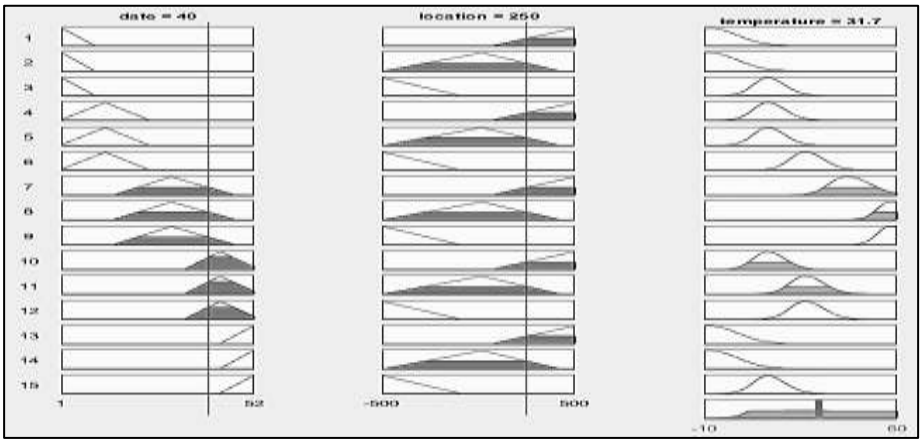

**شكل 4: المجموعات الضبابية للإدخال المرتبطة بموقع العمل**

الإخراج للنموذج الضبابي يمثل درجة الحرارة المتوقعة حسب الموقع وتاريخ العمل المتوقع. المجاميع الضبابية للإخراج مبينة في الشكل (5) وهي (باردة جدا، باردة، معتدلة، حارة، وحارة جدا). المجموعة الشاملة للإخراج (universe of discourse) هي من −10 الى 60 درجة مئوية. تم اخذ دالة كاوس للإخراج بينما استخدمت الدالة المثلثية للإدخالات.



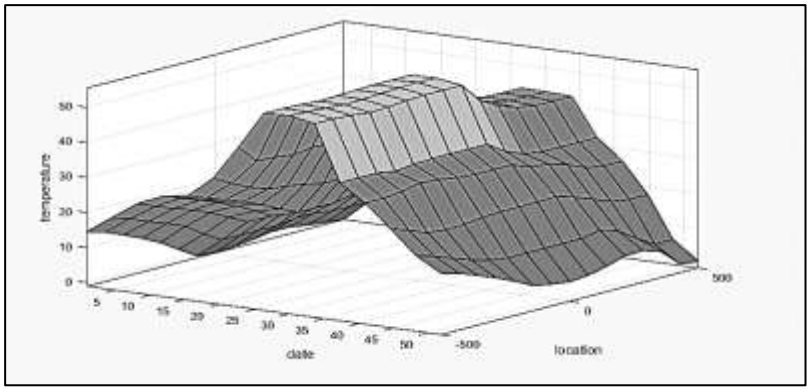

**شكل 5: المجموعات الضبابية للإخراج**

تم وضع مجموعة من القوانين لقاعدة المعرفة للمنطق المضبب مبنية على الخبرة. لغرض توقع درجة حرارة معينة فان النموذج يغذى بمتغيرين يمثلان موعد العمل المتوقع والموقع الجغرافي ويقوم النموذج بحساب درجة الانتماء للمجاميع الضبابية وحسب الادخال ومن ثم يتم اتخاذ القرارات وحسب قاعدة المعلومات وقوانينها. وحسب ما يتفعل من نتائج القوانين تنتج بعض درجة الانتماء للإخراج وتكون هذه قيم ضبابية وليست درجة حرارة. ولإزالة التضبيب عن النتائج يتم حساب الإخراج حسب مركز المساحة (center of area). فمثلا الشكل (6) يمثل حالة معينة لتوقع الحرارة في الأسبوع 40 من السنة وعند منطقة تقع 250 كيلومتر شمال بغداد. ويلاحظ تفعيل بعض المجاميع الادخال حسب درجة الانتماء. كما نلاحظ نتيجة لتطبيق القوانين تم تفعيل مجموعة من المجاميع في الاخراج. ومن ثم بحساب مركز المساحة تم حساب معدل درجة الحرارة المتوقعة والتي هي 31.7.




**شكل 6: تطبيق ادخالين (التاريخ والموقع) على القوانين الضبابية لتوقع الحرارة**

أخيرا الشكل (7) يمثل دالة الاسطح للنموذج. ويلاحظ من خلالها توقعات النموذج لمختلف المواقع والتواريخ. فنلاحظ ان درجة الحرارة في فصل الصيف قد تصل الى 50 درجة في المناطق الوسطة والجنوبية وتقل كلما انتقلنا الى شمال البلاد. كما نلاحظ ان معدلات درجات الحرارة تقل في فصل الشتاء وتقترب من الصفر في بعض المناطق وخاصة في المناطق الوسطى والشمالية.




