الجمهوريّة العربيّة السوريّة
جامعة دمشق
كلية الهندسة الميكانيكيّة والكهربائيّة
قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجيّة وتقاناتها

تطبيق الذكاء الصناعي للتنبّؤ بقوّة شدّ الخيوط القطنيّة

رسالة أُعدّت لنيلِ درجة الماجستير في تكنولوجيا الغزل

إعداد

المهندس غاندي غازي أحمد

إشراف

المشرف المشارك
د.م. محمد ياسر الأيوبي

المشرف العلمي
أ.د.م. معن الحوراني

العام الدراسي

2013 -2014

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

قرار لجنة الحكم على رسالة الماجستير

باختصاص: **تكنولوجيا الغزل**

لطالب الدراسات العليا: **غاندي أحمد**

والتي تحمل العنوان: **تطبيق الذكاء الصناعي للتنبّؤ بقوّة شدّ الخيوط القطنيّة**

استناداً إلى المادتين /163- 164/ من اللائحة التنفيذية لقانون تنظيم الجامعات رقم /6/ لعام 2006 الصادرة بالمرسوم التشريعي رقم /250/ لعام /2006/.

وقرار مجلس جامعة دمشق رقم / 1298 /ص تاريخ 1/ 2/ 2011 بشأن الموافقة على تسجيل رسالة الماجستير للطالب غاندي أحمد في درجة الماجستير باختصاص تكنولوجيا الغزل في قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها من كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية بجامعة دمشق.

وعلى قرار مجلس البحث العلمي والدراسات العليا بجامعة دمشق رقم /1849/م.ب.د تاريخ 2014/3/24 القاضي بتأليف لجنة الحكم على رسالة الماجستير من السادة:

1.	أ.د.م. معن الحوراني	جامعة دمشق	عضواً (مشرفاً)
2.	أ.د.م. عيسى مراد	جامعة دمشق	عضواً
3.	د.م. محمد أبو عصفور	مدرس متعاقد مع جامعة دمشق	عضواً

قامت لجنة الحكم بمناقشة رسالة الماجستير آنفة الذكر علنياً بتاريخ 2014/4/22 و قررت منح درجة الماجستير في تكنولوجيا الغزل لطالب الدراسات العليا غاندي أحمد بتقدير / امتياز/ وبعلامة قدرها (95) خمس وتسعون درجة وفقاً لما يلي:

عضو لجنة الحكم	الرسالة 45 %	الدفاع 45 %	البحث 90 %	تميز 10 %
أ.د.م. معن ا لحوراني	45	45	90	5
أ.د.م. عيسى مراد	45	45	90	
د.م. محمد أبو عصفور	45	45	90	
المجموع	45	45	90	5
95 درجة				

الدكتور المهندس	الأستاذ الدكتور المهندس	الأستاذ الدكتور المهندس
د.م. محمد أبو عصفور	**أ.د.م. عيسى مراد**	**أ.د.م. معن ا لحوراني**

الإهداء

إِلَى

مَنْ

أُحِبُّ ...

كلمة شكر

" مَنْ لَمْ يَشْكُرِ المَخْلُوق ... لَمْ يَشكُرِ الخَالِق"

أتقدَّمُ بجزيلِ الشُّكرِ لكلِّ مَنْ ساعدني في إنجازِ هذا البحث:

- **الأستاذ الدكتور المهندس: معن الحوراني** *المشرف العلمي*
- **الدكتور المهندس: محمد ياسر الأيوبي** *المشرف المشارك*
- **الدكتور المهندس: ماجد قاسو** *خبير في تكنولوجيا الغزل*
- **الدكتورة المهندسة: هيام خدام** *قسم هندسة الحواسيب والأتمتة*
- **المهندس: يحيى السمكري** *مدير إنتاج سابق في الشركة الخماسية*
- **المهندسة: وئام الخطيب** *قسم هندسة الصناعات النسيجية*
- **السيد: عبده الناهوم** *رئيس مراقبة الجودة في الشركة الخماسية*

الفهرس

قرار لجنة الحكم على رسالة الماجستير..... 1
الإهداء..... 2
كلمة شكر..... 3
الفهرس..... 4
قائمة الأشكال..... 7
قائمة الجداول..... 9
الرموز والمصطلحات العلمية المستخدمة..... 11
الملخص..... 12
المقدمة..... 13
المشكلة العلمية..... 14
أهمية البحث وأهدافه..... 15
1. الفصل الأول: الدراسة المرجعيّة لنماذج التنبّؤ بقوة شدّ الخيوط..... 16
1.1 تمهيد..... 17
2.1 نماذج التنبّؤ بقوة شد الخيط..... 17
3.1 الارتباط بين قوة الخيط وقوة تيلة الألياف..... 30
4.1 الخلاصة..... 31
2. الفصل الثاني: المواصفات التكنولوجية للقطن (ألياف & خيوط) 32
1.2 تمهيد..... 33
2.2 المواصفات التكنولوجية المعتمدة في الشبكة العصبونية..... 33
1.2.2 طول التيلة..... 33
1.1.2.2 تمهيد..... 33
2.1.2.2 المنحني الطبيعي لتوزيع أطوال ألياف القطن..... 34
3.1.2.2 أنواع أطوال ألياف القطن..... 34
4.1.2.2 مخطط الـ Fibro-graph..... 36
5.1.2.2 الاختلاف المُقاس في أطوال الألياف..... 37
2.2.2 النعومة..... 39
3.2.2 المتانة..... 40

4.2.2 النضج..... 42
1.4.2.2 تمهيد 42
2.4.2.2 طرق تحديد نضج ألياف القطن..... 43
3.2 المواصفات التكنولوجية لخيوط القطن المعتمدة في الشبكة العصبونية..... 45
1.3.2 اختبارات القوة والاستطالة..... 45
1.1.3.2 مقدمة..... 45
2.1.3.2 تعاريف..... 45
3.1.3.2 منحني قوّة الشدّ– استطالة..... 49
2.3.2 أنظمة ترقيم الغزول (نمرة الخيط) 55
3.3.2 برم الغزول..... 57
4.2 خلاصة..... 58
3. الفصل الثالث: الذكاء الصناعي والشبكات العصبونية الصنعية..... 59
1.3 مقدمة..... 60
2.3 الشبكات العصبونية الصنعية..... 62
1.2.3 تمهيد..... 62
2.2.3 الشبكة العصبونية الصنعية..... 63
3.2.3 فوائد الشبكات العصبونية..... 64
4.2.3 خواص الشبكات العصبونية الصنعية..... 65
1.4.2.3 مقدرات التطبيق..... 65
2.4.2.3 التعليم والتعميم..... 65
3.4.2.3 الإنجاز الموثوق..... 66
4.4.2.3 المعالجة المتوازية..... 67
5.2.3 الوصف الرياضي للعصبون..... 67
1.5.2.3 العصبون..... 67
2.5.2.3 تابع التفعيل..... 68
6.2.3 بنى الشبكات العصبونية الصنعية..... 70
1.6.2.3 عناصر أو خلايا الحساب العصبوني..... 70
2.6.2.3 نموذج التوصيل..... 71
7.2.3 عملية التعليم..... 73
1.7.2.3 التعليم غير الموجه..... 74

2.7.2.3 التعليم الموجّه (بوجود معلّم) 75
8.2.3 الشبكة العصبونية المستخدمة في البحث..... 76
4. الفصل الرابع: الدراسة التجريبيّة..... 77
1.4 تمهيد..... 78
2.4 إنشاء قاعدة البيانات..... 78
3.4 بناء الشبكة العصبونية الصنعية..... 84
1.3.4 تمهيد..... 84
2.3.4 استخدام أداة nftool..... 85
4.4 الواجهة الرسومية لكامل الخوارزمية (GUI) 89
5.4 النتائج..... 91
6.4 مقارنة مع علاقة Salaviov..... 94
5. الفصل الخامس: النتائج والمقترحات..... 98
1.5 النتائج والمناقشة..... 99
2.5 التوصيات والمقترحات..... 100
3.5 الآفاق المستقبلية للبحث..... 101
المراجع..... 102
الملاحق..... 105

قائمة الأشكال List of Figures

الشكل	الصفحة
الشكل (2-1): توزيع أطوال ألياف القطن وفق طريقة Baer Sorter	34
الشكل (2-2): UHML	35
الشكل (2-3): توزيع الألياف في خصلة القطن	36
الشكل (2-4): مخطط Fibro-graph	36
الشكل (2-5): تأثير النعومة على عدد الألياف في مقطع الخيط	39
الشكل (2-6): منحني الاستطالة والقوة	47
الشكل (2-7): منحني القوة والاستطالة النموذجي لألياف الصوف	49
الشكل (2-8): منحني القوة والاستطالة للخيط بشكل جزئي	50
الشكل (2-9): تحديد نقطة الخضوع وفق طريقة Slope Threshold	50
الشكل (2-10): تحديد نقطة الخضوع وفق طريقة Offset Yield	51
الشكل (2-11): تحديد نقطة الخضوع وفق طريقة Zero Slope Method	51
الشكل (2-12): تحديد نقطة الخضوع وفق طريقة Meredith's Construction	52
الشكل (2-13): مُعامل Young	53
الشكل (2-14): مُعامل Chord	53
الشكل (2-15): مُعامل Secant	54
الشكل (2-16): مُعامل Tangent	54
الشكل (2-17): اتجاه البرم	57
الشكل (3-1): الخلية العصبية الطبيعية	62
الشكل (3-2): بنية الشبكة العصبونية الطبيعية	62
الشكل (3-3): بنية بسيطة لـ ANN	63
الشكل (3-4): بنية بسيطة للشبكة العصبونيّة الصنعيّة	67
الشكل (3-5): تابع العتبة (الخطوة)	69
الشكل (3-6): تابع الخطوي الخطي (التطابق)	69

