

# **Determining of Compressive Strength of Concrete Based on Artificial Neural Networks**

**Dr. Ihssan Tarsha, Dr. H. Ali, & Eng. D. Alsalameh**  
(Al -Baath University, Faculty of Civil Engineering, Homs)

## **Abstract**

Compressive strength of concrete is the criterion that determines the validity of using concrete mix in engineering projects. Compressive strength of concrete depends on a lot of factors which don't have clear relationship, in addition that some of them are unclear and couldn't be measured. Therefore, finding method to estimate compressive strength of concrete specimen before the placement with acceptable accuracy is desirable, even if there is lack of some information like manner of placement or boundary conditions. This study presents first step to benefit of artificial neural network techniques which prove it's effective in a lot of applications in medical, engineering, financial...etc. We choose feed forward networks using back-propagation depending on weights and kinds of materials in the mix, and training the network with data of real experiments, and then test it. The results demonstrates that neural networks are effective in estimating the compressive strength of concrete based on the mix properties, and in learning even there is lack of some influenced factors.

*Keywords : Concrete Mix , Compressive Strength of Concrete , Artificial Neural Network , Artificial Intellect .*

# تحديد مقاومة البيتون على الضغط اعتماداً على الشبكات العصبونية الصناعية

د.م إحسان الطرشة<sup>1</sup>، د.م. حمزة علي<sup>2</sup>، م. دارين السلامة<sup>3</sup>  
(جامعة البعث، كلية الهندسة المدنية، قسم الهندسة الإنشائية)

## ملخص البحث :

تعتبر مقاومة البيتون على الضغط أهم المعايير التي تحدد صلاحية استخدام الخلطة البيتونية في المشاريع الهندسية على اختلاف وظائفها . وبما أن عدد العوامل المؤثرة على مقاومة البيتون على الضغط كثيرة ولا توجد علاقة واضحة بينها إضافة إلى أن بعضها غامض ولا يمكن قياس تأثيره ، لذا كان من المرغوب إيجاد طريقة لمعرفة مقاومة العينات البيتونية على الضغط قبل الصب وبدقة مقبولة حتى في حال نقص بعض المعلومات عن موقع العمل مثل طريقة الصب والشروط المحيطة . تقدم هذه الدراسة خطوة أولى للاستفادة من تقنية الشبكات العصبونية الصناعية التي أثبتت فعاليتها في كثير من التطبيقات الطبية والهندسية والإدارية [7] ، [8] ، والتي اخترنا منها الشبكات العصبونية الصناعية ذات التغذية الأمامية والتي تعتمد التراجع التدريجي للخطأ بالاعتماد على كمية ونوعية المواد الداخلة في تركيب الخلطة البيتونية ، وذلك بتدريب الشبكة على عينات لتجارب مخبرية منفذة بالفعل ، وقد تم الحصول على نتائج بينت فعالية الشبكات العصبونية الصناعية في تقدير مقاومة البيتون على الضغط بالاعتماد على نسب مكونات الخلطة وأثبتت قدرتها على التعلم حتى في حال نقص معلومات عن بعض العوامل المؤثرة .

الكلمات المفتاحية : الخلطة البيتونية ، مقاومة البيتون على الضغط ، الشبكات العصبونية الصناعية ، الذكاء الصناعي .

<sup>1</sup> أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية ، كلية الهندسة المدنية،جامعة البعث .

<sup>2</sup> أستاذ مساعد في قسم هندسة الإدارة والإنشاء،كلية الهندسة المدنية ،جامعة البعث .

<sup>3</sup> طالبة دراسات عليا،كلية الهندسة المدنية ، جامعة البعث .

## 1- مقدمة .

يعتبر البيتون مادة الإنشاء الرئيسية لمعظم المباني والمشاريع الهندسية في سورية رغم دخول المعدن إلى البناء . ويتألف البيتون عادةً من عدة مكونات هي الاسمنت ، الماء ، الحصىات الناعمة والحصىات الخشنة [4] . ويتم اعتماد مقاومة البيتون على الضغط كمعيار أساسي لنجاح تصميم الخلطة البيتونية أو فشلها . باعتبار أن مقاومة البيتون على الضغط عشرة أضعاف مقاومته على الشد [3] ، لذا فإن الهدف من استخدام البيتون في المشاريع هو الاستفادة من خاصية مقاومته المميزة على الضغط والتي يتم تحديدها تجريبياً باختبار عينات اسطوانية على عمر 28 يوم . تقدم الدراسة تطبيقاً للشبكات العصبونية الصناعية (*Artificial Neural Networks*) (*ANN*) ، لتقدير مقاومة البيتون على الضغط حيث تم أخذ عينات التدريب والاختبار للشبكة من أرشيف تجارب مخبرية تم إجراؤها سابقاً ، ثم تمت مقارنة نتائج عينات الاختبار الناتجة عن الشبكة مع النتائج المخبرية الحقيقية من جهة وبين القيم المحسوبة بطريقة نظرية من جهة ثانية وقد ظهر تطابقاً كبيراً بين النتائج أثبتت فعالية الشبكات العصبونية الصناعية في تقدير مقاومة البيتون على الضغط على الرغم من تعقيد وعدم اكتمال معلومات العينات المتوفرة ، أي أنه يمكن استخدام الشبكة المدربة من قبل مصمم الخلطات البيتونية لتقدير مقاومة البيتون ولتحسينها إذا لزم الأمر عن طريق تعديل نسب المواد الداخلة في تركيب الخلطة .

