

## التصميم الأمثل للمقاطع المعدنية المشدودة ذات الشكل L باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية

رنيم نادر الوفاي\*<sup>\*</sup>

(تاريخ الإيداع 12 / 4 / 2021. قُبِلَ للنشر في 20 / 10 / 2021)

### □ ملخص □

يتناول هذا البحث تصميم المقاطع المعدنية المشدودة ذات الشكل L وصولاً إلى المقطع الأقل كلفة . حيث تم استخدام إحدى تقنيات البرمجة اللاخطية وهي تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية للوصول إلى تصميم المقطع بما يتوافق مع الكود الأوروبي . وقد تم اختيار التصميم بما يتوافق مع الشروط الهندسية والسلوكية الموصى بها في الكود وبحيث يعطي التكلفة الأقل للعنصر المعدني.

تم أخذ 132 عينة لاستخدامها في تصميم الشبكة العصبية الاصطناعية وتدريب الشبكة عليها ومن ثم اختبارها والتأكد من فاعليتها. واستطاع نموذج الشبكة المصممة التنبؤ بمتغيرات التصميم الأكثر تأثيراً على الكلفة وهي عرض الزاوية b والسماكة t للمقطع المطلوب.

وقد أظهرت مقارنة النتائج فعالية هذه التقنية مع التوفير الحاصل في كلفة المقطع المطلوب.

الكلمات المفتاحية: البرمجة اللاخطية، المقاطع المعدنية المشدودة، الشبكات العصبية الاصطناعية.

\* قائمة بالأعمال، قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

[RaneemAlwafaei@Tishreen.edu.sy](mailto:RaneemAlwafaei@Tishreen.edu.sy)

## Optimum design of Tension Steel Members L-Section by using Artificial Neural Networks

Raneem Nader Alwafaei\*

(Received 12 / 4 / 2021. Accepted 20 / 10 / 2021)

### □ ABSTRACT □

This search this will study how to design steel tension members L-section by using Artificial Neural Networks , where Artificial Neural Networks technology was used in one of the structural design cases , which is design the L-shaped steel sections that are subject to tension in accordance with the European code and to give the minimum cost of the member (the most efficient).

In our search 132 samples were taken for use in Artificial Neural Network design , the network has been trained on them , tasted and ensuring their effectiveness in finding the optimal format .

The designed Network model was able to predict the most cost effective design variables namely width (b) and thickness (t) of the required section , with precision in design to meet all limitations.

A comparison of the results showed the effectiveness of this technique with the saving in the required section cost .

**Keywords:** nonlinear programming , Tension steel sections , Artificial Neural Network .

---

\* Academic Assistant, Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. [RaneemAlwafaei@Tishreen.edu.sy](mailto:RaneemAlwafaei@Tishreen.edu.sy)

**مقدمة:**

لقد مضى مائة عام تقريبا على استخدام الفولاذ لأول مرة في إضاءة الأبنية والجسور . ومنذ ذلك الوقت حتى اليوم ثبتت إمكانية استخدام الفولاذ في كافة انواع الجمل الإنشائية وذلك نتيجة التقدم الهائل في تكنولوجيا صناعة الفولاذ وتطور طرائق تصنيع الجمل والعناصر الإنشائية [1].

تمتاز العناصر المعدنية بخفة وزنها بالنسبة للحمولة التي يمكن تحملها فهي تحمل ثلاثة أضعاف وزنها فكلما زاد بعد فتحة البناء واتساعها أصبح الحل المعدني هو الأوفر حظا من الحل البيتوني والأنسب.

يعتمد في تصميم المنشآت المعدنية على قدرة التحمل وقدرة الاستخدام مع الديمومة والصلابة الفراغية والاستقرار ، حيث تستخدم كل من طريقة الاجهادات المسموحة وطريقة الحالات الحدية [2] .

في عملية التصميم التقليدية غالبا ما يفترض المصمم مقاطع جائر دون الاعتماد على الكلفة حسابيا ويتم تكرار هذه العملية في حال كان المقطع المفروض غير كاف لمقاومة الحمولات المطبقة عليه [3] .

