

"نمذجة العوامل المؤثرة على مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير المسلحة قصياً والمُدعّمة بالألياف الفولاذية باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية"

أ.د. أكرم صقور^{1*}

أ.د. غاندي ججاج^{**}

م. سعيد هاشم سعيد^{***}

□ الملخص □

يهدف هذا البحث إلى تحليل العوامل المؤثرة على مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي والمدعّمة بالألياف الفولاذية باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي، وتحديد الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) حيث اعتمدت الدراسة على تصميم نموذج ANN يشمل 11/ متغيراً رئيسياً تم استخلاصها من الأدبيات السابقة، مثل الأبعاد الهندسية للجائز، وخصائص الألياف الفولاذية (عامل الشكل، مقاومة الشد، النسبة الحجمية)، والمقاومة المميزة للبيتون، ونسبة التسليح الطولي وغيرها. وتم تدريب الشبكة على 188/ عينة واختبارها على 15/ عينة جديدة لم تتدرب عليها، حيث أثبتت كفاءة عالية في التنبؤ بقوة القص مع خطأ نسبي لا يتجاوز 5%.

تكمن الإضافة العلمية لهذا البحث في قدرة النموذج على محاكاة التفاعل المعقد بين العوامل المؤثرة وتحديد الأكثر تأثيراً مثل نسبة التسليح الطولي (ρ) ونسبة فضاء القص إلى العمق الفعال (a/d)، النسبة الحجمية للألياف الفولاذية (V_f %) دون الحاجة إلى تجارب مخبرية مكلفة، فبعد التحقق من موثوقية النتائج فإنه بالإمكان استخدام البيانات المولدة من الشبكة كقاعدة لاقتراح تعديلات هيكلية (مثل تغيير نسبة الألياف أو تغيير أبعاد الجائز أو تغيير نسبة التسليح الطولي) بشكل نظري وفعال، مما يقلل التكاليف والزمن اللازم للتجارب التقليدية، هذا النهج يفتح آفاقاً جديدة في تحسين تصميم العناصر الإنشائية المعقدة باستخدام أدوات الذكاء الاصطناعي كبديل ذكي للتجارب المادية، ويساعد في اقتراح علاقة مبسطة تستند إلى تحليل تأثير العوامل الأكثر تأثيراً على مقاومة القص نستطيع من خلالها تقدير مقاومة القص بشكل حسابي مبسط اعتماداً على العلاقة التالية:

$$Vu = 0.78 * \rho^{0.35} \left(\frac{a}{d}\right)^{-0.12} Vf^{0.18} f'c^{0.25} (bw * d)$$

¹ * أستاذ دكتور في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا.

^{**} * أستاذ دكتور في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا.

^{***} طالب دكتوراه في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة اللاذقية، اللاذقية، سوريا.

الكلمات المفتاحية: الشبكات العصبية الاصطناعية، مقاومة القص، الجوائز البيتونية المسلحة ، الألياف الفولاذية.

Studying the Factors Affecting Shear Strength in Reinforced Concrete Beams Strengthened with Steel Fibers Using Artificial Neural Networks

Dr. Akram Sakkour *²

Dr. GANDIY GIHJAH **

Eng. Saeed Hashem Saeed ***

□ ABSTRACT □

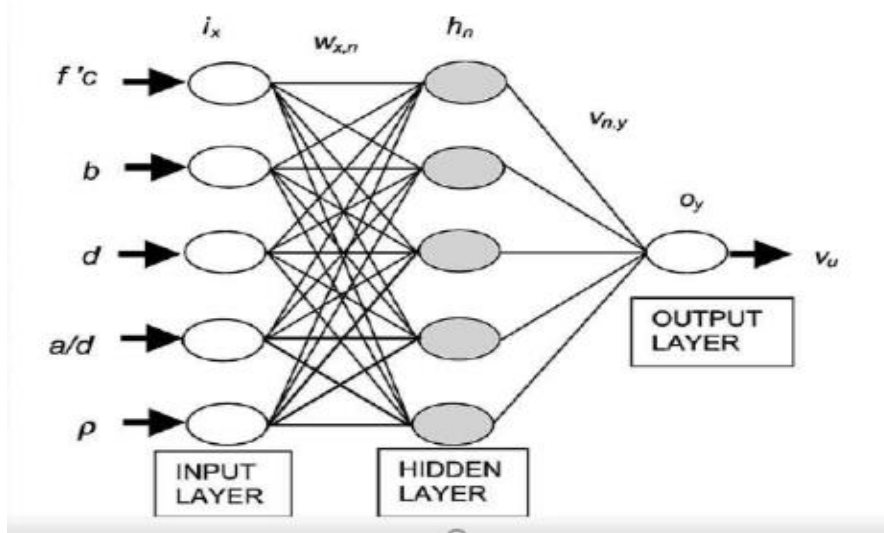
This research aims to analyze the factors influencing the shear strength of steel fiber-reinforced concrete beams using artificial intelligence techniques, specifically Artificial Neural Networks (ANN). The study developed an ANN model incorporating 11 key variables derived from previous literature, including geometric dimensions of the beam (width, effective depth, span), steel fiber properties (aspect ratio, tensile strength, volumetric ratio), concrete compressive strength, longitudinal reinforcement ratio, and others. The network was trained on 73 samples and tested on 15 new samples, demonstrating high predictive accuracy with a relative error not exceeding 5%.