## 2- أهمية البحث وأهدافه .

تكمن أهمية البحث في تعدد العوامل المؤثرة على مقاومة الخلطة البيتونية على الضغط وفي أهمية تحديد هذه المقاومة لتقرير إن كانت الخلطة البيتونية صالحة لصب المشاريع المحددة حسب نوعها أم لا . يقدم هذا البحث تقنية جديدة لتقدير مقاومة البيتون على الضغط عن طريق تدريب شبكة عصبونية صناعية باستخدام مجموعة عينات من التجارب المخبرية التي تم إجراؤها سابقاً ذات الموثوقية ، ولغرض الموثوقية تم أخذ عينات من مخابر الجامعات تم تصميمها و اختبارها من قبل السادة الدكاترة .

ويمكن تلخيص أهداف البحث بالنقاط التالية :

1- بناء و تصميم شبكة عصبونية صناعية لتقدير مقاومة البيتون على الضغط استناداً إلى عدد معين من بيانات التجارب المخبرية التي تستخدم أكبر قدر ممكن من العوامل المؤثرة على مقاومة البيتون على الضغط و التي تم تصميمها وكسرها من قبل السادة الدكاترة في مخابر كليات الهندسة المدنية في جامعة البعث وجامعة دمشق .

2- تدريب شبكة عصبونية صناعية باستخدام عينات التجارب التي تم جمعها .

3- اختبار الشبكة العصبونية على عينات تجارب لم تستخدم في مرحلة التدريب .

4- تحديد الشبكة العصبونية الصناعية المثلى وهي التي ينتج عنها أصغر خطأ .

5- مقارنة نتائج عينات الاختبار التي تم الحصول عليها من قبل الشبكة مع النتائج الحقيقية .

6- مقارنة نتائج عينات الاختبار التي تم الحصول عليها من قبل الشبكة مع النتائج المحسوبة بطريقة بولومي النظرية .

3- لمحة عن الشبكات العصبونية الصناعية ( ANN ) .

3-1- تقنية الشبكات العصبونية الصناعية .

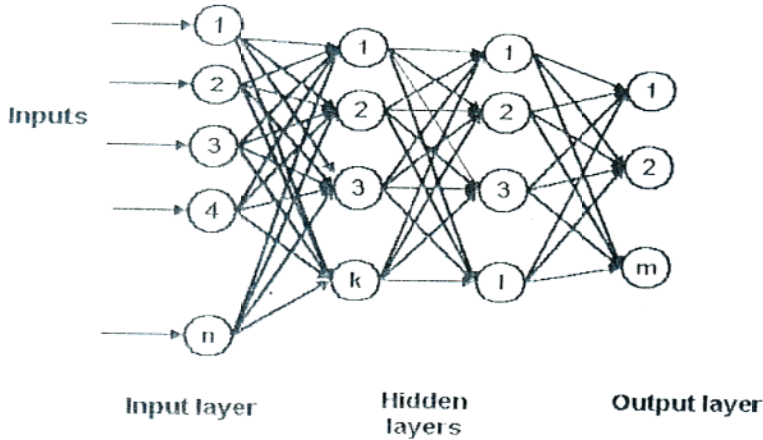
إن تقنية الشبكات العصبونية الصناعية هي محاكاة لعمل الشبكات العصبونية الحية الموجودة في الدماغ البشري [6].

وقد تم استخدامها بنجاح على نماذج متعددة وبتطبيقات كثيرة في مجال الصناعة والطب والتنبؤات المالية وفي الهندسة المدنية تم استخدامها لتقدير الكلفة والانتاجية للمشاريع المائية . لا بد من التنويه بأن الشبكات العصبونية الصناعية لا تبرمج بل إنها تقوم بالتعلم.

تتألف الشبكات العصبونية ، كما هو موضح في الشكل (1) ، من وحدات معالجة بسيطة تدعى العصبونات مع ارتباطات كثيرة بينها موزعة في عدة طبقات [5] :

- 1- طبقة الدخل ( *Input Layer* ) : تحوي عدد من العصبونات مساوٍ لعدد العوامل المدروسة وهي لا تقوم بأية عملية معالجة فهي مكان تغذية الشبكة بشعاع البيانات وهي التي تقوم بنقل المعلومات إلى الطبقة الخفية.
- 2- طبقة الخرج ( *output Layer* ) : تحوي عدد من العصبونات مساوٍ لعدد القيم التي نريد الحصول عليها أو تحديدها .
- 3- الطبقات الخفية ( *Hidden Layer* ) : وهي التي تغذي طبقة الخرج موجودة بين الطبقتين الأولى و الأخيرة ويختلف عددها وعدد العصبونات التي تؤلفها بحسب نوع المسألة المدروسة ، ويتم تحديد هذه الأعداد عن طريق التجريب والمحاولة والخطأ حتى الحصول على الشبكة الأمثلية .  
ونميز بين نوعين من الشبكات العصبونية الصناعية وفقاً لعدد الطبقات الخفية داخلها :

- 1- الشبكات العصبونية الصناعية ذات الطبقة الواحدة : وهي التي تتألف من طبقة الدخل و طبقة الخرج فقط .
- 2- الشبكات العصبونية متعددة الطبقات : وهي التي تتألف من طبقة الدخل وطبقة الخرج وتحوي طبقة أو أكثر من الطبقات الخفية .