الشكل (3-7): تابع Sigmoid	69
الشكل (3-8): تابع Tan sig	69
الشكل (3-9): شبكة أمامية بطبقة واحدة	71
الشكل (3-10): شبكة أمامية متعددة الطبقات	72
الشكل (3-11): شبكة ذات تغذية خلفية	73
الشكل (3-12): أنواع الشبكات العصبونية	73
الشكل (3-13): أنماط تعليم الشبكات العصبونية الصنعية	74
الشكل (3-14): مخطط صندوقي عام لتعليم الشبكات العصبونية بدون موجّه	75
الشكل (3-15): المخطط الصندوقي العام لتدريب الشبكة بوجود موجّه	76
الشكل (4-1): مخطط صندوقي للـ ANN المطلوبة	83
الشكل (4-2): المخطط الصندوقي العام للـ nftool	85
الشكل (4-3): نسب أشعة الدخل	85
الشكل (4-4): المخطط الصندوقي للشبكة المطلوبة	86
الشكل (4-5): النتائج النهائية لعملية التدريب	86
الشكل (4-6): المنحنيات البيانية الخاصة بعملية تدريب الشبكة	86
الشكل (4-7): منحنيات الانحدار الخطي الخاصة بالشبكة	87
الشكل (4-8): نتيجة التدريب ونسبة الخطأ في الشبكة المختارة	88
الشكل (4-9): نتائج شبكة عند زيادة عدد العصبونات عن (10)	88
الشكل (4-10): نتائج شبكة عند زيادة نسبة الأشعة المختارة للتدريب	89
الشكل (4-11): نتائج شبكة عند زيادة عدد أشعة التعميم	89
الشكل (4-12): الصفحة الأولى من الـ GUI	90
الشكل (4-13): الصفحة الأولى من الـ GUI مع رسالة تنبيه	90
الشكل (4-14): الصفحة الثانية من الـ GUI	91
الشكل (4-15): الصفحة الأولى من الـ GUI للاختبار	93
الشكل (4-16): الصفحة الثانية من الـ GUI للاختبار	93
الشكل (4-17): منحنيات متانة الخيط تبعاً للأسلوب (ANN, Salaviov, Real)	97

قائمة الجداول List of Tables

الجدول	الصفحة
الجدول (2-1): تقييم طول ألياف القطن	38
الجدول (2-2): تقييم قيمة نعومة ألياف القطن باستخدام جهاز WIRA	40
الجدول (2-3): تقييم متانة الألياف وفقاً لدليل بريسلي	41
الجدول (2-4): تقييم متانة ألياف القطن وفق طريقة Presley	42
الجدول (2-5): تقييم معدل النضج لألياف القطن	44
الجدول (3-1): مقارنة بين الذكاء الطبيعي والصناعي	60
الجدول (4-1): حساب وسطي طول الألياف في الخلطة	80
الجدول (4-2) : حساب وسطي نعومة الألياف في الخلطة	81
الجدول (4-3) : حساب وسطي نضج الألياف في الخلطة	81
الجدول (4-4) : حساب وسطي متانة الألياف في الخلطة	81
الجدول (4-5): ملخص نتائج التجارب العملية	82
الجدول (4-6): مواصفات عينة الاختبار	92
الجدول (4-7): تحديد مُعامل تصحيح البرم (K)	95
الجدول (4-8): نتائج تجارب مقارنة التنبؤ بمتانة الخيط مع المتانة التجريبية (المخبرية)	96
جدول الملحق /1/: تصنيف رتب الأقطان السورية	105
الجدول (ملحق/2/-1): مواصفات ألياف خلطة القطن (1) والخيوط الناتجة عنها	106
الجدول (ملحق/2/-2): مواصفات ألياف خلطة القطن (2) والخيوط الناتجة عنها	106
الجدول (ملحق/2/-3): مواصفات ألياف خلطة القطن (3) والخيوط الناتجة عنها	107
الجدول (ملحق/2/-4): مواصفات ألياف خلطة القطن (4) والخيوط الناتجة عنها	107
الجدول (ملحق/2/-5): مواصفات ألياف خلطة القطن (5) والخيوط الناتجة عنها	108
الجدول (ملحق/2/-6): مواصفات ألياف خلطة القطن (6) والخيوط الناتجة عنها	108

الجدول (ملحق/2/-7): مواصفات ألياف خلطة القطن (7) والخيوط الناتجة عنها	109
الجدول (ملحق/2/-8): مواصفات ألياف خلطة القطن (8) والخيوط الناتجة عنها	109
الجدول (ملحق/2/-9): مواصفات ألياف خلطة القطن (9) والخيوط الناتجة عنها	110
الجدول (ملحق/2/-10): مواصفات ألياف خلطة القطن (10) والخيوط الناتجة عنها	110
الجدول (ملحق/2/-11): مواصفات ألياف خلطة القطن (11) والخيوط الناتجة عنها	111
الجدول (ملحق/2/-12): مواصفات ألياف خلطة القطن (12) والخيوط الناتجة عنها	111

الرموز والمصطلحات العلمية المستخدمة

الرموز	المصطلحات الأجنبية	المصطلحات العربية
AI	Artificial Intelligence	الذكاء الصناعي
ANN	Artificial Neural Networks	الشبكات العصبونيّة الصنعيّة
YS	Yarn Strength [g_f]	قوّة شدّ الخيط
YT	Yarn Twist [t/m]	برمات الخيط
YC	Yarn Count [Ne]	نمرة الخيط
FT	Fiber Tenacity [cN/tex]	متانة الألياف
FM	Fiber Maturity [M]	معدّل نضج الألياف
FF	Fiber Fineness [micronaire]	نعومة الألياف
Tf	Fiber Count [tex]	نمرة الألياف
FL	Fiber length [mm]	طول الألياف
P.Y.T	Predicted Value of Yarn Tenacity [cN/tex]	متانة الخيط المُتَوقّعة
R.Y.T	Real Value of Yarn Tenacity [cN/tex]	متانة الخيط التجريبية (المخبرية)
ŋ%	Prediction error percentage	النسبة المئويّة لخطأ التوقّع
H_0	The Index of Technological Process	مؤشّر العمليّة التكنولوجيّة
K	The Correction Factor for Twist	مُعامل تصحيح البرم
μ	The Correction Factor for The Quality of Equipment	مُعامل ارتباط بجودة التجهيزات
α	The Twist Factor	ثابت البرم الفعلي
α_c	The Critical Twist Factor	ثابت البرم الحرج (الحدي)
β_i	Percentage of the i^{th} fiber composing a blending	نسبة مشاركة الرتبة (i) في الخلطة

تطبيق الذّكاء الصّناعي للتنبّؤ بقوّة شدّ الخيوط القطنيّة

الملخص

يهدف هذا البحث إلى إظهار إمكانية تطبيق الذكاء الصناعي في معامل الغزل. في هذا البحث تمّ استخدام إحدى التطبيقات الواسعة للذكاء الصناعي وهو التنبؤ. تُعتبر الشبكات العصبونيّة الصنعيّة من أكثر فروع الذكاء الصناعي المستخدمة في عمليات التنبؤ.

تعتبر قوة شد الخيط من أهم خواص الخيط والتي تعكس جودة الخيط إلى حد كبير. التنبؤ بقوة شد الخيط مهمة جداً من وجهة نظر تكنولوجية حيث يعطي معلومات حول الفهم العملي لتولّد القوى في الخيوط المغزولة.

في هذا البحث تم استخدام الشبكات العصبونيّة الصنعيّة للتنبّؤ بقوّة شدّ الغزول القطنيّة.

تمّ جمع البيانات وإجراء القسم العملي في الشركة الصناعية التجارية المتحدة (الخماسية). ثم تمّ تأسيس خوارزمية الشبكة العصبونية الصنعية. بعد تأسيس العديد من الشبكات العصبونية تمّ اختيار شبكة أعطت نسبة خطأ مقبولة. اختُبرت هذه الشبكة على عينة جديدة وتم مقارنة النتائج مع النتائج التجريبية (المخبرية) وكذلك مع علاقة سلافيوف المخصّصة للتنبؤ بقوة شد الخيط وأعطت نتائج مقبولة جداً وأفضل من علاقة سلافيوف.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الصناعي، التنبؤ، قوة شد الخيط، قطن، الشبكات العصبونية الصنعية.

المقدّمة

منذ أكثر من قرن مضى كان أسلوب التنبؤ بقوة شد الخيط الموضوع الرئيسي لعدد من الأبحاث وذلك لأن قوة شد الخيط تعد المركب الأساسي في جودة الخيط. وقد استخدمت خواص الألياف والمُعاملات الأخرى كمساعدات في إنشاء نماذج التنبؤ بقوة شد الخيط. ويعتبر تطوير هذه النماذج التنبؤية لقوة شد الخيط مهم دائماً من الناحية النظرية والعملية.

من جهة أخرى يعدّ الذكاء الصناعي من أحدث علوم الحاسب الآلي، وينتمي هذا العلم إلى الجيل الحديث من أجيال الحاسب الآلي ويهدف إلى أن يقوم الحاسب بمحاكاة عمليات الذكاء التي تتم داخل العقل البشري. للذكاء الاصطناعي تطبيقات عديدة، سواء كانت تطبيقات ذات أغراض عامة مثل الإدراك والتعليل المنطقي والتنبّؤ، أو كانت مهمات ذات غرض خاص مثل لعب الشطرنج أو التشخيص الطبي.

في هذا البحث تم عرض مراجعة لنماذج التنبؤ السابقة بقوة شد الخيط. واُقترحت طريقة جديدة باستخدام الذكاء الصناعي. نظراً لفروع الذكاء الصناعي العديدة تم اعتماد أكثرها استخداماً في مجال التنبّؤ. هذا الفرع هو الشبكات العصبونية الصنعية والتي ستُستخدم كوسيلة تنبّؤ بقوّة شدّ الخيوط القطنية.