The scientific contribution lies in the model's ability to simulate the complex interaction between influencing factors and identify the most critical ones (e.g., longitudinal reinforcement ratio ρ and shear span-to-depth ratio a/d) without costly laboratory experiments. By validating the reliability of the results, the data generated by the network can serve as a basis for proposing structural modifications (e.g., optimizing fiber distribution or adjusting beam dimensions) theoretically and efficiently, significantly reducing the time and costs associated with traditional experimental methods. This approach paves the way for enhancing the design of complex structural elements using AI tools as a smart alternative to physical testing.

* Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.

** Professor, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.

** Postgraduate Student, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.



الشكل رقم (2) نموذج الشبكة العصبية الاصطناعية

وقد تبين من الدراسة أن النموذج يُعطي نتائج تنبؤ جيدة مقارنة بالنتائج العددية والنظرية ومعادلات التصميم في المدونات العالمية، [4].

مشكلة البحث وهدفه:

تعاني النماذج التقليدية (مثل الكودات الدولية) من قصور في نمذجة التفاعل المعقد بين العوامل المؤثرة على مقاومة القص في الجوائز المدعمة بالألياف الفولاذية، مثل تداخل تأثيرات الألياف مع التسليح الطولي ونسبة (a/d) مما يؤدي إلى تنبؤات غير دقيقة (خطأ $\pm 30\%$)، كما أن الاعتماد على التجارب المخبرية لدراسة هذه التفاعلات يستهلك وقتاً وتكلفة عالية، وتكمن أهمية البحث بأنه يقدم نموذجاً حاسوبياً عبر استخدام الشبكات العصبية الصناعية (ANN) للتنبؤ الدقيق بمقاومة القص، مما يُقلل الحاجة للتجارب المكلفة، ويهدف هذا البحث إلى تطوير إطار تحليلي متقدم باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN) لفهم وتقدير مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي والمدعمة بالألياف الفولاذية، يساهم في دراسة التأثيرات التآزرية بين العوامل الأكثر تأثيراً، وفهم العلاقات غير الخطية والمعقدة بينها، وصولاً إلى علاقة حسابية مبسطة يمكن أن تقدم نتائج بدقة مقبولة قدر الإمكان.

منهجية البحث:

يعتمد هذا البحث على منهج تحليلي تطبيقي يستند إلى استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي، وتحديداً الشبكات العصبية الاصطناعية (Artificial Neural Networks)، في دراسة تأثير العوامل المختلفة على مقاومة القص ولتحقيق ذلك تم استخدام مجموعة من الأدوات والطرائق كما يلي:

1. تجهيز قاعدة البيانات:

تم جمع بيانات من دراسات سابقة موثوقة [1,3,4,5,7] شملت نتائج فحوصات لجوائز خرسانية غير مسلحة بتسليح قص تقليدي مدعمة بالألياف الفولاذية تحت تأثير القص، تضمنت خصائص المادة، الأبعاد الهندسية، نسب التسليح، كمية الألياف، المقاومة المميزة للبيتون، نسب القص إلى العمق، وغيرها من المتغيرات المؤثرة.

2. تصميم نموذج الشبكة العصبونية:

تم تكوين نموذج الشبكة العصبية بالاعتماد على البيانات العلمية التي تم جمعها من الدراسات المرجعية في هذا المجال وتم استخدام 88/ حالة، بحيث كان المخرج المطلوب في هذا النموذج هو مقاومة القص V_u أما محددات الإدخال

جدول رقم (1) نطاق متغيرات التدريب

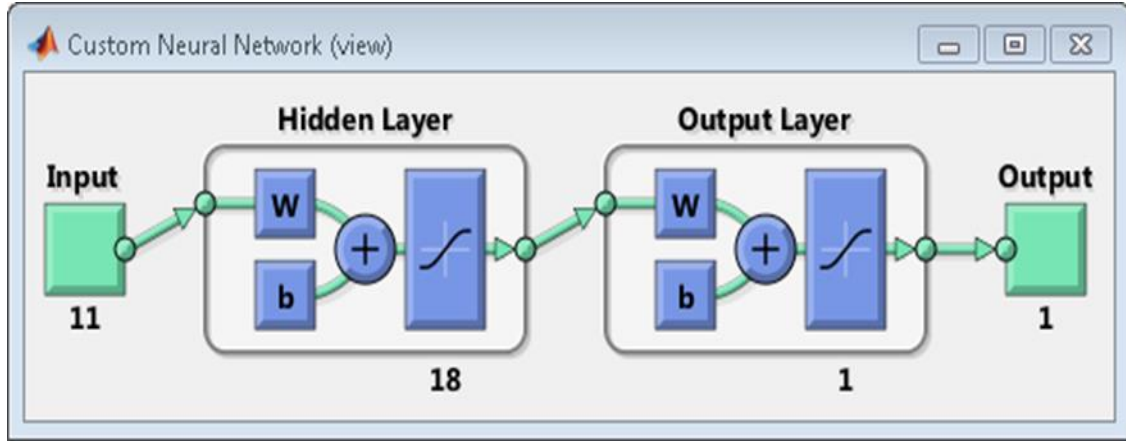
وتمت الاستعانة بأداة NFTOOL في برنامج Matlab لبناء النموذج الرياضي وتحديد مواصفات الشبكة وفق عدة محاولات، حيث تم اعتماد شبكة تتألف من طبقة دخل تحوي (11) عنصر دخل، وطبقة مخفية بتغذية أمامية تحتوي (18) عصبوناً، وطبقة خرج تحتوي على عصبون واحد، وقيمة معامل الارتباط $R = 0.98306$.