تعتبر الشبكات العصبية الاصطناعية (ANN: Artificial Neural Networks) تقنية جديدة من تقنيات البرمجة اللاخطية (nonlinear programming)، وهي محاكاة متواضعة بفعالها وشكلها ومضمونها للشبكة العصبية الحيوية الموجودة في جسم الإنسان، وقد تم تطبيقها بنجاح في العديد من المجالات الهندسية الإنشائية.

ونقوم في هذا البحث بإيجاد المقاطع المعدنية المعرضة للشد الأقل كلفة باستخدام تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية تم اختيار المقاطع المشدودة ذات الشكل L في هذا البحث كمثال لتطبيق هذه التقنية الجديدة ، وقد أثبتت فعاليتها .

**أهمية البحث وأهدافه:**

تكمن أهمية البحث في اقتراح طريقة جديدة لتصميم ذو كلفة أقل للمقاطع المعدنية ذات الشكل L على الشد بما يتوافق مع الكود الأوروبي. حيث توفر البرمجة اللاخطية المتوفرة في الشبكات العصبية الاصطناعية العديد من المزايا التي تساهم في الوصول إلى التصميم ذو الكلفة الأقل دون الحاجة للحسابات التكرارية لعملية التصميم من قبل المستخدم وذلك لاقتراح المقطع الأمثل ( الأقل كلفة ) .

ويهدف البحث إلى ايجاد المقاطع المعدنية المركبة على شكل زاوية متساوية الضلعين المعرضة للشد الأقل كلفة وذلك باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية ومن ثم مقارنة النتائج للتأكد من فعالية هذه التقنية .

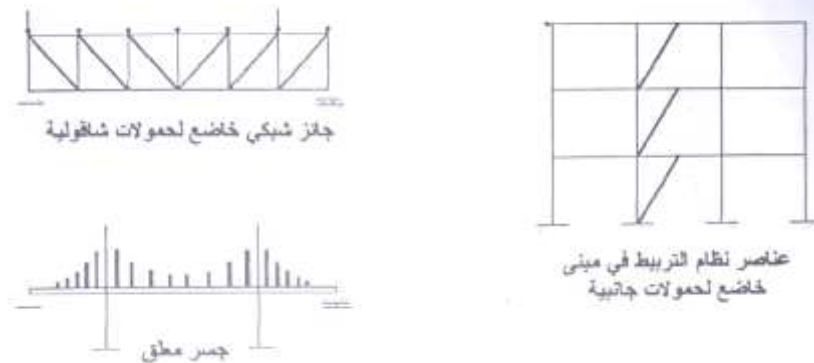
**طرائق البحث ومواده:****تصميم العناصر المشدودة:**

تعتبر العناصر المشدودة هي العناصر الأكثر بساطة وفعالية في المنشأ المعدني وهذا يعود إلى أن هذه العناصر لا تخضع لمشاكل الاستقرار، وتصادف تقريبا في جميع المنشآت المعدنية ، وتستخدم مقاطع فولاذية مختلفة مفتوحة أو مغلقة كعناصر مشدودة مثل زوايا أو مجاري أو مقاطع مفرغة وغيرها ، كما يمكن استخدام مقاطع مجمعة من زاويتين أو مجريتين فيكون للمقطع المجمع محور تناظر مما يخفض بشكل كبير اللامركزية الناتجة عن الوصلات وفي هذه الحالة يجب ربط العنصرين المكونين للمقطع المجمع مع بعضهما عند مسافات لتأمين العمل المشترك لهذه العناصر [1] . يبين الشكل (1) المقاطع المستخدمة في العناصر المشدودة.



الشكل (1) مقاطع مستخدمة في العناصر المشدودة

وتستخدم أيضا القضبان والكابلات كعناصر مشدودة ، لكن عطالتها صغيرة لذا تهتز نتيجة أحمال الرياح أو الأحمال المتحركة ، لذا لابد من تركيز الاهتمام على تخفيف هذا الاهتزاز ، وتصادف العناصر المشدودة في الوتر السفلي للجوائز الشبكية أو كشدادات داخلية فيها ، كما تصادف في جمل التثبيت في الأبنية وفي الجسور والأبنية المعلقة [ 1 ]  
يبين الشكل (2) أمثلة لمنشآت تدخل العناصر المشدودة في تكوينها.