**شكل 7: دالة الاسطح للنموذج الضبابي**

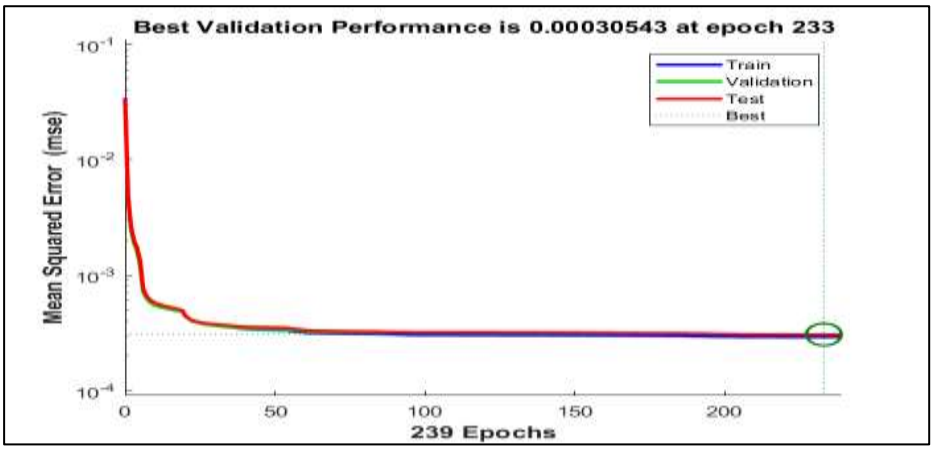
*II.تخمين الإنتاجية باستخدام الشبكة العصبية*

تتكون الشبكة العصبية من طبقتين رئيسيتين هي الطبقة مخفية (hidden layer) وطبقة الإخراج(output layer). الطبقة المخفية تتكون من عشرين خلية عصبية وتم اختيار هذا العدد عن طريق المحاولة والخطأ. دالة التفعيل ( Activation Functions) في هذه الطبقة هي tanh. اما طبقة الإخراج فتتكون من خلية عصبية واحدة ودالتها خطية. عدد الادخالات للشبكة العصبية تختلف باختلاف الالية التي يتم عمل نموذج لها فمثلا في حالة المجرفة فان الشبكة تحتوي على ستة ادخالات (انظر الجدول رقم 1). اما في حالة المقلعة فان عدد الادخالات تكون سبعة. يستوجب عمل شبكة لكل الية لتعليمها حسب المعطيات المرادفة لها. فيما يلي سوف نشرح عملية تعليم الشبكة لتمثيل نموذج للمجرفة.

لتسهيل عملية التعلم في الشبكة العصبية، فان جميع قيم الادخال والإخراج تم معايرتها الى قيم بين الصفر والواحد (normalized to unity value). في عملية التعليم، تم استخدام طريقة التغذية الترجيعية باستخدام معلم (error back-propagation).

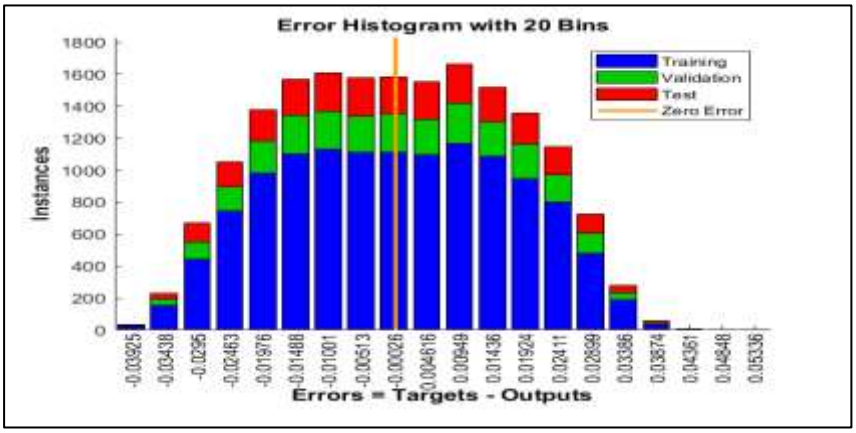
تم اخذ المعطيات من 18 مشروع. تم تقسم المعطيات الى ثلاث مجموعات وهي مجموعة التعليم، مجموعة التحقق ومجموعة الفحص وحسب النسب التالية (66,67%، 16.67%،16.66%) وعلى التوالي.