بعد أن تم بناء الشبكة التي ذكرت سابقاً وفق عدة محاولات تم تدريبها أيضاً من خلال أداة المقاربة والملاءمة NfTool وتم اعتماد خطأ التدريب وهو (متوسط مربع الخطأ MSE) ولكل بنية شبكة تم القيام بالتدريب والتأكد والاختبار، وفيما يلي يوضح الجدول (2) عمليات بناء الشبكة باستخدام الماتلاب بطريقة التدريب والخطأ وعليه قيم معامل الارتباط R لكل من مرحلة (التدريب والتحقق والاختبار) وذلك للحالة الافتراضية في البرنامج للنسبة المئوية للبيانات (15%, 15%, 70%) والتي لم نضطر إلى تغييرها.

الجدول (2): نتائج تدريب الشبكة

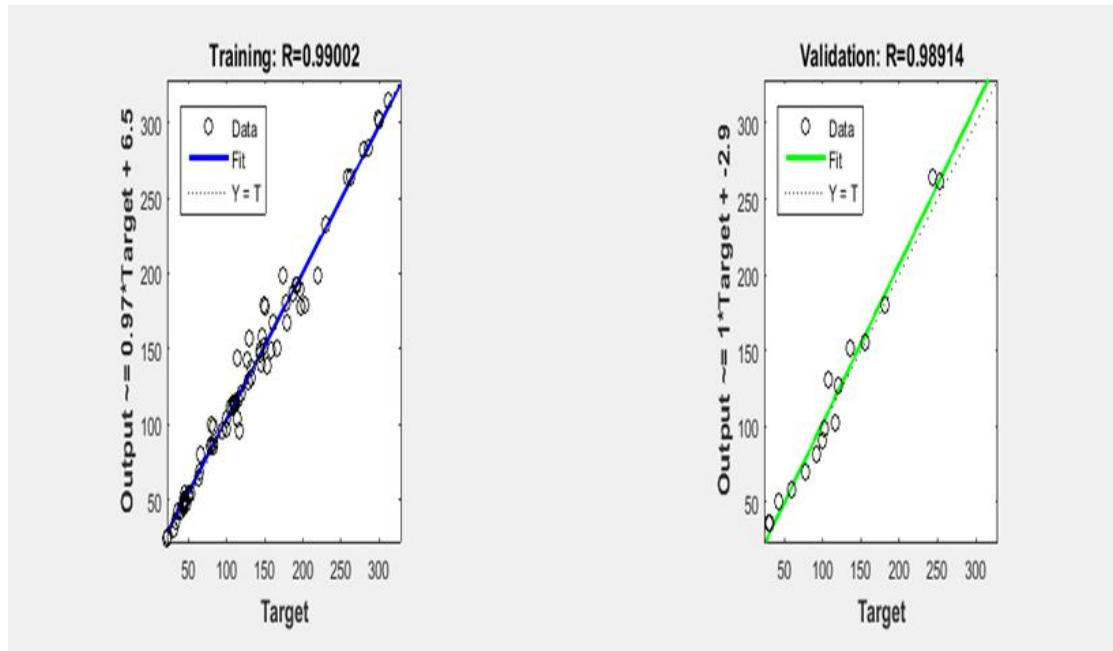
من خلال نتائج التدريب الموضحة في الجدول السابق لوحظ أن الشبكة العصبية المثلى النهائية تعطي أكبر قيم لمعامل الارتباط R بخطأ أصغرى مقبول من أجل هيكلية تتضمن (11) وحدة في طبقة الدخل، وطبقة واحدة للخروج، وطبقة

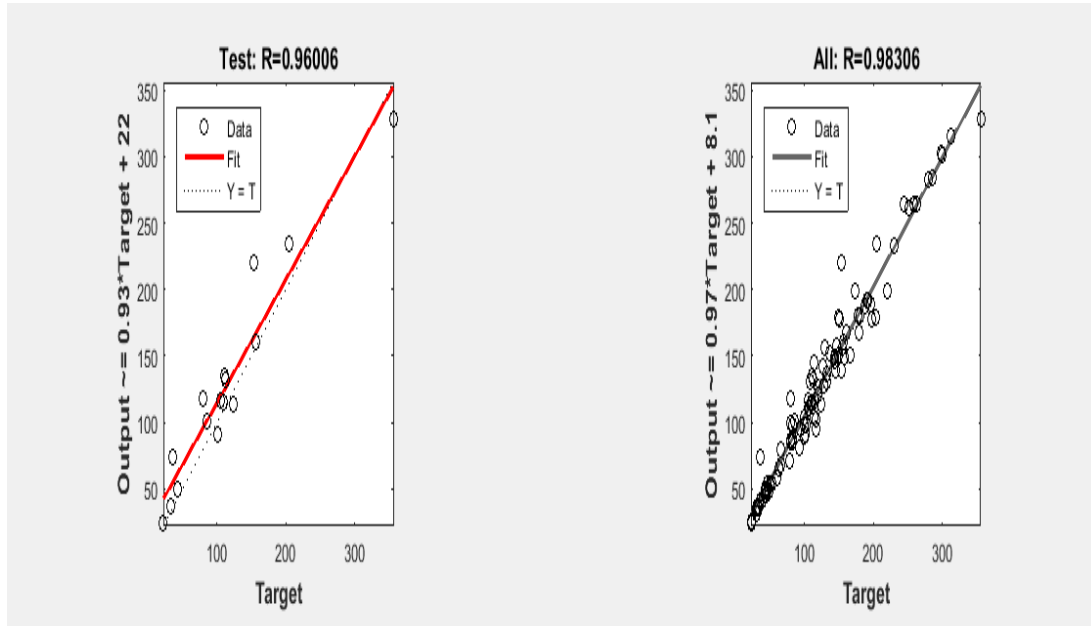
خفية واحدة، عدد عصبونات فيها (18) عصبون، تابع التفعيل فيها وفق *NFTOOL* هو تابع سيغمويد *TANSIG* بينما تابع التفعيل لطبقة الخرج هو التابع الخطي *PURELIN* كما يوضح الشكل رقم (3).