الشكل (2) منشآت تحوي عناصر مشدودة

يعتمد اختيار مقطع العنصر المشدود على عوامل متعددة منها : نوع المنشأ ( أبنية - جسور - صالات .... ) ، طبيعة الحمولات وشدتها ، وطريقة الوصل .

وعلى الرغم من أن ظواهر الاستقرار لا تشكل معيارا تصميميا من أجل العناصر المشدودة إلا أنه من المفيد لا بل من الضروري وضع حدود لنحافتها، لإعطائها صلابة مقبولة تحميها من الانعطاف المفرط تحت تأثير وزنها الذاتي، وتجنبها الاهتزازات الناتجة عن الآثار الديناميكية [4].

وتتص المواصفات الأوروبية على ألا تزيد النحافة عن 300 للعناصر الرئيسية وعن 400 للعناصر الثانوية حيث:  
تعطى النحافة  $\lambda$  بالعلاقة :

$$\lambda = \frac{L}{i}, \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

حيث:

L : طول العنصر المشدود.

i : نصف قطر العطالة الأصغري.

l : عزم العطالة الأصغري للمقطع العرضي.

A : مساحة المقطع العرضي.

المبدأ العام للتصميم يقوم على تحقيق المتراجحة التالية:....[4]

$$\frac{NEd}{Nt, Rd} \leq 1$$

NEd : القوة الناظمية التصميمية التي يخضع لها العنصر المشدود.

$$Nt, Rd = \min \left\{ \frac{A \cdot fy}{\gamma M0}, \frac{0.9 \cdot A_{net} \cdot fu}{\gamma M2} \right\}$$

A : المساحة الإجمالية للمقطع العرضي للعنصر المشدود.

Fy : حد المرونة ( اجهد الخضوع ) للفولاذ الانشائي .

$\gamma M0$  : عامل أمان جزئي للفولاذ وهو يساوي 1 .

$A_{net}$  : المساحة الصافية للمقطع العرضي للعنصر المشدود.

fu : مقاومة الفولاذ القصوى على الشد.

$\gamma M2$  : عامل أمان جزئي خاص بمقاومة المقاطع العرضية على الانقطاع بالشد ويؤخذ 1.25 و 0.9 : عامل

أمان يأخذ بعين الاعتبار اللامركزية الناتجة عن الوصل.

المقطع المستخدم في هذا البحث هو مقطع مركب على شكل زاوية L متساوية الضلعين متصلة باللحام وتؤخذ

اللامركزية الناتجة عن اللحام بعين الاعتبار باستخدام سطح فعال لمقطع العنصر  $A_{eff}$  وحساب المقاومة التصميمية

القصوى في هذه الحالة تعطى بالعلاقة :

$$Nu, Rd = \frac{A_{eff} \cdot fy}{\gamma M0}$$

يحدد السطح الفعال لمقطع العنصر من أجل زاوية متساوية الضلعين مساويا للمساحة الإجمالية لمقطع الزاوية.

### الشبكات العصبية الاصطناعية:

الشبكة العصبية الاصطناعية هي محاكاة متواضعة بفعالها وشكلها ومضمونها للشبكة العصبية الحيوية الموجودة في

دماغ الإنسان ، فكما نعلم أن المخ البشري يتألف من عدد من الخلايا العصبية الحيوية المتصلة مع بعضها البعض

بوصلات عصبية وهذه الخلايا يثبت عددها في المراحل الأولى من عمر الإنسان لكن الذي يتغير مع تقدم العمر هو

عدد الوصلات العصبونية إما بالزيادة أو النقصان [5] .

وما الشبكات العصبية الاصطناعية وفرضياتها وخوارزمياتها إلا محاولة لفهم أعمق وأوضح لعمل وسلوك الشبكة

العصبية الحيوية من حيث البنية والتفصيل .