نتيجة لقلة المعطيات لتعليم الشبكة، وذلك لان معظم المشاريع في العراق لا يتم فيها تدوين او متابعة العمل، فان المعطيات تم مضاعفتها بإضافة نسبة عشوائية الى القيم المعطيات الاصلية لإنتاج مجموعات من المعطيات الجديدة لتعليم الشبكة. الشكل (8) يبين قيم معدل الجذر التربيعي لمربع الخطأ (mean square error ) اثناء التعلم. ونلاحظ ان القيمة تقل مع التعلم الى ان تصل الى $3.054 * 10^{-4}$ عند عدد من العهود (epoch) مساوي الى 233. العهد الواحد في تعليم الشبكة هو عند تعليم الشبكة بمجموعة كاملة من بيانات الادخال.




**شكل 8: قيم معدل الجذر التربيعي لمربع الخطأ اثناء التعلم**

تم عمل نماذج لكل من الاليات، كل على حدة، وحسب نوع الالية وعدد العوامل المؤثرة في الإنتاجية لتلك الالية. الشكل (9) يبين المخطط التكراري لتوزيع الخطأ بعد التعلم للمجرفة.




**شكل 9: المخطط التكراري لتوزيع الخطأ بعد التعلم**

### 5.النتائج والمناقشة

لغرض فحص النموذج والتحقق من الوصول لأهداف البحث تم اقتراح مشروع تبليط طريق (مرحلة الاعمال الترابية) بمسافة 4 كيلومتر وبعرض ستة أمتار في بغداد. الاعمال الترابية اللازم إنجازها لهذا المشروع هو 40000 متر مكعب تم اختيار الأسبوع العاشر من السنة (تقريبا منتصف شهر اذار) كموعد لبداية العمل بالمشروع.

باستخدام الجداول التقليدية التي في جدول رقم (2) من الممكن حساب فترة المشروع. وكما بينا سابقا هذه الجداول لا تأخذ بالحسبان ظروف العمل وهي جداول قياسية لإنتاجية الاليات في الدول الاوربية وحسب مناخ تلك الدول وطريقة التبليط لديهم. لذا تختلف عن النتائج الحقيقة في العراق.

فرضية المشروع ستتيح فحص النتائج خلال فترات مختلفة من السنة مما يبين تأثير المناخ على الإنتاجية. وفي نفس الوقت سنختبر الإنتاجية لإحدى المعدات في مناطق مختلفة (البصرة وبغداد ودهوك) لاختبار تأثير الموقع على الإنتاجية. ولتوضيح

النتائج تم اعتماد إنتاجية معدة واحدة بدلا من عدة المعدات كما أعطيت جميع العوامل الأخرى نسبة متوسطة اعتبر ان المواد تبعد 5 كيلو من بداية المشروع وتزداد بازدياد التقدم في المشروع.

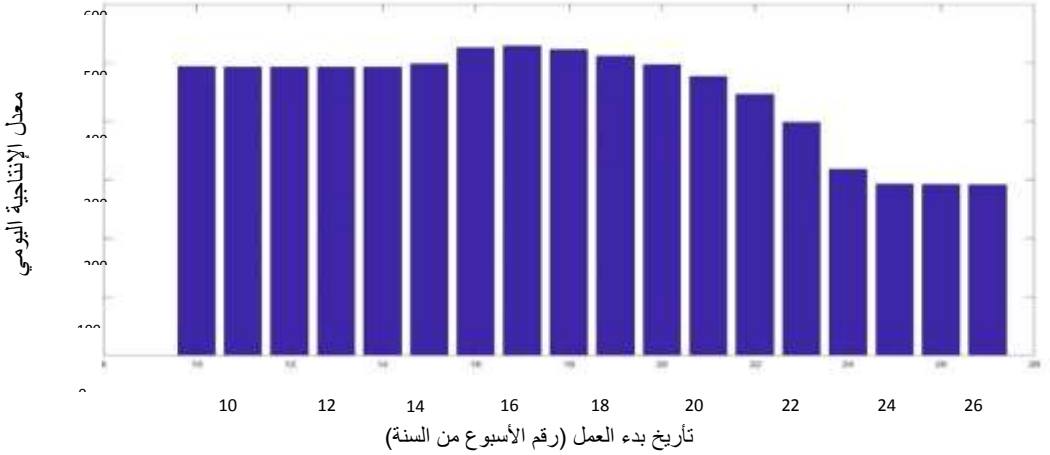
**جدول 2: معدل إنتاجية الاليات القياسية في مرحلة الحفر**

| فقرة العمل | المعدات والاليات المطلوبة | معدل الانتاج اليومي (ظروف قياسية) |
|---|---|---|
| مرحلة الاعمال الترابية والحدل ورفع الانقاض | 1.قالعة / او حفارة<br>2.سيارة حمل<br>3.سيارة حوضية<br>4.مجرفة<br>5.حادلة اضلاف الغنم | 200 م$^3$ / يوم عمل |

**6 .تخمين الإنتاجية باستخدام النموذج**

عند حساب الوقت اللازم لإنجاز المشروع حسب الطرق التقليدية فغالبا يقوم المهندس المقيم بالرجوع الى الجداول او الاعتماد على الخبرة الذاتية. عند اعتماد الجداول فان الوقت اللازم لإنجاز المشروع أعلاه حسب الجداول يحتاج الى 200 يوم عمل. وبحساب خمسة أيام عمل في الأسبوع سيكون الوقت اللازم لإنجاز المشروع هو 40 أسبوع.