الشكل (3): تمثيل الشبكة العصبونية

ويوضح الشكل رقم (4) نتائج تدريب الشبكة العصبونية، حيث نلاحظ قيمة معامل الارتباط R بين القيم الحقيقية لقوة القص في الجوائز البيتونية المسلحة المدعّمة بالألياف الفولاذية والقيم المحسوبة الناتجة من الشبكة:





الشكل (4): نتائج تدريب الشبكة

حيث أن:

X : محور المخرجات الحقيقية

Y : محور المخرجات المحسوبة باستخدام الشبكة (ANN)

O : قيم البيانات المدخلة

FIT : منحنى التقارب

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

ولمعرفة قوة العلاقة بينهما نذكر بأن قيمته كانت في مرحلة التدريب 0.99002 وقيمته في مرحلة التأكد 0.98914 وفي مرحلة الاختبار 0.96006 ، وهو ذو قيم ممتازة وقريبة جداً من الواحد حيث أنه كلما اقتربت قيمته من الواحد كانت العلاقة أقوى، كما يظهر الشكل رقم (5) أداء الشبكة العصبونية حيث كانت أقل قيمة لمتوسط مربع الخطأ MSE=119.2382 عند (6) دورات تكرارية، وهي قيمة تعتبر مقبولة بالنسبة لقيم قوى القص في الجوائز البيتونية المسلحة المدعمة بالألياف الفولاذية المدخلة بقيمتها الحقيقية.

4. نتائج اختبار الشبكة العصبونية التي تم تصميمها وتدريبها لغاية هدف البحث:

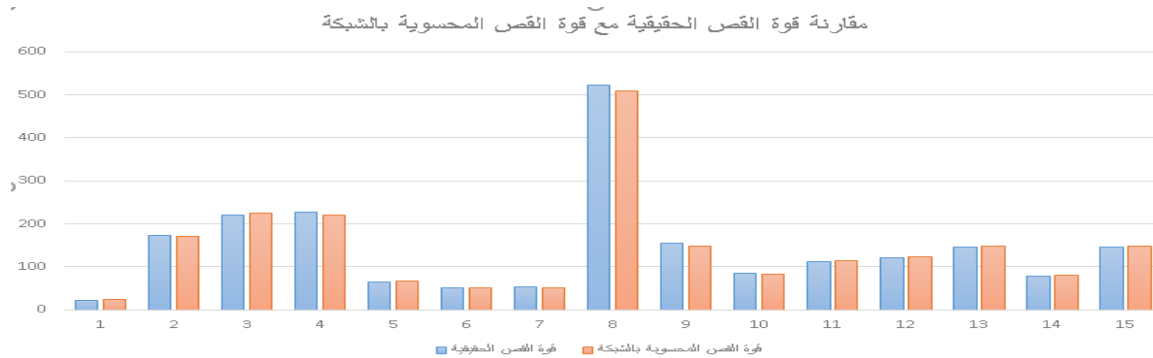
تم تزويد الشبكة بمجموعة من الإدخالات لتجارب جديدة لم تتدرب عليها من قبل (15 حالات للتحقق)، وقامت الشبكة بإعطاء النتيجة وبناء عليها تمت المقارنة بين قيم المخرجات المحسوبة بالشبكة وقيم المخرجات الحقيقية (القيم الحقيقية لقوة القص في هذه الجوائز) التي تم جمعها من الأبحاث المنشورة كما في الجدول التالي رقم (2):

الجدول (2): قيم مدخلات بعض التجارب المخبرية من المنشورات العلمية

م	عرض الجائز Bw mm	ارتفاع الجائز h mm	العمق الفعّال d mm	مجاز الجائز L span mm	نسبة التسليح p %	نسبة مجال القص إلى الارتفاع الفعّال a/d -	القطر الأعظمي da mm	المقاومة المميزة للبيتون f'c Mpa	النسبة الحجمية للألياف Vf %	عامل الشكل Lf/df -	قوة الشد للألياف Ften MPa	القيمة الحقيقية KN	القيمة المحسوبة KN	الخطأ النسبي ي %
1	85	150	130	1160	0.0205	3.02	9.6	30.6	0.5	133	2000	22	23.13	5%
2	152	455	381	2136	0.0196	3.44	10	38.1	1	55	1100	174	171.33	2%
3	152	455	381	2136	0.0263	3.44	10	49.2	1	80	1100	220	225.29	2%
4	205	685	610	3558	0.0152	3.5	10	29.6	0.75	80	1100	228	220.81	3%