تبين الخطوات التالية كيفية معالجة الشبكات العصبية الصناعية للمعلومات من خلال مكوناتها :

- 1- تتم معالجة المعلومات في عناصر معالجة بسيطة تدعى العصبونات .
- 2- تمر الإشارات بين العصبونات عبر خطوط ربط .
- 3- يرفق كل خط ربط بوزن معين (قيمة عددية ) الذي يضرب بالإشارات الداخلة إلى العصبون.
- 4- يطبق على كل عصبون تابع تنشيط- (غير خطي عادة ) - إلى دخل الشبكة (مجموع إشارات الدخل الموزونة) ليحدد إشارة الخرج الناجمة عنه [6].

#### تصميم الشبكة العصبية الاصطناعية

تم تطوير نموذج شبكة عصبية اصطناعية تساعد في إيجاد المقطع الأقل كلفة للعناصر المعرضة للشد ، حيث تم تصميم وتدريب واختبار الشبكة العصبية بالاعتماد على بيانات 132 عينة تم تحضيرها مسبقاً وفقاً للكود الأوروبي بهدف الوصول إلى الشبكة المثلى التي توافق الخطأ الأصغري.

الأداة المستخدمة في تطوير النماذج هي الأداة (nntool) الموجودة في برنامج الماتلاب [7] حيث تمت الاستعانة بها في عملية تصميم الشبكة وتدريبها واختبارها .

#### تحديد معطيات الشبكة العصبية للعناصر المشدودة:

بعد أن حددنا المشكلة التي ستعالجها الشبكة وهي إيجاد المقاطع المعدنية الأقل كلفة المركبة بشكل زاوية L المعرضة للشد ، فإن الخطوة التالية في تصميم الشبكة هي تحديد مدخلات ومخرجات التصميم. وبناء على دراستنا السابقة كانت البارامترات المعتمدة كمدخلات للشبكة العصبية الاصطناعية كالتالي:

1- القوة الناظرية التصميمية التي يخضع لها العنصر المشدود .NEd.

2- طول العنصر المشدود .L.

3- حد المرونة للفولاذ المستخدم .fy.

في حين كانت المخرجات كالتالي:

1- عرض جناحي الزاوية .b.

2- سماكة الزاوية .t.

أنشأت كما سبق وذكرنا مجموعة نماذج من 132 تصميم استخدمت لتدريب الشبكة وتم استبعاد 20 عينة أي حوالي 15% من العينات الكلية بشكل عشوائي ، وذلك لاختبار الشبكة المدربة ANN [8].

وفيما يلي نعرض بعض نتائج العينات المستخدمة في تدريب الشبكة العصبية كما هو مبين في الجدول (1):

الجدول (1): بعض نتائج العينات المستخدمة في تدريب الشبكة العصبية الاصطناعية

Fy	N(KN)	L	B	t	A
235	26.085	2	20	3	111
235	33.84	2	20	4	144
235	33.135	2.25	25	3	141
235	43.24	2.5	25	4	184
235	52.875	2.5	25	5	225
235	40.185	2.75	30	3	171

235	52.64	3	30	4	<b>224</b>
235	64.625	3	30	5	<b>275</b>
235	47.235	3.25	35	3	<b>201</b>
235	62.04	3.4	35	4	<b>264</b>
235	76.375	3.5	35	5	<b>325</b>
235	54.285	3.75	40	3	<b>231</b>
235	71.44	3.9	40	4	<b>304</b>
235	88.125	4	40	5	<b>375</b>
235	80.84	4.25	45	4	<b>344</b>
235	99.875	4.35	45	5	<b>425</b>
235	118.44	4.5	45	6	<b>504</b>
235	90.24	4.9	50	4	<b>384</b>
235	111.625	4.95	50	5	<b>475</b>
235	132.54	4.95	50	6	<b>564</b>
235	152.985	5	50	7	<b>651</b>
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
275	246.4	6	60	8	<b>896</b>
275	302.5	6	60	10	<b>1100</b>
275	221.1	6.25	70	6	<b>804</b>
275	256.025	6.5	70	7	<b>931</b>
275	290.4	6.75	70	8	<b>1056</b>
275	324.225	7	70	9	<b>1179</b>
275	357.5	7	70	10	<b>1300</b>
275	254.1	7.25	80	6	<b>924</b>
275	334.4	7.5	80	8	<b>1216</b>
275	412.5	7.75	80	10	<b>1500</b>
355	39.405	2	20	3	<b>111</b>
355	51.12	2	20	4	<b>144</b>
355	50.055	2.25	25	3	<b>141</b>
355	65.32	2.5	25	4	<b>184</b>
355	79.875	2.5	25	5	<b>225</b>