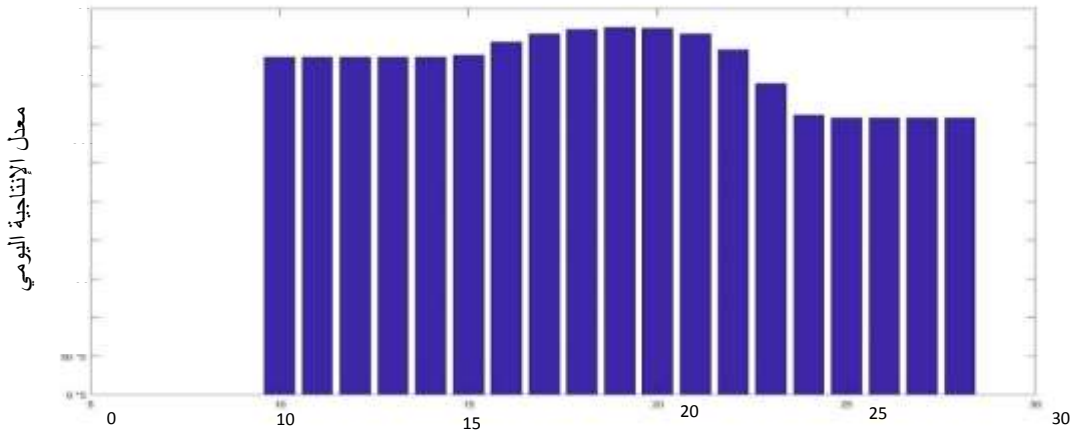
تختلف إنتاجية المعدات حسب نوعها. عند حساب الإنتاجية للمجرفة حسب النموذج المتعلم سابقا نجد ان الوقت اللازم لإنجاز المشروع هو 18 اسبوع كما موضح في الشكل (10). من اهم ما يلاحظ في الشكل هو تغير قيم الإنتاجية حسب تقدم المشروع حيث هذا النموذج يأخذ بالحسبان تغيرات الطقس والموقع وبعد موقع العمل عن المواد وغيرها من العوامل. ونلاحظ اقل قيم للإنتاجية تكون في فصل الصيف.