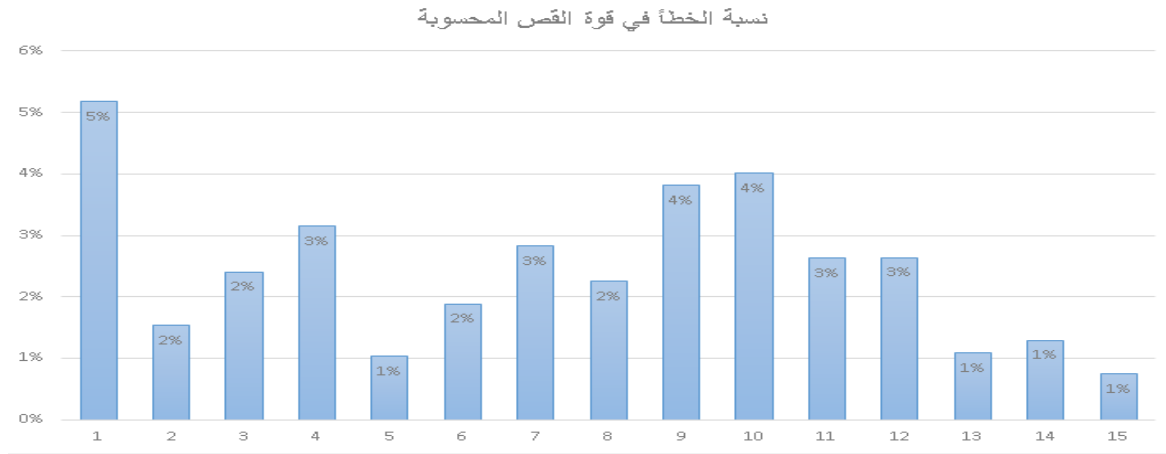
5	152	254	221	2100	0.0239	2.5	10	34	0.5	60	1130	65	65.66	1%
6	152	254	221	2100	0.0239	3.5	10	34	0.5	60	1130	50	50.94	2%
7	150	225	197	1603	0.0136	2.8	20	29.1	0.5	60	1260	53	51.5	3%
8	300	700	570	5000	0.0287	2.98	18	60.2	0.75	86	2200	522	510.23	2%
9	140	375	340	1910	0.0167	2.5	19	36	1	60	1100	155	149.09	4%
10	120	200	167	720	0.0132	1.43	13	23.9	1.5	60	1100	85	81.58	4%
11	200	300	260	1800	0.0355	3.46	14	46.4	0.25	65	1100	111	113.91	3%
12	200	300	260	1800	0.0355	3.46	14	43.2	0.5	65	1100	121	124.19	3%
13	152	304	282	1524	0.0199	2.5	9.6	33.2	1	100	1100	146	147.58	1%
14	125	250	222	1200	0.0145	1.8	10	30	0.5	80	1225	79	80.01	1%
15	120	300	266	1100	0.0126	1.13	20	31.9	0.6	50	834	146	147.08	1%

وبعد الاختبار وتدقيق النتائج الموضحة بالجدول رقم (2) تبين أن نسبة الخطأ بين القيم الحقيقية والقيم المحسوبة تراوحت بين [0.667457 - 1.139951] وتشير هذه القيم إلى أن نسبة الخطأ صغيرة ومقبولة، ولم تتجاوز أكبر قيمة للخطأ النسبي 5% في التجربة رقم (1)، وهذه النسبة في خطأ تقدير الشبكة تعتبر صغيرة بالنسبة لقيمة قوة القص، وبالتالي نستطيع اعتبار الشبكة العصبونية جيدة، حيث أنها استطاعت تحقيق النتائج المرجوة منها بأخطاء نسبية صغيرة ، كما يوضح الشكل رقم (5) نتائج عينة الاختبار في مرحلة التأكد، ويعرض لكل منها قوة القص الحقيقية وقوة القص المحسوبة بالشبكة.



الشكل (5): مقارنة قوة القص المحسوبة بالشبكة مع قوة القص الحقيقية

كما تم حساب الخطأ النسبي بين قوة القص الحقيقية وقوة القص المحسوبة بالشبكة لكل من تجارب عينة الاختبار وهو يساوي: (قوة القص المحسوبة بالشبكة - قوة القص الحقيقية) / قوة القص الحقيقية ، وقد وصلت القيمة العظمى للنسبة المئوية للخطأ إلى 5% كما هو مبين في الشكل التالي رقم (6):



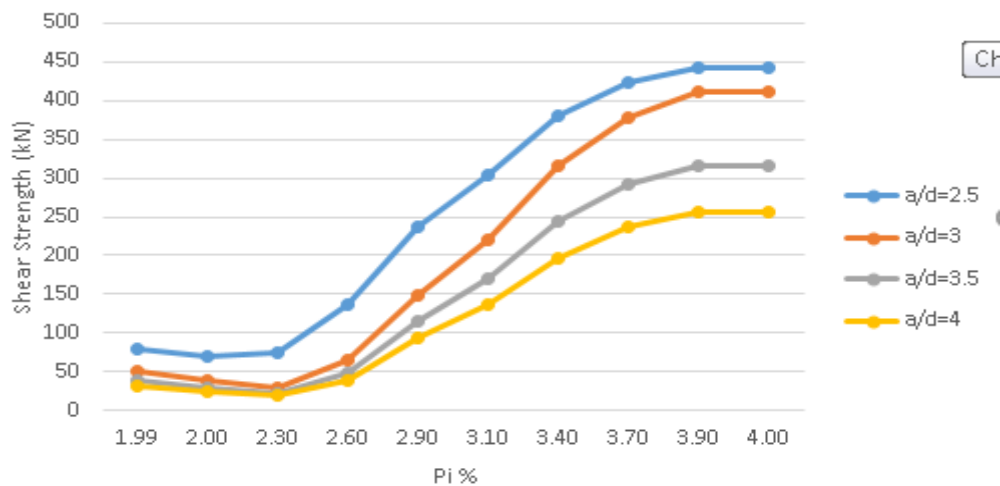
الشكل (6): نسبة الخطأ في تقدير قوة القص موضوع البحث