355	60.705	2.75	30	3	171
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
450	258.75	5.75	60	5	575
450	307.8	5.9	60	6	684
450	403.2	6	60	8	896
450	495	6	60	10	1100
450	361.8	6.25	70	6	804
450	418.95	6.5	70	7	931
450	475.2	6.75	70	8	1056
450	530.55	7	70	9	1179
450	585	7	70	10	1300
450	415.8	7.25	80	6	924
450	547.2	7.5	80	8	1216
450	675	7.75	80	10	1500

أي أن مجالات مجموعة المدخلات والمخرجات للبيانات المستخدمة في الشبكة هي كما هو موضح في الجدول (2):

الجدول (2): مجالات المدخلات والمخرجات لبيانات الشبكة العصبية المصممة للعناصر المشدودة

عناصر مشدودة

INPUT PRAMETER	MINIMUM	MAXIMUM
L (m)	2	7.75
NEd (KN)	26.085	675
fy (MPa)	235	450
t (mm)	3	10
b (mm)	20	80

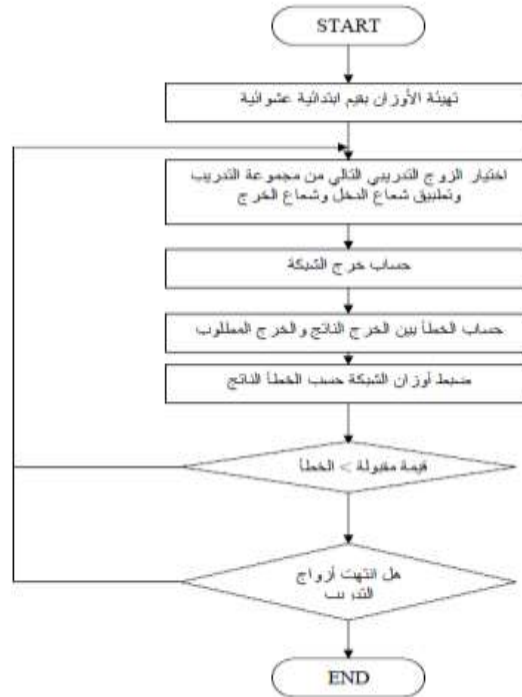
#### تحديد هيكلية الشبكة العصبية:

تم تجريب هيكليات مختلفة للشبكة العصبية (48 هيكلية) حيث تم تغيير عدد الطبقات الخفية، وعدد الوحدات داخل كل طبقة خفية وصولاً للشبكة المثلى .

الطبقات المستخدمة في الشبكة المصممة الخاصة بهذه الحالة هي أربع طبقات تحوي طبقتين مخفيتين تمت محاكاتها باستخدام ماتلاب للتدريب على نماذج التصميم الأمثل ، كما تم تنفيذ تقنية التغذية الأمامية متعددة الطبقات



لتدريب وتطوير الشبكة العصبية باستخدام تابع التنشيط (التفعيل) سيغمويد التابع اللوغاريتمي [9] وذلك للطبقتين الخفيتين الأولى والثانية بينما استخدم تابع التنشيط الخطي لطبقة الخرج . استخدمت خوارزمية الانتشار الخلفي للتعليم في برنامج ماتلاب [10] ، وكل تدريب للشبكة يتضمن كامل مجموعة بيانات التدريب ، كذلك استخدمت توابع تدريب مختلفة متوفرة في الماتلاب لتطوير التدريب في الدراسة الحالية . وقد استخدمت لنموذج الشبكة تقنية (LM) ، يعرف (LM) بأنه أسرع من الخوارزميات التقليدية لتدريب الشبكة العصبية وهو في الواقع الأسرع لتدريب الشبكات العصبية ذات التغذية الأمامية المتوسطة الحجم [11]. خطوات تدريب الشبكة العصبية المصممة مبينة بالمخطط النهجي الشكل (3).