الشكل (1) : النموذج العام للشبكات العصبونية الصناعية متعددة الطبقات

### 3-2- آلية عمل الشبكات العصبونية الصناعية .

يتم معالجة العوامل التي تم إدخالها إلى طبقة الدخل داخلياً في الشبكة وتعديلها بضربها بأرقام تسمى الأوزان التي تغيرها الشبكة أثناء التدريب ثم يتم نقلها ومعالجتها ثانية عبر الطبقات الخفية ليتم نقلها إلى طبقة الخرج وهكذا حتى يتم الحصول على قيم من طبقة الخرج مماثلة للنتائج المخبرية بتقريب مقبول .

#### 4- جمع العينات .

##### 4-1- مصادر العينات .

تم جمع البيانات من مصدرين :

- 1- أرشيف مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية في جامعة البعث .
- 2- أرشيف مخبر البيتون في كلية الهندسة المدنية في جامعة دمشق .

##### 4-2- العوامل المؤثرة المدروسة .

تم تحديد العوامل التي تؤثر على مقاومة البيتون على الضغط والتي سيتم أخذها بعين الاعتبار في هذا البحث على أنها :

- 1- عيار الاسمنت  $Kg/m^3$  (C) .
- 2- نوع الاسمنت ( $K_C$ ) تأخذ أنواع الاسمنت القيم العددية التالية أثناء المعالجة كما هو مبين بالجدول (1) :

تم اختيار الرقم "1" ليبدل على نوع الاسمنت البورتلاندي العادي : وهو الاسمنت المناسب للاستعمال في معظم أعمال البيتون ولا يتطلب شروط تنفيذ خاصة كسرعة التماسك ، أو سرعة تصلد عالية ، أو مقاومة للمحاليل الكبريتية .

كما تم اختيار الرقم "2" ليبدل على نوع الاسمنت البورتلاندي المقاوم للكبريتات : وهو الاسمنت المناسب للاستعمال في أعمال البيتون في مناطق المياه الجوفية السطحية الحاوية على المركبات الكبريتية حيث له مقاومة عالية للكبريتات إضافة لخواص الاسمنت البورتلاندي العادي وهو مشابه له بالتركيب في بعض التعديلات

بنسب المواد الداخلة في تركيبه . وتم اختيار الرقم "3" اسمنت لبناني / ماركة السبع / .

3- وزن البحص الفولي  $Kg/m^3$  ( $G_1$ ) : تدرجه الحبي ( 20 - 4.75 ) مم .

4- وزن البحص العدسي  $Kg/m^3$  ( $G_2$ ) : تدرجه الحبي ( 12.5 - 2.5 ) مم .

5- وزن الزرادة  $Kg/m^3$  ( $S_1$ ) : تدرجه الحبي ( 12.5 - 0 ) , مكافئه الرملية ( 80 % - 70 % ) .

6- وزن الرمل  $Kg/m^3$  ( $S_2$ ) : تدرجه الحبي ( 1.2 - 0 ) مم .

7- نسبة الماء/الاسمنت ( $W/C$ ) .

8- هبوط مخروط ابرامز  $cm$  ( $S_L$ ) .

9- نوع الرمل ( $K_S$ ) : حسب مصدره تأخذ أنواع الرمل حسب مصدره القيم العددية التالية أثناء المعالجة :

0 : لا يوجد رمل في الخلطة .

1 : رمل بيرودي : يتراوح مكافئه الرملية 55 % - 50.6 % .

2 : رمل قرواني : يتراوح مكافئه الرملية 65 % - 50 % .

3 : رمل نبكي : يتراوح مكافئه الرملية 65 % - 50 % .

4 : رمل تدمري : مكافئه الرملية 55 % - 45 % .

• جودة الإسمنت لكافة العينات (ماركة الاسمنت)  $400 Kg/m^3$  .

• ماء الجبل هو الماء الصالح للشرب .

علماً أن هناك عوامل أخرى تؤثر على مقاومة البيتون على الضغط مثل :

درجة الحرارة - الصقيع - الإضافات ... الخ ، لكن لم نتمكن من أخذها بعين الاعتبار لعدم توفر تجارب كافية لأخذ معلومات التدريب .

وبيين الجدول (1) عينات الخلطات البيتونية المستخدمة في تدريب النموذج الشبكي

العصبوني [1] ، [2] مع ملاحظة أن :

• الأوزان هي أوزان المواد مأخوذة في  $1m^3$  من الخلطة البيتونية .

• تصنيف المناخل في البنود 3-4-5-6 تم حسب المواصفات البريطانية .

جدول (1) : العينات المدروسة بعد معالجتها .