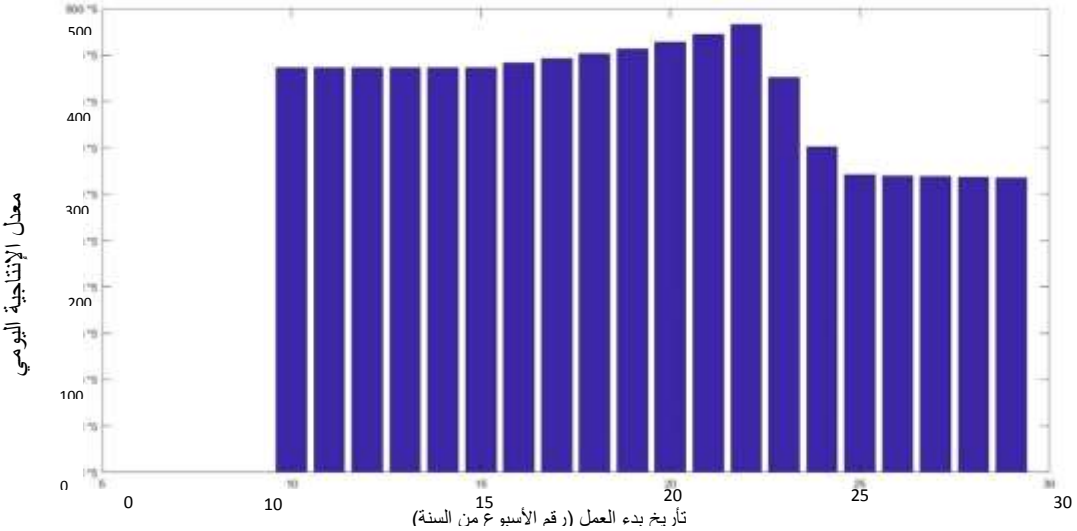

**شكل 10: الإنتاجية الاسبوعية المتوقعة للمجرفة**

الشكل (11) يمثل تخمين الإنتاجية للمقلعة. نلاحظ أيضا اختلاف كمية الإنتاجية حسب فصول السنة. من الواضح في الشكل (12) ان إنتاجية خباطة السمنت تتأثر جدا بارتفاع درجات الحرارة وذلك لان السمنت قد يتصلب بسرعة وتتكون تشققات فيها عند العمل في درجات الحرارة العالية. فيما نلاحظ ان إنتاجية سيارة الحوضية في الشكل (13) تتأثر قليلا باختلاف درجات الحرارة. يعود ذلك الى ان في المشاريع يتم طلب عدد محدد يوميا من السيارات الحوضية.

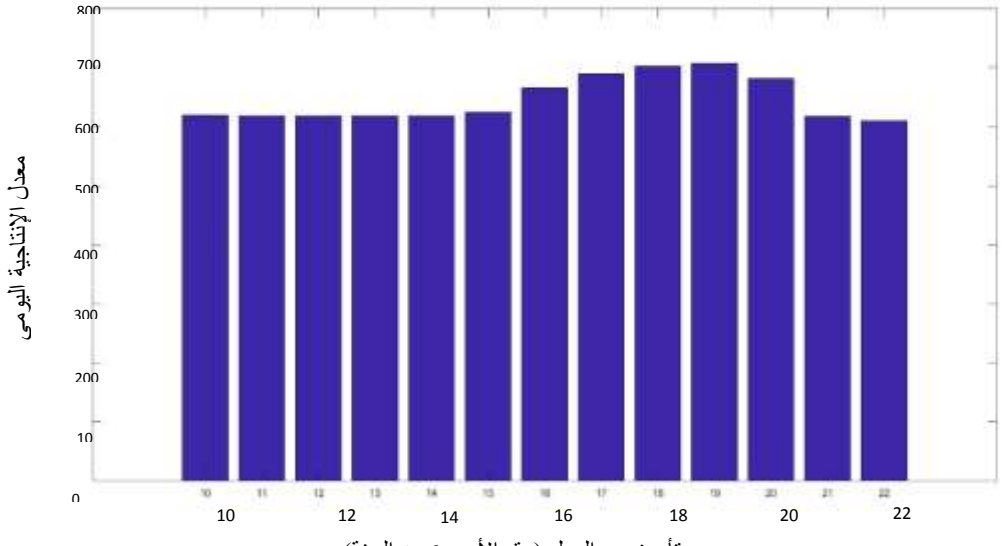
لبيان تأثير موقع العمل على الإنتاجية فان نفس النموذج لآلية المقلعة المتعلم أعلاه تم استخدامه في تخمين الإنتاجية في ثلاث مواقع مختلفة من العراق. هذه المواقع هي دهوك تقع في شمال العراق، (بغداد تقع في منتصف العراق والبصرة وتقع في جنوب العراق). الشكل (14) يبين الإنتاجية لنفس المقلعة إذا استخدم في مواقع مختلفة. ونلاحظ ان الإنتاجية تكون في الجنوب في منتصف اذار أفضل من الشمالية لكون درجات الحرارة تكون منخفضة في الشمال. في حين ان الإنتاجية تقل في الجنوب في الصيف لارتفاع درجات الحرارة بشكل كبير.