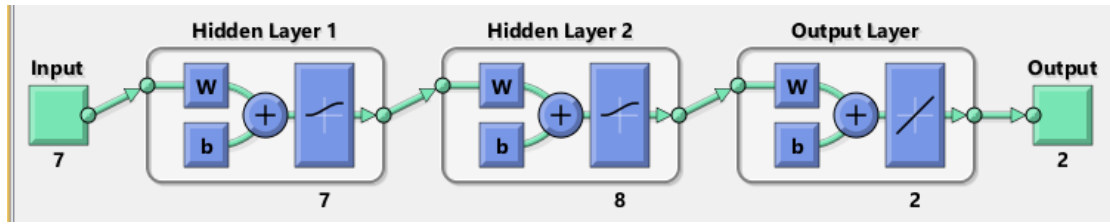
الشكل (3): المخطط النهجي لخوارزمية تدريب الشبكة المصممة

يبين الجدول (3) خصائص الشبكة العصبية الاصطناعية المستخدمة:

الجدول (3): خصائص الشبكة العصبية المصممة للعناصر المشدودة

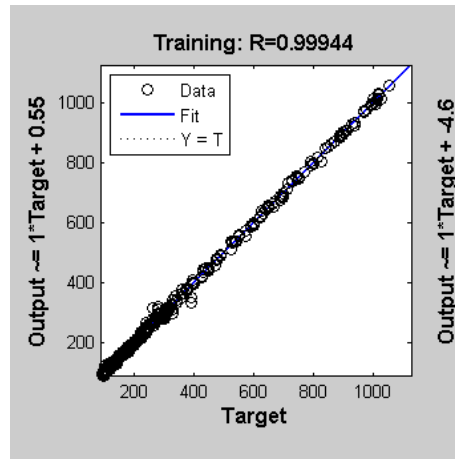
عناصر مشدودة	
7-7-8-2	طبقات الشبكة
LM	خوارزمية التدريب
Log sigmoid-Log sigmoid-Purelin	توابع التفعيل
0.0825	مربع الخطأ الأصغري (MSE)

بنية الشبكة العصبية المصممة مبينة بالشكل (4).

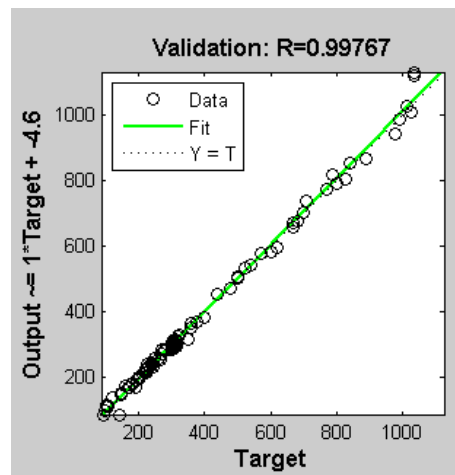


الشكل (4): بنية الشبكة العصبية الاصطناعية للعناصر المشدودة

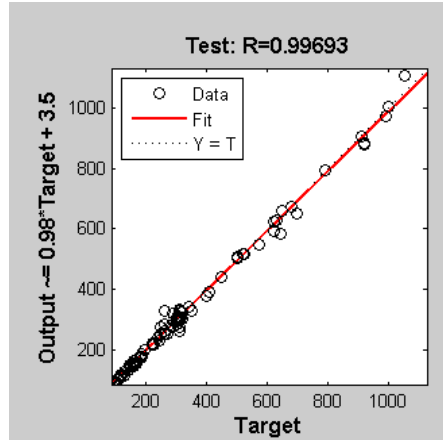
العلاقة بين ANN والتصميم الأمثل المحسوب (تحليل الانحدار) مبينة بالأشكال (5) و (6) و (7) و (8) حيث كانت قيم معامل الارتباط R في مرحلة التدريب (0.99944) وفي مرحلة التحقق (0.99767) وفي مرحلة الاختبار (0.99693) وفي المرحلة النهائية (0.9988) وهي قيم قريبة جداً من الواحد، مما يعني أن العلاقة بين استجابة الشبكة والأهداف المرجوة مثالية والشبكة المصممة لهذه الحالة مثالية جداً.