في نهاية البحث تمّ مقارنة نتائج الشبكة العصبونية الصنعية مع أكثر العلاقات الرياضية شيوعاً للتنبّؤ بقوة شد الخيط "علاقة Salaviov". أظهرت المقارنة أن الشبكة العصبونية الصنعية (ANN) أعطت نتائج أفضل من "علاقة Salaviov".

المشكلة العلميّة

بسبب العلاقة غير الخطية بين مواصفات الألياف ومتغيرات العملية الإنتاجية، فإن إنشاء نماذج للتنبؤ بقوة شد الخيط يستلزم حل شبكة مترابطة من التعقيدات. وليس من السهولة فهم كيفية سلوك الألياف بعد غزلها في الخيط، لذا فقد تم استخدام أعداد كبيرة من الطرق للبحث، بعض هذه الطرق قامت بإنشاء نماذج للتنبؤ بسلوك الخيوط، والغالبية الواسعة من هذه التنبؤات تتعلق بسلوك الخيط أثناء تعرضها للشد. وقد تنوعت أساليب التنبؤ بقوة شدّ الخيط النموذج الرياضي والنموذج الإحصائي والنموذج التجريبي.

من جهة ثانية لا يوجد أسلوب شامل لتوقّع قوة شدّ الخيط الناتج، وذلك بسبب افتقار العلاقات موضوع الدراسة إلى النظرة الشاملة وكمثال عليها نذكر علاقة Salaviov:

$$S_v = S_f(1 - 0.0375 \cdot H_o - 2.65\sqrt{\frac{Tt_f}{Tt_y}})Z \cdot K_\alpha \eta \quad ,$$

حيث:

S_v : متانة الخيط (g_f/tex)

S_f: متانة الألياف (g_f/tex)

Tt_y: الكثافة الخطية للخيط (tex)

Tt_f: الكثافة الخطية للألياف (tex)

H_o :مؤشر العملية التكنولوجية

η: عامل ارتباط بجودة التجهيزات

K_α: مُعامل تصحيح البرم

Z: مُعامل تصحيح طول الألياف

يُلاحظ من علاقة (Salaviov) عدم احتوائها على عامل نضج الألياف. إن العلاقات المتبعة عالمياً للتنبّؤ بقوة شد الخيط غير متبعة في مصانع الغزل المحلية وتحتاج إلى تجارب لتطويرها بما يتلاءم مع القطن السوري والتكنولوجيا الحديثة لصناعة الغزل وهذه المسألة هي أحد مشاكل هذا البحث، وحل هذه المشكلة هي إحدى أهدافه.

أهميّة البحث وأهدافه

هدف هذا البحث هو الحصول على خوارزمية تعتمد على الذكاء الصناعي في التنبّؤ بقوّة شدّ الخيط عوضاً عن الأساليب التقليدية للتنبّؤ بقوة شد الخيط. وذلك بالاعتماد على دراسة خواص الدخل (الألياف) حسب نسب الخلط في بالات القطن ودراسة خواص الخرج (الخيوط) ثمّ تأسيس خوارزمية وتمرينها وبعد عملية التمرين يمكن إدخال خواص معينة للدخل (الألياف) إلى البرنامج و بالتالي يقوم البرنامج بتوقّع قوّة الشدّ الخاصة بنمرة معينة للخيط و برم معين.

بعد تأسيس الخوارزمية يمكن لمعمل الغزل الذي ستتم الدراسة فيه، أن يبيّن قوّة شدّ الخيط للزبون الذي يطلب إنتاج خيط بنمرة معينة وعدد برمات معين، وذلك قبل إنتاجه على الخط بشكل فعلي (أي يمكن التنبؤ بأحد عناصر الخرج بعد تثبيت عناصر الخرج الأخرى). وفي ذلك توفير بالجهد والإنتاج والزمن والمال.

كما يهدف البحث إلى تطوير نظام مراقبة الجودة في خط الغزل الذي ستتم الدراسة فيه. وذلك من خلال مقارنة قوة شد الخيط التجريبية (المخبرية) والمتوقعة، ففي حال حدوث فرق كبير بين النتيجتين وجب على القائمين على العملية الإنتاجية التنبّه إلى ضرورة إجراء صيانة للآلات الإنتاجية.

من الأهداف غير المباشرة للبحث إجراء تطبيق عملي للاستفادة من قدرات الذكاء الصناعي في معامل الغزل. وفتح أفق جديد في تطوير تكنولوجيا الغزل عن طريق تسليط الضوء على إمكانية إدخال الذكاء الصناعي في هذه التكنولوجيا. فإذا تمكن هذا البحث من معالجة حالة خاصة (وهي استخدام الذكاء الصناعي للتنبؤ بقوة شد الخيط)، أمكن بعد ذلك تعميم تطبيقات الذكاء الصناعي لحل المشاكل التي تواجه قطاع الصناعات النسيجية.

الفصل الأول

الدراسة المرجعيّة لنماذج التنبّؤ بقوّة شدّ الخيوط

A Reference Study for Predictive Models for Strength of Spun Yarns

1-1 تمهيد Introduction:

تُعتبر قوّة شدّ الخيط واحدة من أهم مُعاملات جودة الخيط. فالتنبؤ بقوة شدّ الخيط مهمّة جداً من وجهة نظر تكنولوجيّة حيث يجب أن يتم إنتاج الخيط الهندسي وفقاً لاحتياجات المستهلك كما أنه يعطي معلومات حول الفهم العملي لتوليد القوى في الخيوط المغزولة.

وبسبب العلاقة غير الخطية الموجودة بين مواصفات الألياف ومُعاملات العملية الإنتاجية، وبنية الخيط وقوة الخيط فإن إنشاء نماذج للتنبؤ بقوة شد الخيط يستلزم حل شبكة مترابطة من التعقيدات. وليس من السهولة فهم كيفية سلوك الألياف بعد غزلها في الخيط. لذا فقد تم استخدام أعداد كبيرة من الطرق للبحث. بعض هذه الطرق قامت بإنشاء نماذج للتنبؤ بسلوك الخيوط، والغالبية الواسعة من هذه التنبؤات تتعلق بسلوك الخيط أثناء تعرضها للشد. وبالرغم من تعدد خواص الشد إلا أن التنبؤ بقوة شد الخيط تحتل مكانة أساسية. هناك خمسة أساليب أساسية للتنبؤ بقوة شد الخيط، وهي: النموذج الرياضي والنموذج الإحصائي والنموذج التجريبي ونموذج المحاكاة الحاسوبية ونموذج الشبكات العصبونية. وفي هذا الفصل ستُستعرض النماذج الرياضية والإحصائية والتجريبية للتنبؤ بخواص شد الخيط.

1-2 نماذج التنبّؤ بقوّة شدّ الخيط Models Of Predicting Yarn Strength:

تمتلك النماذج الرياضيّة قاعدة أساسيّة في الفيزياء التطبيقية والمستنتجة من المبادئ الأولى. زوّدت هذه النماذج الباحثين بفهم أفضل للعلاقات الداخلية المعقدة للمُعاملات المختلفة والتي تحدد خواص الخيط. ربما تحتاج النماذج الرياضية لتبسيط الفرضيات وجعل الرياضيات قابلة للبحث والتقصي. لذلك فقد تكون أخطاء التنبؤ كبيرة. وعند إجراء مقارنة يمكن ملاحظة أنّ النماذج الإحصائية والتجريبية أسهل للبحث والتطوير بالمقارنة مع النماذج الرياضية على الرغم من كونها (النماذج الإحصائية والتجريبية) تتطلب تجارب مكلفة تحت شروط معينة لإنجاز البيانات المطلوبة للنمذجة. أحياناً قد تتأثر هذه البيانات بأخطاء القياسات وبالمشاكل المتكررة أثناء العملية الإنتاجية. وغالباً ما تفشل هذه البيانات المستنتجة عند التنبؤ بخواص خارج المجال الذي أنجزت من أجله.

هنالك العديد من المحاولات لإنشاء نظريات أساسية للخيوط المغزولة من الألياف القصيرة. وكمثال على هذه المحاولات ما عرضه: Hearle Grosberg and Backe [1]، Zurek [2]، Postle and de Jong [3] Caranb. مستخدمين الطرق السابقة المعتمدة على تحليل قوى التشوه. إنّ

التعقيدات المرافقة للمعالجة الرياضية لبنية الخيط غالباً ما تمنع بعض النماذج النظرية لتكون أساليب عملية مفيدة في التنبؤ. هنالك دراسات تعتمد على تحليل الخيوط المغزولة من الألياف القصيرة بواسطة سلوك الطاقة [1] وتعتبر هذه الطريقة قادرة على معالجة تأثير انزلاق الألياف بسبب ما يتطلبه تبديد الطاقة. وقد استخدم أسلوب العنصر المحدد لمعالجة بنية الخيط [4]. هذا الأسلوب مزود بحلول عددية في أغلب دراسات النمذجة الميكانيكية لذا فإنّه من المفيد افتراض بنية مثالية للخيط المقترح كما أوضح Hearle [1]:

i. يتضمن الخيط أعداد كبيرة من الألياف محدودة الطول.
ii. يتم ضم الألياف إلى الخيط بشكل نظامي.
iii. المقطع العرضي للخيط دائري.
iv. يفترض توضع الألياف في الخيط على شكل لوالب بنصف قطر وزاوية ثابتة. وجميع هذه اللوالب وفي كافة أنحاء المقطع العرضي لها نفس العدد من البرمات في وحدة الطول وتتوضع بشكل موازٍ لمحور اللولب.
v. من المفروض أن الألياف تتبع مسارات هجرة مثالية وبمسافة شعاعية تزداد عند المحور وتتناقص ببطء وبشكل منتظم بين مركز الخيط ومحيطه.
vi. من المفروض أن الألياف لها صفات وأبعاد متماثلة ومرنة بشكل تام وتخضع لقانون كل من هوك وأمونتون Hook's and Amonton's laws.
vii. من المفترض أن يكون ضغط التنقل بين الألياف وأيّ نقطة أصغرياً في جميع الاتجاهات العمودية على محور الألياف.