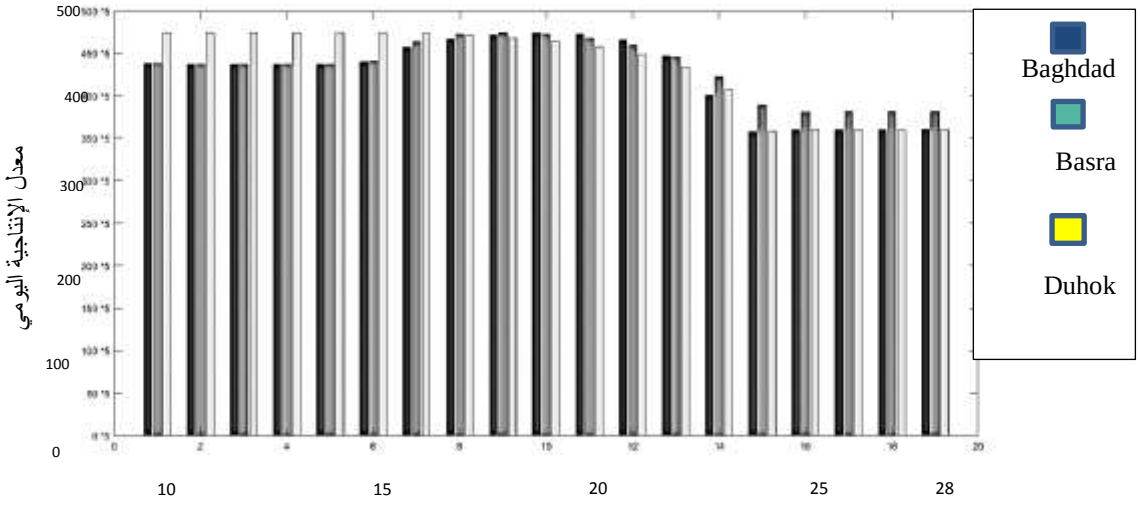

**شكل 11: الإنتاجية الاسبوعية المتوقعة للمقلعة**




**شكل 12: الإنتاجية الاسبوعية المتوقعة خباطة السمنت**




**شكل 13: الإنتاجية الاسبوعية المتوقعة للسيارة الحوضية**




تأريخ بدء العمل (رقم الأسبوع من السنة)

**شكل 14: الإنتاجية الاسبوعية المتوقعة للمقلعة في مناطق مختلفة من العراق**

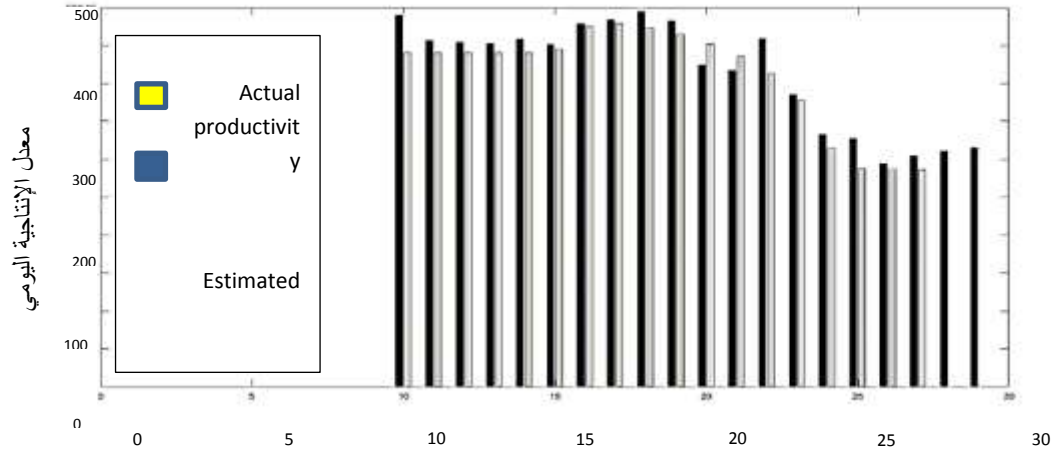
### 7.متابعة العمل باستخدام النموذج

النموذج المبني على التعلم من المعطيات له القدرة على متابعة العمل وتحدث نفسه حسب الإنتاجية الجديدة للمعدة. بعد البدء بالمشروع من الممكن استخدام المعطيات اليومية للإنتاجية واضافتها الى قاعدة التعلم للنموذج. واثناء ذلك يتم تعليم النموذج من جديد. وكنتيجة يقوم النموذج بتحديث نفسه ليكون موائما للآلية التي بني النموذج ليماثلها. ولبيان ذلك نفترض بان الإنتاجية الحقيقة اثناء العمل لم تكن كما توقعها النظام بل اقل بنسبة 10% مما اوضحنا سابقا. وسوف نستخدم هذه القيم لتعليم النظام يوميا بإضافتها كمعطيات جديدة لغاية الأسبوع العاشر من العمل.

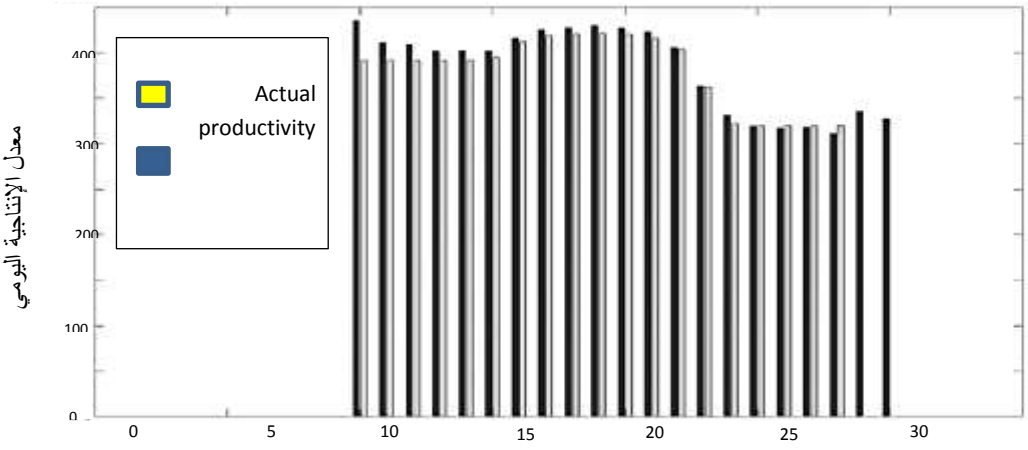
الشكل (15) يبين تخمين الإنتاجية لمعدة المجرفة. ونلاحظ من الشكل ان النظام بداء بقيمة بعيدة في الأسبوع الأول. وبعد عدة أسابيع تعلم النظام على المعطيات الجديدة بعد توفر كم مناسب من البيانات. كما نلاحظ ان النظام توقع الحاجة الى أسبوعين إضافيين لإكمال العمل. الشكل (16) يمثل إنتاجية المقلعة إذا كانت الإنتاجية الحقيقة اقل بنسبة 10% من المتوقع. النظام أيضا توقع الحاجة الى أسبوعين اخرين لإكمال المشروع. الشكل (17) يبين الإنتاجية للسيارة الحوضية.