بعد تدريب النموذج العصبي بنجاح، تم استثماره لتحليل تأثير العوامل المختلفة على مقاومة القص في الجوائز الخرسانية المسلحة المدعمة بالألياف الفولاذية، ثم مقارنة نتائج النموذج مع الكود العربي السوري، حيث تمت دراسة التأثير التآزري للعوامل الأكثر تأثيراً على مقاومة القص باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية.

أولاً: تحليل التفاعل بين العوامل باستخدام مخططات لعلاقة مقاومة القص مع كل زوج من العوامل كما يلي:

- التأثير التآزري لكل من (نسبة التسليح والنسبة a/d) على مقاومة القص: حيث يبين الشكل (7) تأثير قيمتي كل من نسبة حديد التسليح الطولي (ρ_l)، وقيمة فضاء القص/عمق العتبة (a/d) على قيمة مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي، ونلاحظ أنه بزيادة قيمة (ρ_l) فإن قيمة مقاومة القص سوف تزداد تدريجياً، كما نلاحظ أن نسبة التسليح لها تأثير أوضح بين ($\rho_l = 2.3 - 3.4$) حيث تبدأ قيمة مقاومة القص بالتزايد تدريجياً أي أن فإن تأثير (ρ_l) يكون واضحاً وذلك ناتج من تداخل العزم مع القص.

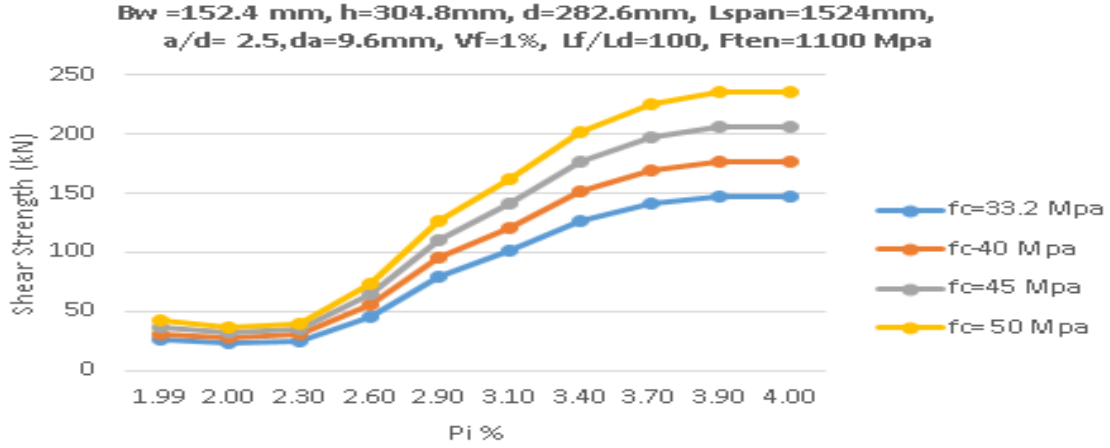
$B_w = 152.4 \text{ mm}$, $h = 304.8 \text{ mm}$, $d = 282.6 \text{ mm}$, $L_{span} = 1524 \text{ mm}$, $d_a = 9.6 \text{ mm}$,
 $f_c = 33.2 \text{ Mpa}$, $V_f = 1\%$, $L_f/L_d = 100$, $F_{ten} = 1100 \text{ Mpa}$



الشكل رقم (7) التأثير التآزري لكل من نسبة التسليح والنسبة a/d على مقاومة القص

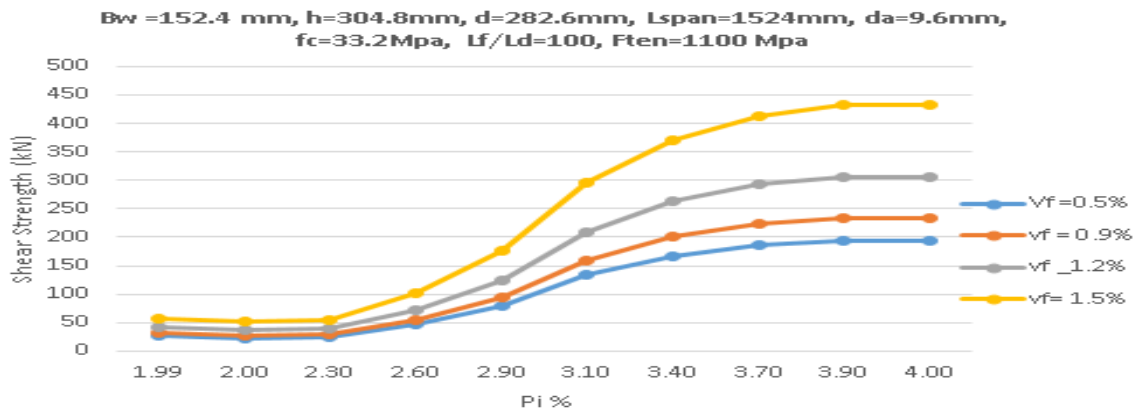
- التأثير التآزري لكل من (نسبة التسليح والمقاومة المميزة للبيتون) على مقاومة القص: يظهر الشكل (8) تأثير قيمتي كل من نسبة حديد التسليح الطولي (ρ_l) والمقاومة المميزة للبيتون (f_c') على قيمة مقاومة القص في الجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي، ونرى أن زيادة المقاومة المميزة للبيتون (f_c') تزيد من تحمل الجوائز