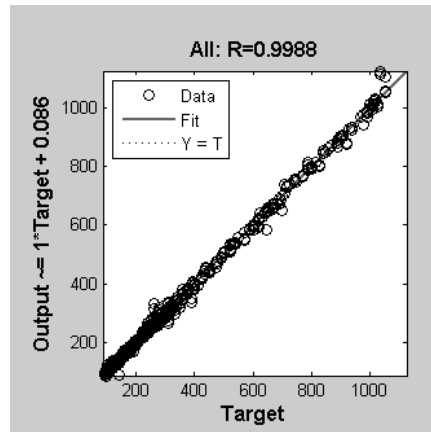
الشكل (5): العلاقة بين استجابة الشبكة والأهداف المرجوة (مرحلة التدريب)



الشكل (6): العلاقة بين استجابة الشبكة والأهداف المرجوة (مرحلة التحقق)



الشكل (7): العلاقة بين استجابة الشبكة والأهداف المرجوة (مرحلة الاختبار)



الشكل (8): العلاقة النهائية بين استجابة الشبكة والأهداف المرجوة

### النتائج والمناقشة:

كي نوضح كيفية تأثير المنهجية المقترحة على الكلفة الكلية الناتجة عن تصميم عنصر معدني مشدود ذي مقطع زاوية متساوية الساقين L سنعرض أمثلة واقعية مصممة بالطريقة المتبعة بالكود الأوروبي [4].

- لدينا عنصر معدني مشدود مقطعة عبارة عن زاوية متساوية الضلعين موصولة باللحام عبر أحد جناحيها وفق الخصائص التالية:

$$f_y = 335 \text{ MPa.}$$

$$L = 6 \text{ m.}$$

$$N_{ed} = 400 \text{ Kn.}$$

وكانت النتائج باستخدام المنهجية التقليدية للطريقة المتبعة في الكود الأوروبي كما يلي:

$$b = 70 \text{ mm}$$

$$t = 9 \text{ mm}$$

وعند تطبيق الشبكات العصبية الاصطناعية للوصول إلى المقطع الأكثر كفاءة حصلنا على النتائج التالية:

$$b = 61.5 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

يبين الجدول (4) الفرق بين الحل بالطريقة التقليدية والحل بالشبكات العصبية الاصطناعية .

الجدول (4): مقارنة بين كلفة التصميم باستخدام الشبكات العصبية وكلفة التصميم بالطريقة التقليدية

Classical solution	ANN solution
b=70mm	b=61.5mm
t=9mm	t=10mm
$A_{class}=1179mm^2$	$A_{ANN}=1130mm^2$

قمنا بالتحقق من نحافة العنصر المشدود ذو المقطع الناتج عن الشبكة العصبية المصممة وذلك بحساب عامل النحافة  $\lambda$  فكان كما يلي :

$$\lambda = \frac{L}{i} = 289.7333 < 300 \quad OK$$

نسبة التوفير :

$$R = \frac{A(class) - A(ANN)}{A(class)} = 4.156 \%$$

أي أن الحل الذي حصلنا عليه باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية يوفر 4.156% من الكلفة التي نحصل عليها عند الحل بالطريقة التقليدية وذلك للحالة المدروسة.

قمنا بإجراء مقارنة بين نتائج بعض مسائل العناصر المشدودة المحلولة بالطريقة التقليدية وبين النتائج التي حصلنا عليها من الشبكة العصبية الاصطناعية المصممة مع التحقق من نحافة العنصر المشدود الناتج عن الشبكة العصبية المصممة كما هو مبين في الجدول (5).