### 8.التغيرات الانية وتأثيرها على التعلم

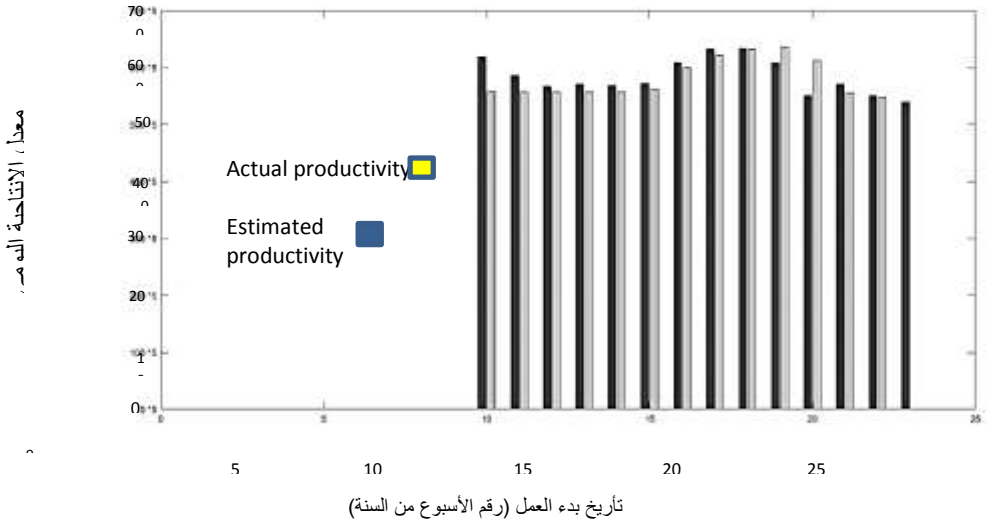
لبيان تأثير التغيرات الانية سوف نفرض تغير الإنتاجية في أسابيع معينة فقط ونبين تأثيرها على عملية التخمين للنموذج. لتكون هذه التأثيرات فعالة وخاصة ان التعلم يحتاج الى كمية من المعلومات فقد تم اخذ بالاعتبار ان تكون التغيرات على طول أسبوع كامل. لذلك تم زيادة الإنتاجية الحقيقة بنسبة 20% عن النسبة الحقيقة في الأسبوع الرابع وتوقع الإنتاجية الى الأسبوع العاشر ثم تم تقليل الإنتاجية الحقيقة بنسبة 20% وتوقع الإنتاجية الى نهاية العمل. من الشكل (18) نلاحظ ان المنظومة تستجيب للتغيرات الطفيفة ويكون التأثير الاكبر مباشرة في الأسبوع الذي يلي التغير. في حين نلاحظ ان الأسابيع المتبقية تتأثر قليلا بالتغيرات. هذا يدل ان المنظومة تتفاعل بشكل جيد مع التغيرات الانية حيث ان التأثير يكون انيا ولا يوثر في بقية التوقعات بشكل كبير.