$i$	$C$	$K_C$	$G_1$	$G_2$	$S_1$	$S_2$	$w/C$	$S_L$	$K_S$	$F'_C$
1	350	2	1080	0	585	280	0.63	6.5	1	24.5
2	400	2	1060	0	570	270	0.57	9	1	24
3	350	1	485	485	580	375	0.68	14	3	21.8
4	350	1	970	0	580	375	0.61	9	3	22.6
5	350	1	550	550	590	285	0.72	13	2	17
6	350	1	535	535	580	280	0.67	13	2	17.5
7	350	3	585	585	405	355	0.6	13	2	27
8	325	3	595	595	408	357	0.62	13	2	23
9	300	3	600	600	310	360	0.65	13	2	19.7
10	350	1	600	600	325	300	0.65	9.5	1	21.1
11	400	1	580	550	750	0	0.6	9.5	0	21.1
12	400	1	566	374	712	222	0.58	11	2	32.1
13	350	1	576	380	726	227	0.63	10.5	2	28.4
14	350	1	603	586	0	645	0.65	8	2	19.8
15	350	1	1185	0	413	302	0.69	15	2	20
16	350	1	418	626	502	210	0.45	1	2	33.7.
17	350	1	0	1128	417	210	0.45	1	2	31.1
18	350	1	1243	640	0	0	0.55	7	0	28.8
19	350	1	626	1253	0	0	0.68	7	0	13.3
20	350	1	828	0	862	94	0.7	8	3	22.1
21	350	1	551	0	1129	293	0.625	10	1	21.9
22	350	1	851	0	843	179	0.67	8	2	23.5
23	350	1	956	0	781	184	0.74	8	2	25
24	350	1	622	529	627	0	0.7	14	0	21.5
25	350	1	884	265	573	147	0.67	13	2	21.3



جدول (1) - تتمة -										
$i$	$C$	$K_C$	$G_1$	$G_2$	$S_1$	$S_2$	$w/C$	$S_L$	$K_S$	$F'_C$
26	350	1	996	411	0	408	0.59	9	4	27.5
27	350	1	814	704	0	332	0.57	8	3	24
28	350	1	1113	0	568	153	0.65	13	2	17.1
29	350	1	465	311	52	288	0.66	14	2	21.5
30	350	1	555	554	519	221	0.51	15	2	22.3
31	350	1	820	0	990	0	0.67	15	0	25.1
32	500	1	488	488	651	0	0.53	12	0	31.4
33	400	1	393	393	961	0	0.67	13	0	29.6
34	350	1	408	408	998	0	0.73	12	0	27.2
35	250	1	435	435	1055	0	1	13	0	16.6
36	350	1	685	500	665	0	0.53	9.8	0	26.7
37	350	1	685	500	665	0	0.49	5	0	21.75
38	325	1	937	281	469	188	0.62	9.2	2	28.7
39	175	1	742	494	370	453	0.66	7	2	11.1
40	200	1	727	485	364	444	0.65	7	2	14.3
41	350	1	950	0	650	320	0.64	9	2	20.4
42	200	1	485	675	380	370	1.11	15	2	12
43	350	1	470	660	410	325	0.63	15	2	22
44	400	1	460	660	400	320	0.55	15	2	25

5- بناء الشبكة العصبونية الصناعية المناسبة .

5-1- تدريب الشبكة العصبونية الصناعية .

إن عملية تحديد الشبكة العصبونية الصناعية المثلى هي عملية شاقة و تتطلب جهداً كبيراً لأننا نحتاج لتحديد كثير من العوامل عن طريق المحاولة والخطأ وهذه العوامل هي:

1- عدد الطبقات الخفية .

2- معدل التعلم لكل طبقة خفية : يأخذ قيم عددية بين 0-1 وله تأثير في عملية تعلم الشبكة العصبونية.

3- عدد العصبونات في كل طبقة خفية .

4- تابع التفعيل لكل طبقة : وهو أحد التوابع الرياضية يتم اختياره حسب نوع المسألة المدروسة [5] .

أما أوزان الارتباط ( *Connection weights* ) يتم تغييرها تلقائياً من الشبكة خلال عملية التدريب بالاستعانة بقيمة معدل التعلم المختارة .

في هذا البحث تم الاستعانة ببرنامج **Brainmaker** [9] ، وتم استخدام شبكة عصبونية صناعية متعددة الطبقات ( *Multi Layer Artificial Neural Networks* ) ، أمامية التغذية ( *Feedforword Networks* ) ، تعتمد طريقة التدرج التراجعي للخطأ ( *pack propagation* ) وتتألف من :

- طبقة الدخل : طبقة واحدة تتألف من (9) عصبونات بعدد العوامل المأخوذة المؤثرة على مقاومة البيتون على الضغط وهي ( وزن الاسمنت - نوع الاسمنت - وزن البحص الفولي - وزن البحص العدسي - وزن الزرادة - وزن الرمل - نسبة الماء/الاسمنت - هبوط مخروط ابرامز - نوع الرمل ) حيث أن الأوزان مأخوذة في  $1m^3$  من الخلطة البيتونية .
- طبقة الخرج : طبقة واحدة تتألف من عصبون واحد يمثل مقاومة البيتون على الضغط  $F'_c$  .
- الطبقة الخفية : تم ابتداء التجريب ، كمرحلة أولى ، بطبقة خفية واحدة وبعدها وحدات معالجة (عصبونات) يتزايد من 8 وحدات إلى 38 وحدة .

وتم زيادة معدل التعلم من 0.1 - 1 بخطوة مقدارها 0.1 . ويبين الجدول (2) نتائج تدريب الشبكة بطبقة خفية واحدة ، ويتضح من نتائج التدريب أن الشبكة العصبونية المثلى بطبقة خفية واحدة هي التي تحوي 34 عصبون وبمعدل تعلم 0.9 حيث بلغ خطأ متوسط التربيع مقداره  $MSE = 0.00147$  .

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{N}$$

حيث أن :

$i$  - رقم النموذج .