الجدول (5): مقارنة بين نتائج بعض المسائل المحلولة بالطريقة التقليدية وباستخدام الشبكة العصبية المصممة

N	L	Fy	b <sub>class</sub>	t <sub>class</sub>	b <sub>ANN</sub>	t <sub>ANN</sub>	$\lambda$	R %
350	7.5	275	80	10	75.5	9	298.473	14.8
185	5.9	275	60	6	70	5	256.443	1.31
50	2.25	235	25	5	24	5	274.929	4.4444
115	4.5	235	45	6	51.5	5	264.08	2.778
400	6	355	70	9	61.5	10	289.733	4.156
80	3.75	355	40	3	39.1	3	291.4041	2.338
120	3	450	30	5	35.5	4	254.353	2.545
290	4.9	450	50	7	49.6	7	295.0935	0.8602

نلاحظ من الجدول أن مقدار التخفيض في الكلفة يتغير بنسب مختلفة قد تصل إلى 14.8% وذلك بحسب الأمثلة المدروسة.

### الاستنتاجات والتوصيات:

من النتائج السابقة التي حصلنا عليها في هذا البحث نلاحظ أن إتباع المنهجية المقترحة في هذا البحث التي تعتمد على الشبكات العصبية الاصطناعية يمكننا من الحصول على المقطع الأكثر كفاءة والأقل كلفة وذلك وفق المتغيرات

الأساسية التي تعتمد كلاً من شروط الأمان والاقتصاد الداخلة في التصميم بما يتطابق مع متطلبات الكود الأوروبي المعتمد حالياً في سورية وذلك بشكل بسيط وسريع .

إن المقطع الناتج عن الشبكة الاصطناعية هو أكثر توفيراً مقارنة مع المقاطع المستنتجة بطرق التصميم العادية وبالتالي يمكن استخدام هذه التقنية كأساس لتصميم مقاطع معدنية معرضة للشد إلا أنه من المتوقع أن نتائج ANN ستكون سيئة بالنسبة للبيانات التي خارج نطاق التدريب .

- ❖ لذلك نوصي باستخدام قواعد بيانات لأنواع أخرى من المقاطع المعدنية المعرضة للشد .
- ❖ ونوصي أيضاً باستخدام تقنية الشبكات العصبية الاصطناعية لحالات إجهادية أخرى ولأنواع مختلفة من المقاطع .
- ❖ ونقترح استخدام برامج أمثلة لإيجاد العينات التدريبية للشبكة العصبية الاصطناعية .

## References:

- [1] Dr. M . Samara, " *Steel Structures Design*" book, Faculty of Civil Engineering, Damascus University , 2016.pp(23-31).
- [2] Salmon, Charles. Johnson, John.- " *Steel Structures Design and Behavior*" - Fourth Edition, 1996.
- [3] CHAKRABARTY, B. *Model for Optimal Design of Reinforced Concrete Beam*. Journal of Structural Engineering , Vol.25,No. 7,2003,951-964.
- [4] EN 1993-1-1.
- [5] R. Alwafaei.- " *Optimum design of steel section in torsional buckling by using Artificial Neural Networks*"-. Tishreen University , Syria , 2019.
- [6] Freeman, J.A. and Skapura, D.M. " *Neural Networks , Algorithms , Applications , and Programming Techniques* " . 2<sup>nd</sup> . ed , Addison-Wesley, California , 1992 , 393.
- [7] The math works, " *MATLAB V6.5, 24 Prime way, Natick* ", MA 01760-1500, USA, 2002.
- [8] CALIFORNIA SCIENTIFIC SOFTWARE." *Brain Maker Professional , Neural Networks Simulation Software , User's Guide and Reference Manual* " . 1<sup>st</sup>.ed, California university , Nevada city , California , 1994.
- [9] Pro . Allam Zaki Eesa." *Artificial Neural Network , engineering structure , Algorithms , Applications* ".First edition –Shoa'a , Syria , 2000, pp 497.
- [10] Hwgkin,S. " *Neural Networks, A Comprehensive Foundation* " , Prentic Hill, 2<sup>nd</sup> edition, New Jersey, USA, 1999,pp.842.
- [11] Howard, D. and Mark, B. " *Neural Networks toolbox for use with MATLAB* ",User's Guide, Version 4 .Math works, Inc 2002.