بكافة الأحوال فإن الخيط الواقعي العملي يتفاوت إلى حد كبير مع بنية الخيط المثالي. وكمثال على ذلك فإن الخيط الفعلي لديه عدم انتظامية في كتلة الخيط على وحدة الطول (النمرة) والشكل والبرم وترتيب الألياف وفي تتبع مسارات الهجرة للألياف الفردية. وكذلك فإن من المفترض في بنية الخيط المثالي أن تكون نهايات الألياف موزعة بشكل عشوائي في الخيط بدون أي تحيز، لكن ذلك غير صحيح دائماً فمن المعروف بأن نهايات الألياف في الخيوط الحلقية تتوضّع على سطح الخيط مما يؤثّر في توزيع الضغط على الخيط بسبب الانزلاق في نهاية الألياف.

كان Gegauff [5] أول من قام بتحليل قوة شد الخيط نظرياً بواسطة بنية الخيط. فقد استنتج علاقة رياضية بسيطة بين زاوية البرم وقوة شد الخيط. قام Gurney [6] بتوسيع تلك العلاقة حيث أخذ بالحسبان طول الألياف ومواصفات الاحتكاك فيما بينها بالإضافة إلى برم الخيط. وقد جرب ذلك في الخيوط القطنية تحت الشد فقد لاحظ نوعين من القوى : Viz Fores والتي تقوم بضغط الألياف بشكل عادي، والقوى التي تسبب الانزلاق. لذا اقترح بأنه عندما يكون معدل الالتواء التي تسبب الانزلاق بالنسبة للقوى العادية تتجاوز قيمة معينة وهذه القيمة تنسجم مع مُعامل الاحتكاك (μ) عندئذ يحدث الانزلاق. وقد استنتج تعابير لحساب الضغط في الألياف الفردية آخذاً بالاعتبار كل من طول الألياف ومُعامل الاحتكاك.

يُعتبر تحليل سوليفان (Sullivan's analysis) أول طريقة نظرية تفترض الهندسة المثالية حيث حاول ربط قوة الخيط بخواص الألياف وبرم الخيط [7]. كما أنه عرف مُعامل التركيب composite factor (الناشئ من مُعامل الاحتكاك والطول ومساحة سطح الليف) لتحديد قوة الشد في الخيوط المبرومة. كما أنه استنتج علاقة القوة الأعظمية عند البرم المثالي وأثناء استنتاجه للعلاقة حدد عدة فرضيات مثل تطور الشد الاعتباطي في الطبقات الخارجية من الخيط، وأن كل الألياف متوازية فيما بينها. كما أن جميع الألياف تتوضع في لوالب تامة. من الضروري ذكر مفهوم الضغط الاعتباطي على السطح هو الذي يسبب الشد وذلك لأن سوليفان لم يأخذ بالاعتبار الهجرة الطبيعية للألياف. بينما عرف Hearle [1] مفهوم الهجرة في تحليل ميكانيكية الخيوط. وقد أظهر قيم البرم والهجرة الملائمة لتوليد انغلاق ذاتي وبنية قوية والتي بإمكانها أخذ جزء من الحمولة وبالتالي يمكن التغاضي عن الضغط الاعتباطي على السطح.

عنون Gregory [8] في بحثه (بنية خيوط القطن) مشاكل التغير في أطوال الخيوط. حيث استخدم عناصر الخيوط الصنعية لحساب نمرة الخيط والبرم في النقطة التي ينهار فيها الخيط. وقد أظهر تحليله على القطن المدروس نتيجة مفادها ″ بأن زاوية البرم في حالة القوة الأعظمية مستقلة عملياً عن أي نمرة من مجال النمر الواسعة ″

وقد أظهر Pan[9 – 11] في سلسلة أبحاثه أنّه يمكن التنبّؤ بشكل كامل بمنحني الإجهاد – الضغط للخيط من خواص الألياف. تم مناقشة جميع هذه التحليلات وبالرغم من الفهم الشامل لبنية الخيط الداخلية إلا أنه لا يمكن إجراء تنبؤات بقوة القطع للخيط ربما بسبب التعقيدات الخارجية لبنية الخيط

المُعطى. حيث أن المعادلات المستنتجة من قبل الباحثين تتطلب العديد من المتغيرات والتي من الصعب قياسها في الحالة العملية. وعلى الرغم من هذا فإن قوة القطع تعتبر من الخواص الهامة للخيط ومن المستحسن إجراء أي عملية للتنبؤ بها حتى لو تطلب ذلك طرق لا تحيط ببنية الخيط كما في الطرق التي تمت الإشارة إليها. سيتم عرض بعض الطرق الرياضية والإحصائية والعملية للتنبؤ بقوة شد الخيط لاحقاً.

أسس Bogdan علاقة عملية بين خواص الليف وقوة شد الخيط [12,13] وقد عرف مُعامل جوهري لقوّة الشدّ والتي تمّ تحديدها عملياً. حيث افتراض أنّ علاقة قوّة القطع للخيط S لشلة غزل تُعطى بالعلاقة (1−1):

$$S = k\left[\frac{P}{C}\left\{1 - 10^{-0.13(M-T)^2}\right\} - F\right] \qquad (1\text{-}1)$$

حيث:

K: ثابت تصحيح ميل الألياف والتحويل للطول القاطع للخيط المفرد $k=\frac{160}{1+BM^2}$

B: مُعامل ميل الألياف P: مُعامل القوّة الجوهري

C: عدد يتعلق بنظام الخيط القطني M: البرم المضاعف

T: عامل البرم غير المؤثر F: عامل السحب

وقد أظهر Bogdan أن عامل زاوية الليف B وُجد ليكون ثابت نسبي لجميع أنواع القطن عند قيمة 0.014. يُعبّر تحليل الخيوط القطنية عن مُعاملات تتعلق بشكل جوهري بقوّة الشدّ P. وقد استخدم هذا المُعامل لوصف مُعامل جودة القطن أو مؤشر الجودة .

يمكن غزل الخيوط القويّة جداً من الأقطان الناعمة والطويلة وذلك عند قوة مثالية في عدد برمات أصغر ما يمكن بينما تكون قوة الشد عند مستوى أقل بالنسبة للأقطان الخشنة والقصيرة. ولذلك توصل للنتيجة " تناقص قيمة مُعامل البرم T غير مؤثّرة في حال زيادة قيمة P". وقد أوجد Bogdan العلاقة التجريبية (1−2):

$$T = 4.5 - 0.15P \qquad (2\text{-}1)$$

$$F = \frac{2.1}{P-8} \qquad (3\text{-}1)$$

ولذلك تم إعادة كتابة المعادلة (1−1) لتصبح بالشكل (1−4).

$$S = \frac{160}{1 + 0.014M^2}\left[\frac{P}{C}\left\{1 - 10^{-0.13(M+0.15P-4.5)^2}\right\} - \frac{2.1}{P-8}\right] \quad , \qquad (4-1)$$

للتنبّؤ بقوّة قطع شلة غزل يكفي فقط تحديد مُعامل قوّة شدّ الخيط الجوهرية (P) من التجارب. تم استنتاج المعادلة (1–4) من فرضية أنّ خواص الألياف المتشابهة تؤثّر على انحدار وتوقف خط النمرة CS مما يعطيها أهمية نسبية. أشار Subramanianetal [14] إلى أنّ القيمتين المختلفتين لـ Q التي تم حسابها من مجموعتين من خواص الألياف يمكن تعريفها واستخدامها بشكل مناسب في المعادلة (1–4) ويمكن أن تستخدم للتنبؤ بقوة الخيط بدقة أكبر. بالتالي تصبح معادلة Bogdan (1–4) بعد التعديل على الشكل (1–5).

$$CS = \frac{160}{1 + 0.014M^2}\left[P_1\left\{1 - 10^{-0.13(M+0.15P_1-4.5)^2}\right\} - \frac{2.1}{P_s - 8}C\right] \quad , \qquad (5-1)$$

حيث:

CS: حاصل قوة النمرة P_1: مُعامل القوّة المُقابل للتوقف

P_S: مُعامل القوة المُقابل للانحدار

كذلك أظهر أن مُعامل القوة الجوهرية P يمكن أن يرتبط مع الصيغة المعدلة لمؤشر جودة الألياف Q والتي قام Lord [15] بتجديدها لتأخذ الشكل (1–6):

$$P = R\frac{e^{0.02Q} - 1}{0.02(Q+1)} + \frac{D}{Q+1} \quad , \qquad (6-1)$$

حيث R و D ثوابت يعبران عن شروط عملية الغزل ويمكن تحديدهما تجريبياً. أمّا Q يتمّ تحديدها من العلاقة (1–7):

$$Q = \frac{E\sqrt{SS_0}}{\sqrt{HH_s}} \quad , \qquad (7-1)$$

حيث:

E: الطول الفعّال في (inch) 1/32، S: قوة التيلة عند طول (inch) 1/8، S_0: قوّة التيلة عند طول يساوي الصفر ، H: نعومة الألياف الفعلية، H_s: نعومة الألياف القياسية.