$N$  - عدد العينات المختبرة .

$O_i$  - قيمة مقاومة البيتون الناتجة عن الشبكة للينة  $i$  .

$p_i$  - قيمة مقاومة البيتون الاسطوانية المتوسطة الناتجة عن كسر العينات في المخبر للينة  $i$  .

جدول (2) : نتائج التدريب بطبقة خفية واحدة .

MSE %										
1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	معدل التعلم هيكلية الشبكة
0.18	0.19	0.2	0.4	0.27	0.77	0.76	1.09	1.47	1.77	9-8-1
0.2	0.18	0.23	0.26	0.25	0.776	0.62	1.14	1.46	1.8	9-10-1
0.208	0.207	0.23	0.36	0.29	0.53	0.7	1.04	1.44	1.8	9-12-1
0.17	0.217	0.267	0.254	0.268	0.584	0.648	1.01	1.44	1.79	9-14-1
0.187	0.19	0.272	0.255	0.359	0.605	0.762	1.07	1.47	1.83	9-16-1
0.181	0.181	0.217	0.257	0.356	0.629	0.634	0.988	1.454	1.793	9-18-1
0.178	0.183	0.239	0.264	0.294	0.618	0.65	1.024	1.484	1.823	9-20-1
0.215	0.179	0.212	0.252	0.332	0.661	0.645	1.053	1.369	1.761	9-22-1
0.173	0.162	0.217	0.258	0.279	0.56	0.57	1.036	1.484	1.833	9-24-1
0.154	0.165	0.21	0.203	0.303	0.51	0.681	0.876	1.454	1.804	9-26-1

جدول (2) - تنمة -										
MSE %										
1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	معدل التعلم هيكلية الشبكة
0.17	0.2	0.17	0.213	0.303	0.906	0.624	1.08	1.467	1.82	9-28-1
0.148	0.161	0.206	0.307	0.256	0.819	0.854	0.933	1.535	1.804	9-30-1
0.191	0.192	0.212	0.26	0.258	0.728	0.588	0.908	1.484	1.814	9-32-1
0.157	0.147	0.176	0.182	0.245	0.543	0.582	1.134	1.462	1.764	9-34-1
0.182	0.15	0.203	0.228	0.269	0.572	0.723	0.986	1.454	1.844	9-36-1
0.169	0.169	0.223	0.276	0.232	0.425	0.554	1.088	1.39	1.793	9-38-1

حيث يقصد بـ 9-8-1 المدرجة في الجدول (2) ، أي شبكة عصبونية متعددة الطبقات تحوي طبقة خفية واحدة مؤلفة من 9 عصبونات في طبقة الدخل ، و 8 عصبونات في الطبقة الخفية ، وعصبون واحد في طبقة الخرج .

ويقصد بـ 9-10-1 أي شبكة عصبونية متعددة الطبقات تحوي طبقة خفية واحدة مؤلفة من 9 عصبونات في طبقة الدخل ، و 10 عصبونات في الطبقة الخفية ، وعصبون واحد في طبقة الخرج ، وهكذا ...

تم زيادة عدد الطبقات الخفية إلى طبقتين خفيتين، كمرحلة ثانية ، وبنفس الخطوات السابقة باعتماد عدد وحدات الطبقة الأولى 34 وحدة ومعدل تعلم 0.9 ثم التجريب بزيادة عدد وحدات الطبقة الخفية الثانية من 10 طبقات إلى 24 طبقة وبزيادة معدل التعلم للطبقة الثانية من 0.1 - 1 بخطوة 0.1 . ويبين الجدول (3) نتائج تدريب الشبكة

العصبونية بطبقتين خفيتين ، ويتضح من نتائج التدريب أن أصغر قيمة ممكنة للخطأ متوسط التربيع أمكن الوصول إليها :  $MSE = 0.0001$  .  
جدول (3) : نتائج التدريب بطبقتين خفيتين .

$MSE \%$										
1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	معدل التعلم هيكلية الشبكة
0.045	0.091	0.367	0.301	0.154	0.096	0.097	0.094	0.164	0.089	9-34-10-1
0.045	0.04	0.056	0.048	0.139	0.0358	0.065	0.049	0.072	0.044	9-34-12-1
0.145	0.161	0.256	0.209	0.284	0.332	0.176	0.223	0.284	0.43	9-34-14-1
0.045	0.054	0.095	0.048	0.083	0.526	0.048	0.084	0.086	0.064	9-34-16-1
0.051	0.01	0.052	0.035	0.038	0.057	0.045	0.07	0.066	0.055	9-34-18-1
0.112	0.12	0.082	0.111	0.06	0.145	0.109	0.181	0.321	0.388	9-34-20-1
0.046	0.04	0.051	0.044	0.035	0.063	0.058	0.07	0.05	0.081	9-34-22-1
0.04	0.065	0.044	0.04	0.055	0.039	0.041	0.052	0.051	0.098	9-34-24-1

وكانت الشبكة العصبونية المثلى التي تم اعتمادها تتألف من :

- طبقة دخل : تحوي 9 عصبونات .
  - طبقتين خفيتين : تحوي الأولى 34 عصبون ، معدل التعلم لها 0.9 .  
تحوي الثانية 18 عصبون ، معدل التعلم لها 0.9 .
  - طبقة خرج : تحوي عصبون واحد ، معدل التعلم لهذه الطبقة 0.1 .
- وقد أعطت خطأ متوسط للعينات مقداره 0.007 ، وكان الخطأ متوسط التربيع  $MSE = 0.0001$  .