لقوى القص، حيث ازدادت مقاومة القص من (150kN) إلى (240kN) عندما ازداد المقاومة المميزة للبيتون (f_c') من (33.2 MPa) إلى (50 MPa) عند قيمة ($p_i = 4\%$)، وهذه النتيجة متوافقة لما ورد في جميع المدونات حيث إن مقاومة القص يتناسب طردياً مع المقاومة المميزة للبيتون (f_c')، نرى إن زيادة نسبة حديد التسليح الطولي تعمل على زيادة قيمة مقاومة القص للجائز، حيث ازداد من (49kN) إلى (240kN)، وعندما ازدادت نسبة التسليح من (1.99% - 4%) وعند قيمة ($f_c' = 50 \text{ MPa}$).



الشكل رقم (8) التأثير التآزري لكل من نسبة التسليح والمقاومة المميزة للبيتون على مقاومة القص

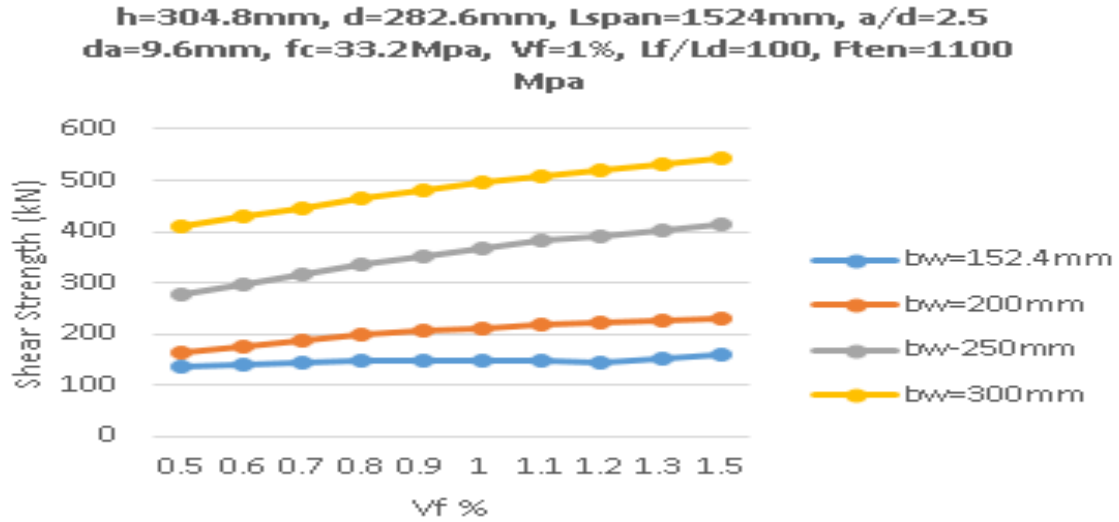
■ التأثير التآزري لكل من (نسبة التسليح والنسبة الحجمية للألياف) على مقاومة القص: حيث أن لشكل (9) يوضح تأثير قيمتي كل من نسبة حديد التسليح الطولي (p_i) والنسبة الحجمية للألياف (V_f) على قيمة مقاومة القص، وهو يشابه الشكل (8) حيث إنه عند زيادة كل من قيمة نسبة حديد التسليح الطولي والنسبة الحجمية للألياف (V_f) فإن مقاومة القص للجائز سوف تزداد، فقد ارتفعت قيمة مقاومة القص للجائز من (60kN) إلى (440kN) عند زيادة (p_i) من (1.99%) إلى (4%) وقيمة ($V_f = 1.5\%$)، كما ارتفعت قيمة مقاومة القص للجائز من (200kN) إلى (440kN) عند زيادة (V_f) من (0.5%) إلى (1.5%) وعند قيمة ($p_i = 4\%$).



الشكل رقم (9) التأثير التآزري لكل من نسبة التسليح والنسبة الحجمية للألياف على مقاومة القص

■ التأثير التآزري لكل من (النسبة الحجمية للألياف وعرض الجائز) على مقاومة القص: حيث أن لشكل (10) يوضح تأثير قيمتي كل من والنسبة الحجمية للألياف (V_f) وعرض الجائز (b_w) على قيمة مقاومة القص،

حيث إنه عند زيادة كل من قيمة والنسبة الحجمية للألياف (V_f %) وعرض الجائز (bw) فإن مقاومة القص للجائز سوف تزداد، فقد ارتفعت قيمة مقاومة القص للجائز من ($400kN$) إلى ($530kN$) عند زيادة (V_f %) من (0.5 %) إلى (1.5 %) وقيمة ($bw = 300mm$) كما ارتفعت قيمة تحمل العتبة من ($170 kN$) إلى ($530 kN$) عند زيادة bw من ($152.4 mm$ إلى $300 mm$) عند قيمة ($V_f = 1.5$ %).