قام Neelakantan et al [16] بمقارنة متانة الخيط g مع متانة تيلة الألياف s باستخدام المعادلة (1-8).

$$s = \left[\frac{N}{N - k(N)^d}\right] g \quad , \qquad (1-8)$$

ولحساب g، تُصبح المعادلة بالشكل (1-9).

$$g = s\left\{1 - k(N)^b\right\} \quad , \qquad (1-9)$$

حيث:

N: متوسط عدد الألياف الظاهرة في المقطع العرضي

k , b , d : ثوابت ، وترتبط b مع d بالعلاقة (1-10):

$$b = (d - 1) \qquad (1-10)$$

وحسب Solovev [17] فإنّ قوّة شدّ الخيوط القطنية هي أساساً تابعة لكل من خواص الخيوط والألياف وتعطى بالعلاقة (1-11).

$$S_v = S_f(1 - 0.0375 \cdot H_0 - 2.65\sqrt{\frac{Tt_f}{Tt_y}})Z \cdot K_\alpha \eta \quad , \qquad (1-11)$$

حيث:

S_v : قوة شد الخيط (g_f/tex) S_f: قوة شد الألياف (g_f/tex)

Tt_y: الكثافة الخطية للخيط (tex) Tt_f: الكثافة الخطية للألياف (tex)

H_0 : مؤشر العملية التكنولوجية (3.4-4 لنظام القطن الممشط ، 4.5-5 لنظام القطن المسرح)

η: عامل ارتباط بجودة التجهيزات تتراوح قيمته بين 0.95-1.1 وللتجهيزات المثالية = 1

K_α: مُعامل تصحيح البرم Z: مُعامل تصحيح طول الألياف ويعطى بالعلاقة (1-12).

$$Z = 1 - \frac{5}{L_k} \qquad (1-12)$$

حيث: L_k: وسطي طول التيلة بالخلطة (the classer's length of cotton)

يُعطى مُعامل تصحيح البرم K_α من جدول يبين قيم مُعامل التصحيح للاختلافات بين عامل البرم للخيط المعطى (α) وعامل البرم الحرج (α_k).

حيث مُعامل البرم الحرج يعطى بالعلاقة (1−13).

$$\alpha_k = \frac{(1120 - 70F)}{l_k} + \frac{57}{\sqrt{Tt_y}} \quad , \qquad (13-1)$$

قام [18] Usenko بتحويل علاقة Solovev لتناسب خيوط الفيسكوز ، فحافظ على المُعاملات الأساسية والمستخدمة في القطن بينما قام بتغيير بعض قيم الثوابت لتناسب الفيسكوز وأصبحت الصيغة بالشكل (1−14).

$$S_y = S_f(1 - 0.0375 \cdot P_o - \frac{2.8}{\sqrt{n}})Z \cdot K_\alpha \beta \quad , \qquad (14-1)$$

حيث :

S_y: الطول القاطع للخيط بـ (km)　　S_f: الطول القاطع للألياف بـ (km)

Z: مُعامل تصحيح طول الألياف　　β :مُعامل يتعلق بعدم انتظامية طول الألياف

K_α : مُعامل تأثير برم الخيط الذي يتعلق بالاختلاف بين قيمة برم الخيط وقيمة البرم الحرج.

P_o: مُعامل يتعلق بالعملية التكنولوجية (فبالنسبة لنظام القطن المسرح والمستخدم لغزل الفيسكوز تكون قيمة `Po=2.5−3.5).

n : متوسط عدد الألياف في المقطع العرضي للخيط والذي يحسب بالعلاقة (1−15).

$$n = \frac{Tt_y}{Tt_f} \qquad (15-1)$$

واستخدم Usenko العلاقة (1−16) لحساب المُعامل Z:

$$Z = 1 - \frac{1.8}{\mu l_k} \quad , \qquad (16-1)$$

حيث:

μ: عامل الاحتكاك بين الألياف　　L_k: طول الألياف (mm)

استخدم Frydrych [19] العلاقة الرياضية (1−17) لتقييم قوة الخيط.

$$Q_\gamma = Q_h\left[1 - 3.64v_{Fh}\left(1 - q^{-\frac{1}{7}}\right)\right] \quad , \qquad (17-1)$$

حيث:

Q_y: قوة الشد المتوقعة [cN/tex] Q_h: الضغط في منطقة قطع الخيط [cN/tex]

V_{fh}: معمل الاختلاف في قوة القطع وطول الخيط في منطقة التمزق والتي تعطى بالعلاقة (1−18).

$$v_{Fh} = \beta\sqrt{\frac{Tt_y}{Tt_f}} \quad , \qquad (18-1)$$

حيث:

Tt_y: نمرة الخيط (tex) Tt_f: نمرة الليف (tex)

β: عامل يتعلق بنظام الغزل للنظام المسرح β =2 وللممشط β =1.35

$$q = \frac{l_y}{l_h} \quad , \qquad (19-1)$$

حيث:

L_y: طول الخيط المقاس (mm) L_h: طول منطقة التمزق (mm)

ويمكن الاعتماد على العامل V_{fh} لحساب مُعامل الاختلاف في قوة الخيط. حيث أن اختلاف الكتلة الفعلية للخيط ونعومة الألياف ونمرة الخيط تم تحديدها حسب حدود اختلاف الكتلة Martindale [20].

استخدم Frydrych [19] النموذج للتنبؤ بقوة شد الخيوط القطنية بعد إدخال خواص هجرة الألياف إليها. قام Zurek [2] بوصف المعادلات ذات العلاقة بتقييم طول الليف والضغط والإجهاد المتولد فيه وقام بتطوير هذه المعادلات بما يتوافق مع بنية الخيط. وهناك العديد من المعادلات التي قام Frydrych[19] بوضعها والتي يعود الفضل فيها لأعمال Zurek [2] و Zurek, Frydrych and Zekrzewski [21].

كما قام Ghosh et al [22] بتطوير معادلة كثافة الخيط المغزول (Q_t) بالشكل (1−20).

$$Q_t = \frac{n_h}{n_e} \cdot F_h \cdot \frac{\varphi_b}{100} \cdot \cos^2\theta' \quad , \qquad (20-1)$$

حيث:

n_h: عدد الألياف في مكان قطع الخيط φ_b: النسبة المئوية للألياف المقطوعة في منطقة انهيار الخيط

θ`:الزاوية المتوسطة للولب الألياف عند انهيار الخيط n_e: عدد المتوسط للألياف في المقطع العرضي للخيط

F_h: كثافة تيلة الألياف والتي تقاس بمقياس الطول المساوي إلى الطول الفعلي للمنطقة الضعيفة من الخيط

أسّس Kraus et al [23] نموذج رياضي لقوّة شدّ الخيط المغزول هوائياً. وقد استنتج كل من الحالتين التاليتين:

1) في حالة انزلاق ألياف النواة بنسبة 100% وذلك يحدث عندما تكون قوى الاحتكاك f_s على الألياف أصغر من قوة قطع الألياف عندئذٍ تكون معادلة شد الخيط F_1 هي (1−21):

$$F_1 = \frac{ABfZ\cos\alpha_0}{(1+e_f)}\left[(1+e_y)+\frac{\mu}{\pi}y\tan^2\alpha_0(1+e_r)^2\right] \quad , \qquad (21-1)$$

2) في حالة انزلاق جزئي وقطع جزئي للألياف في النواة وذلك يحدث عندما تكون قوى الاحتكاك f_s تصل إلى الحمل القاطع f لبعض الألياف عندئذٍ تكون قوة شد الخيط F_2 هي (1−22):

$$F_2 = fZ\left[(1-AB)+\cos\alpha_0 AB\frac{(1+e_y)}{(1+e_f)}-\frac{\pi(1+e_f)(1-AB)^2}{4\mu yAB\cos\alpha_0\tan^2\alpha_0(1+e_r)^2}\right] \quad , \qquad (22-1)$$

حيث:

A: طول حواف الألياف B: النسبة بين الطول المتوسط لحافة الألياف وطول الألياف

Z: عدد الألياف في المقطع العرضي للخيط e_f: إجهاد الليف (مع إهمال الإجهاد الابتدائي لليف)

e_y: إجهاد الخيط e_r: الإجهاد على نصف قطر الخيط

μ: مُعامل الاحتكاك في ألياف النواة Y: معدل مرونة الألياف

α_0: الزاوية المتوسطة للولب المتشكل من الليف السطحي في حال عدم إجهاد الخيط.

طوّر Rajamanickam et al [24] صيغة حساب قوّة شدّ الخيط الهوائي. وقد اعتمد على القوى المساهمة في تغليف الخيط بالإضافة إلى ألياف النواة وهي تحت الحمل المطبق على الخيط.

وقد افترض Pan [25] المعادلة (1−23) لحساب قوة شد الخيط المبروم بشكل عادي $< \sigma y >$.

$$< \sigma_y >= \eta_q \eta_l V_f (l_c \alpha \beta)^{-1/\beta} \exp(-\frac{1}{\beta}) \quad , \qquad (23-1)$$

حيث:

η_q: مُعامل فعالية التوجيه η_l: مُعامل فعالية الطول

V_f: حجم الليف L_c: الطول الحرج

α: مُعامل القياس β: مُعامل يتعلق بالشكل

وقد استنتج Pan العلاقة السابقة بالاعتماد على نظرية الإحصاء. وفي بحث آخر أظهر كل من Pan Hua and Qiu , العلاقة بين قوة الخيط وقوة تيلة الألياف بالشكل (1−24).

$$\frac{< \sigma_y >}{< \sigma_b >} = \left(\frac{l_f}{l_c} \right)^{1/\beta} V_f \eta_q \quad , \qquad (24-1)$$

حيث:

$< \sigma_b >$: قوّة تيلة الألياف (cN)

L_f: طول الألياف (mm)

وكذلك أظهروا العلاقة بين قوة الخيط وقوة الألياف المكونة للخيط وفق (1−25).

$$\frac{< \sigma_y >}{< \sigma_f >} = \left(\frac{l_f}{l_c} \right)^{1/\beta} \frac{V_f \eta_q}{\beta^{1/\beta} \exp\left(\frac{1}{\beta}\right) \Gamma\left(1+\frac{1}{\beta}\right)} \quad , \qquad (25-1)$$

طوّر Lyengar et al [27,28] علاقات معينة وذلك بتضمين طول الألياف ونعومتها وتماسكها وعدم انتظامية الطول. وذلك ضمن اعتبارات علمية للتنبّؤ بتماسك الخيوط المغزولة بتقنيات علمية قياسية. فكانت معادلة التنبّؤ بتماسك الخيط (1−26).