## 5-2- اختبار الشبكة العصبونية الصناعية .

بعد تحديد بنية الشبكة العصبونية الصناعية المثلى لدراستنا الموافقة للخطأ الأصغري ، تم القيام بعملية التحقق من الشبكة عن طريق تزويدها بخمس عشرة عينة خلطة بيتونية جديدة لم تتدرب عليها الشبكة من قبل ، وأعطت الشبكة قيماً لمقاومة البيتون على الضغط لهذه العينات موضحة في الجدول (3) .

تمت مقارنة قيم مقاومة البيتون على الضغط الناتجة عن كسر العينات مع نظيراتها التي قامت الشبكة بتحديددها ونشير هنا إلى التقارب الكبير بين تلك القيم كما هو موضح في عمود الخطأ النسبي في الجدول (3) .

كما يبين الجدول (3) قيم مقاومة البيتون على الضغط للعينات المختبرة المحسوبة بطريقة بولومي النظرية [3] ، التي تعطي مقاومة البيتون على الضغط بالعلاقة :

$$f_c = A \cdot R_c \cdot \left( \frac{C}{W + V_v} - 0.5 \right)$$

حيث أن :

$f_c$  - مقاومة البيتون الاسطوانية المتوسطة على الضغط .

$A$  - ثابت يتعلق بنوع الاسمنت وجودة المواد الحصوية وقوام البيتون . يتراوح بين 0.4-0.65 .

$R_c$  - جودة الاسمنت (ماركة الاسمنت) وتقدر بوحدة إجهاد .

$C$  - عيار الاسمنت .

$W$  - حجم الماء في  $1m^3$  من البيتون .

$V_v$  - حجم الفراغات في  $1m^3$  من البيتون ويؤخذ (0) في حالة البيتون المرجوح .

ثم تمت مقارنة قيم مقاومة البيتون على الضغط المحسوبة نظرياً بعلاقة بولومي مع نظيراتها التي قامت الشبكة بتحديددها ونشير إلى التقارب الكبير بين تلك القيم ، المخطط (3) .

جدول (3) : عينات الاختبار والنتائج .

$i$	$C$	$K_C$	$G_1$	$G_2$	$S_1$	$S_2$	$W/C$	$S_L$	$K_S$	$P_i$	$O_i$	الخطأ النسبي %	$f_c$
1	250	3	500	455	415	375	0.72	13	2	18.5	18.495	0.027	18.489
2	400	1	704	1230	679	203	0.67	8	2	21.3	21.651	1.646	20.645
3	200	1	315	445	1200	0	1.05	15	0	10.8	11.344	5.04	11.219
4	350	1	900	500	300	0	0.6	3	0	28	27.511	1.75	28
5	350	1	685	365	665	0	0.48	2.45	0	24.75	24.007	3	25.3
6	350	1	680	465	620	0	0.53	5	0	22.2	22.026	0.78	22.189
7	400	1	570	570	480	225	0.58	15	2	22	22.418	0.019	22.5
8	400	3	575	575	395	345	0.52	13	2	30.6	32.98	7.77	31.308
9	350	1	380	380	316	590	0.63	13.5	2	22.9	23.102	0.88	23
10	350	1	800	1000	0	0	0.67	7	0	19	17.502	7.88	18.26
11	350	1	958	0	671	222	0.63	10	3	21.5	22.109	2.83	21.75
12	350	1	525	503	678	132	0.675	10	2	25.7	25.569	0.51	25.5
13	450	1	380	380	930	0	0.54	12	0	34	33.102	2.33	33.526
14	300	1	503	416	900	0	0.75	9	0	20.8	21.97	5.625	21.667
15	300	1	475	665	375	360	0.72	15	2	16.5	17.077	3.5	16.7

6- مناقشة النتائج :

بالعودة إلى النتائج الموضحة في الجدول (3) تم رسم :

- المخطط (1) الذي يبين العلاقة بين العينات المستخدمة في التدريب وقيم

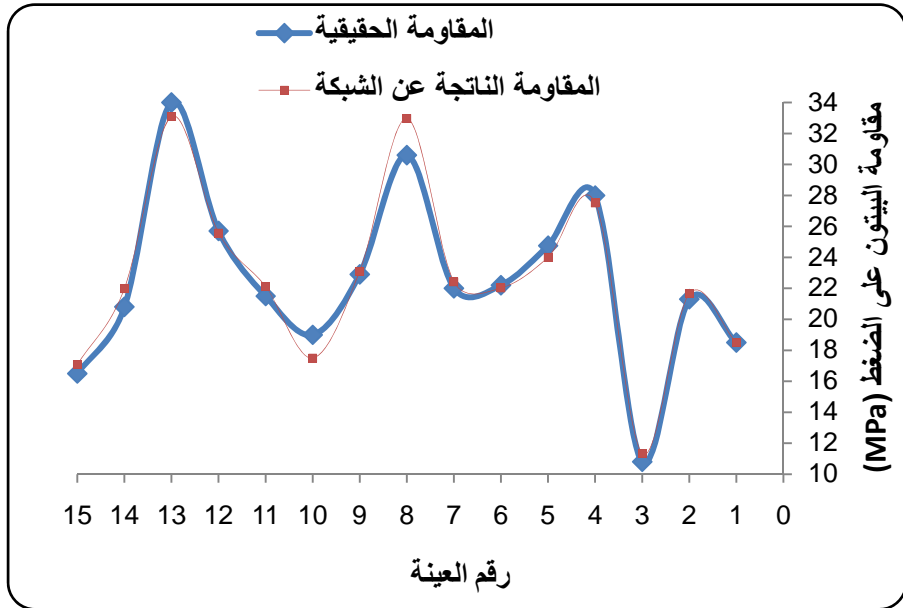
مقاومة البيتون للعينات في الحالتين:

1. قيم مقاومة البيتون للعينات المدروسة التي أعطتها الشبكة ( $O_i$ ).
2. قيم مقاومة البيتون الاسطوانية المتوسطة للعينات المدروسة التي تم الحصول عليها من المخبر ( $p_i$ ).

- المخطط (2) الذي يبين العلاقة بين العينات المستخدمة في التدريب و قيمة الخطأ النسبي بين قيم مقاومة البيتون على الضغط الناتجة عن كسر العينات مع نظيراتها التي قامت الشبكة بتحديددها .

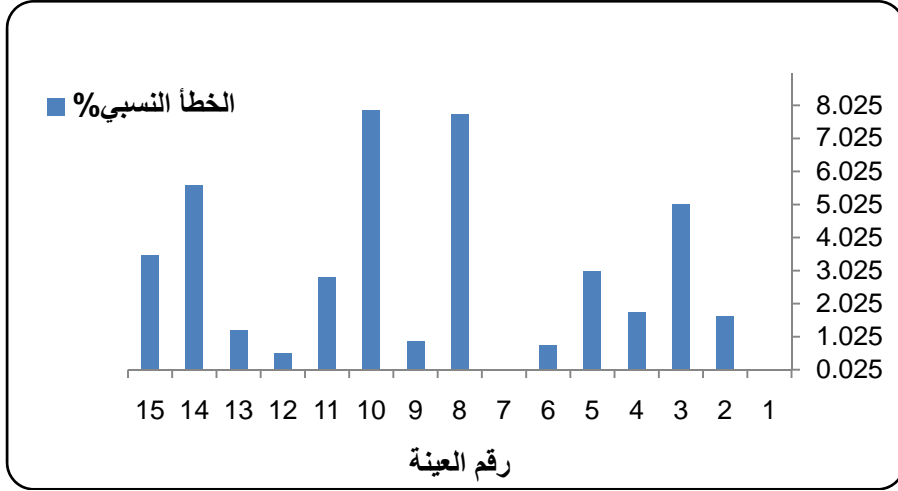
ويمكن ملاحظة أن أكبر قيمة للخطأ النسبي % 7.88 ، وأصغر قيمة لهذا الخطأ % 0.019 أي بمتوسط للخطأ النسبي لكل العينات المختبرة مقداره % 2.928 مما يدل على فعالية الشبكة العصبونية الصناعية التي تم تطويرها في هذا البحث ، وعلى إمكانية استخدام هذه الشبكة بدقة مقبولة في المخابر الهندسية ومن قبل مصممي الخلطات كأداة مساعدة في تحديد مقاومة البيتون على الضغط .

- المخطط (3) الذي يبين العلاقة بين قيم مقاومة البيتون للعينات المدروسة التي أعطتها الشبكة ( $O_i$ ) و قيم مقاومة البيتون لهذه العينات التي نتجت عن الحساب بطريقة بولومي النظرية ( $f_c$ )

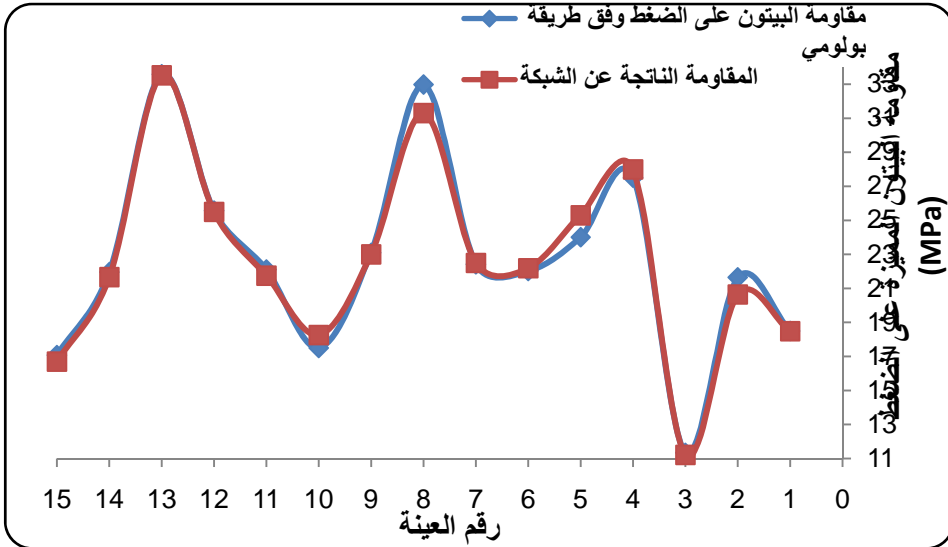


- المخطط (1) : المقاومة الحقيقية والمقاومة الناتجة عن الشبكة .





المخطط (2) : الخطأ النسبي للمقاومة الحقيقية والمقاومة الناتجة عن الشبكة .