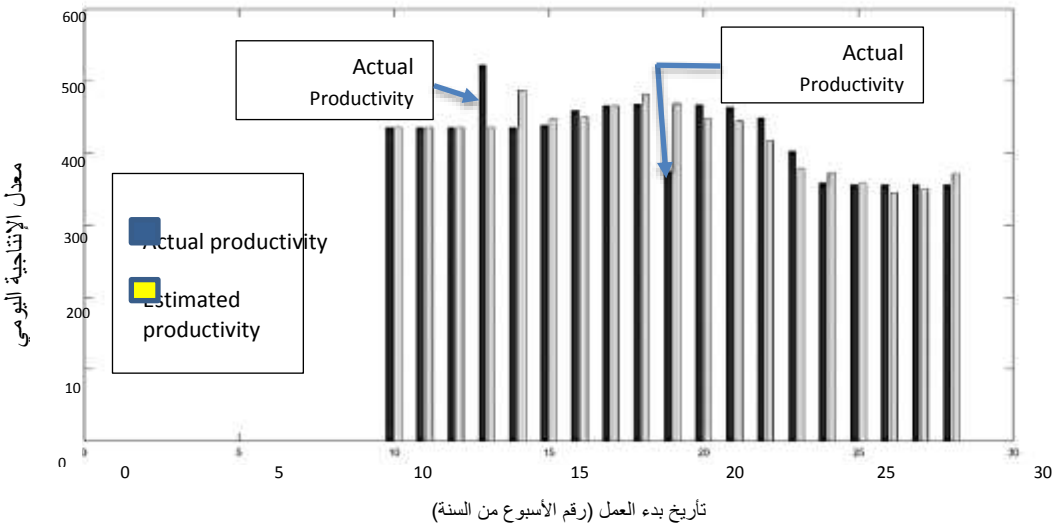

**شكل 15: إنتاجية المجرفة الحقيقة والمخمنة**




**شكل 16: إنتاجية المقلعة الحقيقة والمخمنة**




**شكل 17: إنتاجية السيارة الحوضية الحقيقة والمخمنة**




**شكل 18: تأثير التغيرات الآنية على الإنتاجية التخمينية للمقلعة**

## 9.الاستنتاجات

تخمين الإنتاجية لمعدات تبليط الطرق لها أهمية كبرى في التخطيط لأي مشروع. هنالك الكثير من العوامل التي توثر على إنتاجية الآلات. بعض العوامل لها تأثير كبير وبعضها يكون تأثيرها بشكل اقل. من اهم العوامل المؤثرة والتي تتغير مع فترة العمل هي موقع العمل، الطقس، وبعد موقع العمل عن المواد.

تم دراسة وتصميم نموذج يقوم بالأخذ بالاعتبار أنواع مختلفة من العوامل معتمدين على المنطق الضبابي والشبكات العصبية. استخدمت الشبكات العصبية لتمثيل الالية والحصول على الإنتاجية، في حيت تم الاعتماد على المنطق الضبابي في تخمين حالة الطقس اثناء مراحل مختلفة من المشروع. النموذج المستخدم مبني على معلومات محلية ولذلك تكون الإنتاجية المتوقعة قريبة لما يحصل في موقع العمل في العراق. وقد لوحظ ان حالة الطقس له تأثير كبير على إنتاجية الالية. نتيجة لارتفاع درجات الحرارة بشكل كبير في العراق في فصل الصيف مما يودي الى تقليل الإنتاجية بنسب مختلفة حسب نوع الالية.

## المصادر

[1] فائق خضير، هاجر، "تحديد الانتاجية القياسية لفرق عمل تبليط الطرق الإسفلتية للطبقات السطحية والأساس"، 2001.

[2] W.F. Chen, J.Y. Richard Liew “The Civil Engineering Handbook, Second Edition”, CRC Press 2002

[3] Rashidi, A. , Nejad , H. Rashidi “Productivity estimation of bulldozers using generalized linear mixed models”, KSCE Journal of Civil Engineering, 2014

[4] Anu V. Thomas, J. Sudhakumar “Critical Analysis of the Key Factors Affecting Construction Labour Productivity –An Indian Perspective” The International Journal of Construction Management ,2013

[5] G. Dreyfus “Neural Networks Methodology and Applications”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2005

[6] Stanford University Course, “CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition”, Available on: http://cs231n.github.io/neural-networks-1, Accessed: 22-03-2018

[7] Sivanandam S.N. , Sumathi S., Deepa S. N “Introduction to Fuzzy Logic using MATLAB” , Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.

[8] رائد سليم عبد علي، طارق عبدالمجيد خليل، شيلان حميد امين، " بناء نظام للتخمين الاولي لمعدات انشاء الطرق في مرحلة التصميم"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 34، الإصدار 13 ، 2016

[9] رائد سليم عبد علي، " بناء نظام حاسبي لحساب انتاجية مكائن اكساء الطرق"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 31 الإصدار 14، 2013

[10] Danladi Ali, Michael Yohanna, M.I. Puwu, B.M. Garkida, “Long-term load forecast modelling using a fuzzy logic approach”, Elsevier journals, Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering, Volume 18, Issue 2, 2016.

[11] Melin, P., Castillo, O., Ramírez, E.G., Pedrycz, W “Analysis and Design of Intelligent Systems Using Soft Computing Techniques”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2007.