$$R = \left\{ \frac{L - 10}{\sqrt{F}} \right\} \cdot S \cdot U \quad , \qquad (26-1)$$

حيث:

L: الطول المتوسط للألياف (mm) F: وزن الليف على وحدة الطول (mg/mm)

S: متانة الليف (cN/tex) U: معدل عدم انتظامية الليف (%)

وقد قدم [29] Elmogahzy معادلة الانحدار لحساب قوة النمرة المنتجة CSP للخيوط بالشكل (1-27).

$$CSP = -4184.4 + 1141.2\,FL + 71.2\,LU + 49.4\,FE + 32.4\,FS - 22.7\,Rd + 2041/FF \quad , \qquad (27-1)$$

حيث:

FL: الطول المتوسط للألياف فوق المنتصف (inch) LU: عدم انتظامية الطول

FE: استطالة الليف (%) FS: قوة الليف (cN)

Rd: درجة انعكاس اللون FF: نعومة الألياف (micronaire)

وقد أعطى [30] Hafez الصيغة (1-28) للتنبؤ بقوة الشلة وقوة الخيط المفرد.

$$S = (T.t)\,[b \log (\, tl^2\, i^2\,) + a] \quad , \qquad (28-1)$$

حيث:

S: قوّة شدّ الشلة (N) T: البرمات في المتر (t/m)

t: نمرة الخيط (mg/m) L: الطول المتوسط للألياف (mm)

b =23.53 للخيوط المسرّحة و 33.27 للخيوط الممشطة.

a =196.87 للخيوط المسرّحة و 287.89- للخيوط الممشطة.

i: متانة تيلة الألياف عندما يكون طول القياس عند صفر في جهاز Pressley (mN/mg/m).

$$H = (T.t)\,[0.278 \log (tl^2 i^2) - 2.39] \quad , \qquad (29-1)$$

حيث:

H: قوة شدّ الخيط المفرد (mN).

اقترح Huntar [31] مجموعة معادلات الانحدار (من (1-30) إلى (1-35)) للتنبّؤ بقوّة شدّ الغزل الحلقي والتوربيني بالاعتماد على خواص الألياف.

$$\text{Ring yarn } CSP = 43\,UR + 125\,BT - 103BE - 65Mc + 10.5YC + 47.3TF - 3601 \qquad (30-1)$$

$$\text{Ring yarn } CSP = 0.057\,UR^{1.03}\,BT^{1.15}\,BE^{-0.27}\,Mc^{-0.14}\,YC^{0.18}\,TF^{0.87} \qquad (31-1)$$

$$\text{Rotor yarn } CSP = 19.1\,UR^{0.32}\,BT^{0.71}\,BE^{-0.39}\,Mc^{-0.34}\,TC^{-0.14}\,YC^{0.37}\,TF^{0.29} \qquad (32-1)$$

$$\text{Ring yarn tenacity (cN/tex)} = 0.31UR + 0.80BT - 1.1BE - 0.73Mc + 0.062YC + 0.35TF - 21.8 \qquad (33-1)$$

$$\text{Ring yarn tenacity (cN/tex)} = 1.22\times10^{-3}\,UR^{0.97}\,BT^{1.03}\,BE^{-0.39}\,Mc^{-0.29}\,YC^{0.14}\,NTP^{-0.036}\,TF^{0.92} \qquad (34-1)$$

$$\text{Rotor yarn tenacity (cN/tex)} = 0.0304\,SL_{50\%}^{-0.62}\,UR^{1.07}\,BT^{1.02}\,BE^{0.64}\,Mc^{-0.18}\,YC^{0.24}\,NTP^{0.078}\,TF^{0.29} \qquad (35-1)$$

حيث:

UR: معدل الانتظام (%)

BT: متانة التيلة (cN/tex)

BE: استطالة التيلة (%)

Mc: النعومة (micronaire)

Yc: نمرة الخيط (tex)

TF: عامل البرم

NTP: عدد جزيئات الأوساخ

$SL_{50\%}$: طول 50% من الألياف (mm)

Tc: محتوى الأوساخ (يتم قياسه بجهاز شيرلي لتحليل الأوساخ)

أوجد Ethridge et al علامة تجريبية خطية بين قوة الخيط التوربيني وقوة الألياف والنعومة ومعدل انتظام طول الألياف ورمادية الألياف وقام بتعريف CSP للخيط التوربيني وفق المعادلة (1-36).

$$CSP = -6487.01 + 728.84\ln S - 2913.89M + 658.41M^2 - 50.10M^3 + 2258.54\ln U - 0.00003(G \times Y)^2 \quad (36-1)$$

حيث:

InS: اللوغاريتم الطبيعي لقوة الألياف M^i: مؤشر النعومة مرفوعاً للقوة (i)

InU: اللوغاريتم الطبيعي لمعدل انتظام الطول $(G\times Y)^2$: مربع حاصل جداء رمادية المنتج باصفراره

تظهر المعادلة المذكورة أعلاه أنّ قوّة الألياف وانتظام الطول ترتبط إيجاباً مع قوة الخيط، بينما يُؤثّر كل من الاصفرار و الرمادية على CSP تأثيراً سلبياً بسيطاً. إن قيمة النعومة هي أهم عناصر مؤثر في CSP الخيط التوربيني، إلا أنّ الدراسات الأخيرة والتي قام بها Ramey et al [32] فشلت بإيجاد أي علاقة هامّة بين CSP وقيمة نعومة الألياف، وذلك بسبب المجال المحدد للألياف والتي لا تغير كثيراً بـ CSP.

وفي دراسة أخرى، أوجد Swiech et al [34] معادلة الانحدار الخطي لقوة الخيط التوربيني بالعلاقة مع خواص الألياف وفق المعادلة (1-37).

$$Wp = 13.1434 + 0.1371\ Ww - 0.0221\ Ttw + 0.4125\ Mic - 0.0173\ K - 0.0899\ Dk + 0.0050\ Zz \quad (37-1)$$

حيث:

Wp: قوّة الخيط (cN) Ww: قوّة الليف (cN)

Ttw: نمرة الخيط (tex) Mic: نعومة الألياف (micronaire)

K: محتوى الغبار Dk: طول التيلة (mm)

Zz: محتوى الأوساخ

وقد توصل Chasmawala et al [35] لمعادلة الانحدار لقوة الخيط الهوائي وفق المعادلة (1-38).

$$\text{Breaking load} = 515 - (3.12 \times \#\text{core}) \quad , \quad (38-1)$$

حيث:

#core: عدد الألياف في النواة لذلك عند تزايد الألياف في النواة فإن الحمل القاطع يتناقص.

3-1 الارتباط بين قوة الخيط وقوة تيلة الألياف The Correlation Between Yarn Strength and Fiber Bundle Strength:

تم نشر العديد من الأعمال لتعريف عنصر قوة ملائم للألياف لكي يتعلق بقوة الخيط الحلقي. حيث قام Brown [36] بعمل شامل على 105 صنف قطن بخصوص الارتباط بين قوة الخيط وقوة الليف الذي تم قياسه على أطوال مختلفة (mm 8 -6 -4 -2 -0) وقد وجد أن الارتباط يكون أعلى ما يمكن عند طول [mm] 2,4 ، لذلك تم استنتاج مسافة الإمساك المكافئة للألياف الفرد في قطوعات الخيط فكانت تقريباً [mm] 3. وذلك للعمل على اختبار (inch) 1/8 لقياس قوة الليف.

إلا أنه تم القيام بعمل في ATIRA [37] أظهر أن مربع قوة تيلة الألياف في مقياس من(inch) 0 إلى (inch) 1/8 من الطول أفضل من ناحية الارتباط مع قوة الخيوط القطنية من العمليتين الآخرين.

ولكن أوجد Tallant et al أن قوة شد تيلة الألياف في مقياس صفر طول كان الأفضل لذلك، وفي مقياس (inch) 1/8 والذي اعتبر معياراً يربط قوة تيلة الألياف بقوة الخيط المعدلة. وقد توقع أن قياس قوة الألياف عند (inch) 1/8 من الطول مع التقنيات و الآليات المستخدمة وفي بعض الأطوال يمكن استخدام خصائص توزيع الطول بالحسبان.

اقترح Lord [15] أن قوة شد ألياف القطن يتم قياس عند طول (inch) 1/8 والذي يتعلق أكثر بقوّة شدّ الخيط من قوة الشد المأخوذ عند طول اختبار يساوي (inch) 0. وهذا الأسلوب عملي مع الخيوط المسرحة أكثر من الخيوط الممشطة . ففي الخيوط المسرحة يكون ترتيب الألياف بعيداً عن الانتظام فعند تعرض أطوال من الخيط إلى الضغط فإن الشد لا يوزع بطريقة منتظمة على طول الألياف. فالخيط يركب من تعاقب عناصر من قاطع خصل الألياف . ومن بين العديد من العوامل فإن قوة الشد للخيط تعتمد على قوة خصل الألياف وذلك بالعلاقة مع أطوال الألياف. فبالنسبة للخيوط المسرحة إن قوة الخصل المُقاسة عند طول اختبار يساوي الصفر يشير إلى معطيات أقل فائدة من حالة قياسها عند طول اختبار يساوي (inch) 1/8. إن الانتظام المتزايد والمتوازي في ترتيب الألياف في الخيوط الممشطة يسبب تناقص في الطول الفعال لعناصر الخيط. الميزة التي يمكن أن تحدث أثناء عملية الزوي هي عندما تتصل الألياف بعمق فيما بينها وبمثل هذه المواد فإن أفضل طول لاختبار قوّة شدّ تيلة الألياف هو الطول الأقرب إلى الصفر.