المخطط (3) : المقاومة المحسوبة نظرياً بطريقة بولومي والمقاومة الناتجة عن الشبكة .

## 7- النتائج والتوصيات .

### 7-1- نتائج البحث .

1. تم باستخدام الشبكات العصبونية الصناعية حل أحد المسائل الهندسية وهي مسألة التنبؤ بمقاومة البيتون على الضغط عن طريق تدريبها بواسطة عينات تجارب مخبرية تم إجراؤها سابقاً عن طريق المحاولة والخطأ ، ومن ثم اختبارها للتأكد من مدى فعاليتها وحصلنا على نتيجة إيجابية و منطقية.
2. تم بناء وتصميم شبكة عصبونية شبه مثلى تتألف من :
  - طبقة دخل : تحوي 9 عصبونات .
  - طبقتين خفيتين : تحوي الأولى 34 عصبون ، معدل التعلم لها 0.9 .
  - تحوي الثانية 18 عصبون ، معدل التعلم لها 0.9 .
  - طبقة خرج : تحوي عصبون واحد ، معدل التعلم لهذه الطبقة 0.1 .
3. بلغ متوسط الخطأ التربيعي في الشبكة العصبونية المثلى التي تم تطويرها  $MSE = 0.0001$  .
4. بلغ متوسط الخطأ النسبي لعينات الاختبار % 2.928 .
5. تم حساب قيم مقاومة البيتون المميزة على الضغط بطريقة بولومي النظرية ، وقد أظهرت توافقاً كبيراً مع نظيراتها من القيم التي قامت الشبكة العصبونية الصناعية المطورة في هذا البحث بتحديددها ، الجدول (3) ، المخطط (3) .
6. يمكن استخدام الشبكة العصبونية المطورة بدقة مقبولة في تقدير مقاومة البيتون على الضغط في المجالات الهندسية البحثية المختلفة بالإضافة إلى المشاريع الهندسية العملية .

### 7-2- التوصيات .

1. نظراً إلى كثرة العوامل التي تؤثر على مقاومة البيتون على الضغط ، فإن توسيع مجال الدراسة وإدخال عوامل إضافية نذكر منها الإضافات المستخدمة حديثاً سيكون له أهميته في الوصول إلى نتائج أكثر دقة وواقعية .

2. إن دقة النتائج الممكن الحصول عليها من الشبكة تزداد بازدياد العينات المستخدمة ، أي يمكن اعتبار النموذج المطور في هذا البحث بمثابة دماغ إلكتروني صغير يمكن أن تزداد خبرته و دقته بازدياد عدد العينات وصولاً إلى الشكل الأقرب للأمتل ، لذلك تعتبر عملية تغذية الشبكة العصبونية المطورة في هذا البحث عمل متواصل ودائم .

3. تم الاستعانة في بناء و تطوير الشبكة العصبونية الصناعية في هذا البحث ببرنامج **Brainmaker** الذي يعتبر من أهم البرامج التي تعتمد على الذكاء الصناعي ، علماً أن هناك عدد كبير من البرامج المتوفرة على شبكة الانترنت التي تم تجريب أغلبها قبل استخدام هذا البرنامج ولم يتم التمكن من الحصول على نتيجة مرضية منها لعدم وثوقيتها ، ودمغها عادةً بنسخة تجريبية من قبل المصمم ، لذا يفضل عدم إضاعة الوقت في تجريب هذه البرامج في أبحاث مستقبلية مالم يتم شراؤها من مصدرها بشكل آمن و موثوق .

4. محاولة الاستعانة بإحدى لغات البرمجة لاستخلاص الشبكة المطورة المثلى لتكون برنامجاً مستقلاً بحد ذاته يساعد مصمم الخلطات البيتونية في تصميم الخلطات والحصول على المقاومة المرغوبة ، وذلك بعد لحظ كافة العوامل المؤثرة على مقاومة البيتون على الضغط واستخدام عدد كبير جداً من عينات التدريب المختبرة .

## References

- 1- أرشيف مخبر مواد البناء ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة البعث .
- 2- أرشيف مخبر البيتون ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة دمشق .
- 3- دم ابراهيم عطية ، دم ساطع بدوي 1998 "البيتون المسلح (تكنولوجيا البيتون) وتنفيذ أعمال البيتون المسلح " منشورات جامعة دمشق .
- 4- دم بسام مخائيل حنا 2000 "الدليل العلمي لمواد البناء" منشورات جامعة البعث .
- 5- عيسى علام زكي 2000 " الشبكات العصبية ، البنية الهندسية ، الخوارزميات ، التطبيقات " دار شعاع .
- 6- Flood . I , Kartam . N , 1994, " NEURAL NETWORKS IN CIVIL ENGINEERING ; PRINCIPLES AND UNDERSTANDING " , Associate Members , ASCE .
- 7- Flood . I , Kartam . N , 1994, " NEURAL NETWORKS IN CIVIL ENGINEERING , "NEURAL NETWORKS IN CIVIL ENGINEERING ;SYSTEMS AND APPLICATION " , Associate Members , ASCE .
- 8- Mansour . M.Y , Dicleli . M , Lee . J.Y , Zhang . J , 2004, " Predicting the shear strength of reinforced concrete beams using artificial neural networks " .
- 9- Brain Maker Professional , Manual of Brain Maker Software , California Scientific .