الشكل رقم (10) التأثير التآزري لكل من نسبة الألياف وعرض الجائز على مقاومة القص

ثانياً: مقارنة نتائج النموذج مع الكود العربي السوري

بالرجوع إلى الكود العربي السوري لتحديد العلاقة التي نحسب مقاومة القص بموجبها للجائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي، وجدنا أن العلاقة الحسابية هي:

$$V_u = 0.75 * \left(0.16\sqrt{f'_c} + 0.15 \rho^{1/3} f'_c \right) bw * d \dots \dots \dots (1)$$

وبتطبيق هذه المعادلة على الحالتين رقم (5 و 10) من الحالات التي تم حساب مقاومة القص فيها باستخدام الشبكة العصبية ANN والواردة ضمن (الجدول رقم 2) نجد أن مقاومة القص كانت كما يلي:

الجدول (3): مقارنة نتائج النموذج مع الكود العربي السوري

العينة	V_u (تجريبي)	V_u (ANN)	V_u (كود سوري)
5	65 kN	65.7 kN	54.2 kN
10	85 kN	81.6 kN	68.3 kN
نسبة الخطأ	-	3.2%	22.7%

بعد تحليل تأثير العوامل المختلفة على مقاومة القص في الجائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي والمدعمة بالألياف الفولاذية، من خلال دراسة التأثير التآزري للعوامل الأكثر تأثيراً على مقاومة القص باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية، لاحظنا أن علاقة الكود السوري لا تأخذ بعين الاعتبار الألياف الفولاذية وفي هذا السياق قمنا بصياغة معادلة حسابية مبسطة تعتمد على معطيات النموذج المصمم وتراعي وجود الألياف فكانت على الشكل التالي

$$V_u = 0.78 * \rho^{0.35} \left(\frac{a}{d} \right)^{-0.12} V_f^{0.18} f'_c^{0.25} (bw * d) \dots \dots \dots (2)$$

ويتطبيق هذه المعادلة على الحالتين رقم (5 و 10) من الحالات التي تم حساب مقاومة القص فيها باستخدام الشبكة العصبية ANN والواردة ضمن (الجدول رقم 2) , والمقارنة مع علاقة الكود العربي السوري نجد أن مقاومة القص كانت كما يلي:

العينة	Vu (تجريبي)	Vu (علاقة مقترحة)	Vu (كود سوري)
5	65 kN	65.66 kN	54.2 kN
10	85 kN	81.58 kN	68.3 kN
نسبة الخطأ	-	2.5%	22.7%

الاستنتاجات والتوصيات:

1. يقدم نموذج ANN تنبؤات دقيقة بأخطاء أصغر من (5 %) مقارنة بعلاقة الكود العربي السوري التي تصل نسبة الخطأ فيها إلى (22.7 %) الأمر الذي يجعل نموذج ANN أداة موثوقة للاستغناء عن التجارب المخبرية في المراحل الأولية.
2. إعادة النظر في العلاقة التقليدية المعتمدة في الكود العربي السوري، لتأخذ بعين الاعتبار العوامل الحديثة كالألياف وتأثيراتها التآزرية مع باقي المتغيرات الإنشائية، وذلك بدعم من تقنيات الذكاء الاصطناعي.
3. الألياف الفولاذية تعوض كلياً عن غياب تسليح القص عند $V_f \geq 1\%$.
4. إن العلاقة المقترحة تقدم تنبؤات أكثر دقة بمتوسط خطأ 2.5 % مقارنة مع العلاقة المستخدمة في الكود العربي السوري بمتوسط خطأ 22.7 % ويعود ذلك إلى أن العلاقة المبسطة تهتم بإشراك مساهمة الألياف في حساب مقاومة القص للجوائز الخرسانية غير المسلحة بتسليح قص تقليدي.
5. يُستحسن دراسة تأثير متغيرات أخرى على مقاومة القص مثل نوع الألياف، نوع البيتون وإدماجها في نماذج مستقبلية لتقديم تمثيل أكثر شمولاً.

المراجع:

- [1]. An-Najjar H.M., " Prediction of Ultimate Shear Strength of Reinforced Concrete Deep Beams Using Artificial Neural Networks", M.Sc. Thesis, Department of Civil / Structural Engineering, Islamic University, Gaza, 2005.
- [2]. Tully S.H., "A Neural Network Approach for Predicting the Structural Behavior of Concrete Slabs", M.Sc. Thesis, Faculty of Engineering and Applied Science, University of Newfoundland, Canada, 1997.
- [3]. Nandy S., "Assessing External Reinforcement on Reinforced Concrete Beams Using Neural Networks", M.Sc. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Florida, 2001.
- [4]. Oreta A.W. C., "Simulating Size Effect on Shear Strength of R.C. Beams Without Stirrups Using Neural Networks", Engineering Structures, Vol. 26, 2004, pp. 681-691.
- [5]. Mansour M. Y., Dicleli M., Lee J.Y., and Zhang J., "Predicting the Shear Strength of Reinforced Concrete Beams using Artificial Neural Networks", Engineering Structures Vol. 26, 2004, pp. 781-799.
- [6]. Yousif S. T., "Artificial Neural Networks Modeling of Elasto_Plastic Plates", Ph.D. Thesis, Department of Civil Engineering, University of Mosul, Iraq, 2007.
- [7]. Yousif, S. T. and Abdullah, S. "Artificial neural networks model for predicting compressive strength of concrete.", Tikrit Journal of Eng. Sciences, Vol.16, No.3, September 2009, pp.55 - 63.
- [8]. Syrian Parliament, The Syrian Civil Code (Al-Kood Al-Arabi Al-Souri), Legislative Decree No. 84, Damascus, Syria, 1949.