4-1 الخلاصة Conclusion:

من المناقشة السابقة تبيّن أنّه تمّ إدراج الإحصائيات الميكانيكية بالإضافة إلى النماذج التجريبية للتنبّؤ بقوة الخيط العملية في أدبيات الأبحاث منذ ظهور الاهتمام الأولي بهذه الأبحاث. أثناء المناقشة تبيّن أنّ النماذج التجريبية والنظرية لقوة الخيط تتعلّق بأنظمة الغزل المختلفة. وكذلك فإن نماذج التنبّؤ المختلفة ركزت بشكل أو بآخر على متانة الألياف وطول تيلتها ونعومتها. يمكن اعتبار هذا الفصل كأداة بحث متقدمة في هندسة الخيط ولفهم أكثر مواصفات الألياف والخيوط المؤثرة في قوّة شدّ الخيط النهائي. ممّا يساعد بتطوير نماذج تنبّؤ تختلف عن الأساليب الإحصائية والرياضية والتجريبية التقليدية كالنموذج المنشود من هذا البحث.

الفصل الثاني

المواصفات التكنولوجية للقطن

(ألياف & خيوط)

The Technical Properties of Cotton

(Fibers & Yarns)

2-1 تمهيد Introduction:

يتمتع القطن بخواص كثيرة سواء كان على شكل ألياف أو على شكل خيوط. بدراسة العلاقات المخصصة للتنبؤ بقوة شد الخيط في الفصل السابق، نجد أنها تركز بشكل أو بآخر على ثلاث خواص لألياف القطن (النعومة، الطول، قوة شد الليف). لكن قوة الليف سوف تختلف تبعاً لترسب مادة السيللوز على الليف، أيّ أنّ خاصية نضج الليف تلعب دوراً مؤثراً على قوة الليف وبالتالي على قوة شد الخيط النهائي.

لذا ستُدرس خواص الألياف هذه (النعومة، الطول، المتانة، النضج) بشيء من التفصيل على اعتبار وجودها الحتمي ضمن الشبكة العصبونية.

بالنسبة إلى خواص الخيوط فمن الدراسة المرجعية لعلاقات التنبّؤ بقوّة شد الخيط، وُجد أنّ خواص الخيط المؤثرة على قوّته أكثر من غيرها هي نمرة الخيط وبرماته. بالتالي سيتم اعتمادها ضمن الشبكة العصبونية المبتغاة.

ولا بدّ من دراسة قوة الشدّ بشيء من التفصيل على اعتبار أنها الهدف المنشود من هذا البحث.

2-2 المواصفات التكنولوجية لألياف القطن المعتمدة في الشبكة العصبونية The Technical Properties of Cotton Fibers Should Be in The Neural Network:

2-2-1 طول التيلة Staple Length:

2-2-1-1 تمهيد:

يقع طول التيلة ضمن مجال mm (20.6-41.3) وبالنسبة للقطن السوري ضمن مجال (28.6-25.4)mm وطول التيلة مواصفة أساسية لتحديد نمرة الخيط الذي يمكن غزله ولطول التيلة علاقة مباشرة بانتظامية وقوة شد واستطالة وعيوب المظهرية للغزول المنتجة [53].

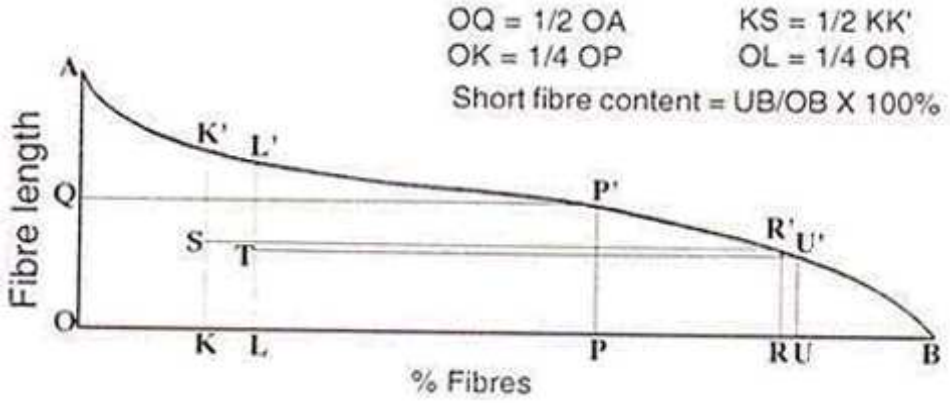
يعدّ طول الألياف القطنية خاصية ذات قيمة اقتصادية؛ إذ بواسطة هذه الخاصية يتمّ تحديد القيمة التجارية للأقطان.

كلما ازداد طول الألياف القطنية ستعطي قدرة غزل أفضل تتجلى بانخفاض المشاكل التكنولوجية وزيادة كفاءة التشغيل (ازدياد قيمة مُعامل الانتفاع في مختلف مراحل الغزل) وكذلك المراحل اللاحقة (نسيج، حياكة).

2-2-1-2 المنحني الطبيعي لتوزيع أطوال ألياف القطن:

تتميز جميع أصناف القطن بما يسمى منحني توزيع الأطوال الطبيعي (وهو المنحني الذي نحصل عليه عند ترتيب أطوال الألياف تنازلياً).

- منحني توزيع أطوال الألياف القطنية: ويأخذ الشكل(2-1):



الشكل(2-1): توزيع أطوال ألياف القطن وفق طريقة Baer Sorter

المحور الأفقي يعبر عن نسبة تواجد الألياف (%)، أما المحور الشاقولي يعبر عن أطوال الألياف بـ mm.

2-2-1-3 أنواع أطوال ألياف القطن:

يمكن تمييز أطوال الألياف التالية من منحني التوزيع الطبيعي:

1) **الطول المتوسط (ML) (Mean Length)**: وهو المتوسط الحسابي لطول الألياف الموجودة في العينة وتحسب إما على أساس عدد الألياف أو على أساس وزن الألياف.
2) **الطول الموافق لنسبة ربع الألياف الطويلة (Upper Quartile Length)**: وهو الطول الذي تتحقق عنده النسب التالية:
   i. 25% من الألياف ذات طول أكبر من هذا الطول(UQL).
   ii. 75% من الألياف ذات طول أقل من هذا الطول(UQL).

3) **الطول المنوال Modal Length**: وهو الطول الموافق لطول الألياف الأكثر تكرارا في العينة الواحدة.

4) **الطول الوسط Median length**: وهو الطول الموافق للنسبة 50% على المحور الأفقي لمنحني توزيع أطوال الألياف (بحيث يكون عدد هذه الألياف قبل هذا الطول مساو لعددها بعده).

5) **الطول الفعال Effective length**: وهو المتوسط الحسابي لطول الألياف التي أطوالها أكبر من الطول المنوال.

6) **الطول التجاري**: وهو المتوسط الحسابي الوزني لمجموعة من العينات ويحسب وفق المعادلة (2-1).

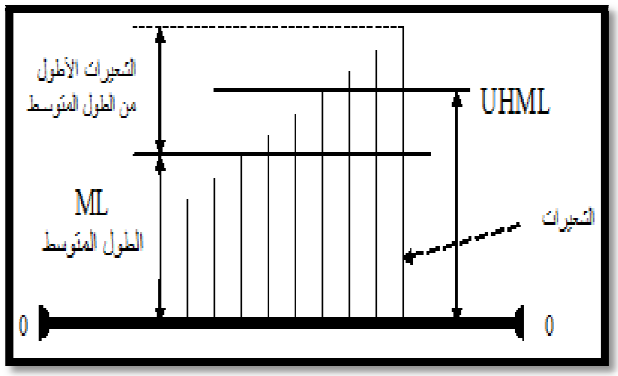
$$L_T = \frac{\sum_{i=1}^{n}(g_i \times \overline{L_i})}{\sum_{i=1}^{n} g_i} \qquad (1-2)$$

حيث:

L_i: الطول المتوسط للعينة (i) g_i: وزن العينة i

n: عدد العينات L_T: الطول التجاري[1]

7) **UHML (upper half mean length)**: وهو المتوسط الحسابي لأطوال الألياف الأطول من الطول المتوسط (وفقاً للشكل(2-2)):



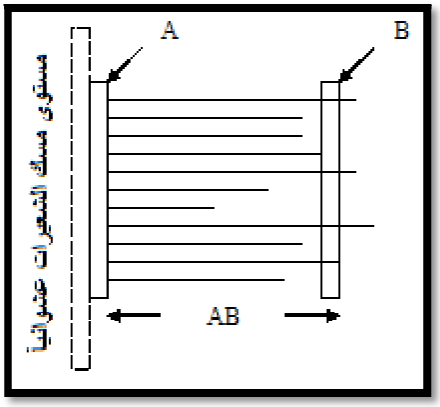
الشكل (2-2): UHML

ومن الشكل يجب الانتباه دائماً أنّ الطول المتوسط ML أقل من UHML.

[1] في بعض المراجع يسمى بالطول المرجح

4-1-2-2 مخطط الـ Fibro-graph:

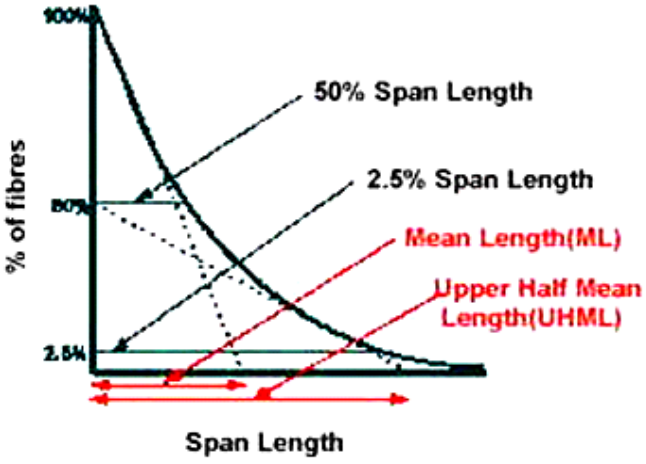
في هذا المخطط يُعطي توزيع الأطوال ونسب هذه الأطوال وفقاً لعدد الألياف كما في الشكل (2-3).



الشكل (2-3): توزيع الألياف في خصلة القطن

وعلى فرض أن عدد الألياف عند النقطة A هو N ليف وعدد الألياف عند المستوى B هو $2.5\% \times N$ عندئذ فإن الطول AB يسمى : $AB = 2.5\% span \cdot length = 2.5\% SL$.

أما مخطط الـ Fibro-graph يُعطى بالشكل (2-4).



الشكل (2-4): مخطط Fibro-graph

يمثل المحور الشاقولي نسبة عدد الألياف ، أما المحور الأفقي فيمثل طول الألياف span length.

ويؤخذ من مخطط الـ Fibro-graph القراءات التالية:

1) 2.5%SL (2.5%span length): وهو الطول الموافق لنسبة الألياف 2.5% من إجمالي عدد ألياف العينة العشوائية.
2) 50%SL (50%span length): وهو الطول الموافق لنسبة الألياف 50% من إجمالي عدد ألياف العينة العشوائية.
3) 66.7%SL (66.7%span length): وهو الطول الموافق لنسبة الألياف 66.7% من إجمالي عدد ألياف العينة العشوائية.

تكون المعادلة (2−2) محققة دائماً:

$$2.5\%\ SL > 50\%\ SL > 66.7\%\ SL \qquad (2-2)$$

يمكن الربط بين هذه الأطوال وفقا للمعادلات التجريبية (2−3) و(2−4).

$$L_e = [1.013 \times (2.5\%\ SL)] + 4.39 \qquad (3-2)$$

Le: الطول الفعال mm.

$$ML = [1.242 \times (50\%\ SL)] + 9.78 \qquad (4-2)$$

ML: الطول المتوسط mm.

2−2−1−5 الاختلاف المُقاس في أطوال الألياف:

يُلاحظ من خلال المنحني الطبيعي لتوزيع أطوال الألياف وجود اختلاف كبير في أطوال الألياف (من بداية وحتى نهاية المنحني) وكذلك في نسبة وجودها ويعبر عن ذلك بعدم انتظامية أطوال هذه الألياف وبالتالي فإن اختلاف أطوال هذه الألياف سيؤدي إلى ظهور المشاكل التكنولوجية التالية:

1. زيادة فاقد العوادم.
2. عدم انتظامية الغزل وزيادة عدد العيوب (imperfections) ونسبتها وذلك كنتيجة ثانوية لزيادة أمواج السحب المتشكلة في حقول السحب (نتيجة ازدياد نسبة الألياف الطافية).
3. تخفيض متانة الغزل النهائي وزيادة تحرير الألياف من محوره وزيادة حالة التشعّر hairiness.

يتم قياس اختلاف أطوال الألياف وفقا لمُعاملين أساسيين:

- نسبة الانتظامية Uniformity Ratio وتحسب من المعادلة (2−5).

$$UR\% = \frac{50\%\ SL}{2.5\%\ SL} \times 100 \qquad (5-2)$$

كلما ازدادت هذه النسبة أعطت اتجاهاً إلى تقارب أطوال الألياف.

- دليل انتظامية الأطوال Uniformity Index ويحسب من العلاقة (2−6).

$$UI\% = \frac{ML}{UHML} \times 100 \qquad (6-2)$$

ويتم تقييم طول الألياف وفق الجدول (2−1).

الجدول (2−1): تقييم طول ألياف القطن

Length & Uniformity ***الطول & الانتظامية***	
الطول الأعلى من المتوسط (inch)	
قصيرة	أقل من0.99
متوسطة	0.99−1.10
طويلة	1.11−1.26
طويلة جداً	أعلى من1.26
درجة الانتظامية (%)	
منخفض جداً	أقل من77
منخفض	77−79
متوسط	80−82
عالي	83−85
عالي جداً	أعلى من85

في هذا البحث تمّ استخدام جهاز الأمشاط لقياس طول الألياف وهو جهاز الكتروني يعمل على قياس توزيع أطوال الألياف و يعتمد مبدأ عمل الجهاز على تغير التأثير على خلية ضوئية كهربائية وذلك من خلال تغير الضوء الساقط على الخلية الضوئية من لمبة متوهجة على شكل أنبوبة فلوريسنت. حيث يؤخذ عينة من الأقطان ويتم وضعها في حجرة مخصصة ثم يتم رفعها نحو الأعلى ومن خلال مقبض يوضع فيه المشط يتم نزع مجموعة من الألياف على كامل عرض المشط بعد ذلك يرفع المشط ليوضع في جهاز الاختبار حيث تكون الألياف ممسوكة في مشط بين اللمبة والخلية فيمر الضوء بكمية معينة

تعتمد على عدد و طول الألياف الموجودة، تعمل الخلية الضوئية على تحويل الاختلاف في شدة الضوء إلى اختلاف في شدة التيار الذي يمر في دارة كهربائية ويتم وصل الجهاز إلى حاسب لترجمة هذه الإشارات إلى الأرقام و النتائج و الخط البياني المعبر عن هذه النتائج تعاد التجربة عدة مرات و تؤخذ القراءة الوسطية لمجموعة النتائج.

ومن النتائج التي يعطيها الجهاز:

SL 2.5%: الطول الفعّال SL 50%: الطول المتوسّط

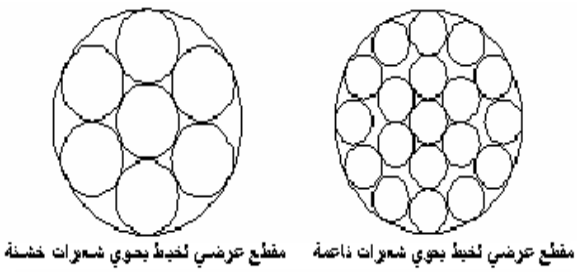
UHML: متوسط أطوال الألياف الأطول من المتوسط UR%: درجة الانتظامية

CV%: مُعامل الاختلاف SFC%: نسبة الألياف القصيرة الأقل من 0.5 (inch)

2-2-2 النعومة Fineness:

يمكن تعريف الميكرونير بمساحة المقطع العرضي لليف أيّ الثخانة وتتراوح قيمته بين 2.9-5.6 فالقيمة الأدنى هي الأفضل. للميكرونير أثر مباشر على معظم مواصفات الخيط لأن قيمته تحدد عدد الألياف في مقطع الخيط وارتفاع قيمة الميكرونير تتناسب طرداً مع قوة شد الخيط المنتج ويجب فرز إرساليات القطن وفق مجموعات قيم الميكرونير بحيث لا تتجاوز مجال المجموعة +0.2 لضمان انتظامية جيدة للخيط وتلافي التونيس في الخيوط والأقمشة بعد الصباغة [53].

في حال إنتاج غزلين لهما نفس الكثافة الخطية ولكن يختلفان بوسطي نعومة الألياف فإن الغزل الناتج من ألياف ذات نعومة عالية سيحتوي على عدد أكبر من الألياف في المقطع العرضي ولذلك سيكون أكثر انتظامية وأكثر متانة من الغزل الناتج من الألياف ذات النعومة المتدنية. كما يوضح الشكل (2-5).



الشكل (2-5): تأثير النعومة على عدد الألياف في مقطع الخيط

تشير نعومة الألياف إلى أبعاد المقطع العرضي لألياف القطن. إنّ المقطع العرضي غير منتظم لكامل الألياف لذا فإنّ تحديد مساحة المقطع العرضي ستكون صعبة.

يُستخدم دليل النعومة Fineness Index كمصطلح لقياس نعومة الألياف والذي يُعبر عنه بواحدات الكثافة الخطية (mtex) أوبالـ (micronaire).

ويعرف الميكرونير بأنه وزن الليف مقدراً بـ ميكروغرام µg لكل واحد بوصة من طول الليف (µg/inch)

وبالتالي العلاقة بين النعومة مقدرة بواحدات الـ mtex والـ micronaire تُعطى بالعلاقة (2−7).

$$1\ mtex = \frac{10000}{254} \times micronaire \qquad (7-2)$$

في هذا البحث قيست قيمة الـ micronaire من خلال جهاز WIRA. تعتمد نظرية هذا الجهاز على تمرير هواء مضغوط خلال عينة من ألياف القطن وقياس مقاومة تلك العينة لضغط الهواء تحت ضغط ثابت وظروف ثابتة من الحرارة والرطوبة. وبناء على اختلاف قيمة مقاومة عينة القطن للهواء المضغوط يتم تحديد قيمة الـ micronaire [40]. تُقيّم نتائج قيمة نعومة القطن وفق الجدول (2−2).

الجدول (2-2): تقييم قيمة نعومة ألياف القطن باستخدام جهاز WIRA

نعومة الألياف Fiber Fineness	
النعومة (Micronaire)	الوصف
Up to 3	Very fine
3.6 - 3	Fine
4.7-3.7	Medium
5.4 - 4.8	Coarse
5.5 Above	Very Coars

2−2−3 المتانة Tenacity:

وتعبر عن مقاومة ألياف القطن عند القطع. وتقاس متانة الألياف في الأجهزة المخبرية بـ g_f/tex وتتراوح قوة شد الألياف بين 15−36 g_f/tex. وقوة شد الخيط المنتج (بالبرمات المناسبة) تتناسب طرداً مع قوة شد الألياف المكونة له وقوة شد القماش يتناسب طرداً مع قوة شد الخيوط المكونة لهذا القماش

لكن مُعامل اختلاف قوة الشد يجب أن يكون منخفضاً للقطن وللغزل أيضاً لضمان انتظام المتانة على طول الخيط [53].

وهي خاصية أساسية يتم من خلالها تقيم قوة الشد للغزل النهائي الناتج ويمكن تصور متانة الألياف وفقاً لـ:

1. قوة القطع.
2. المتانة (قوة القطع النسبية).

من الواضح أن الألياف القطنية الخشنة تعطي قوى شد أعلى (في حالتها الإفرادية) فيما إذا كانت الألياف ناعمة . لمقارنة متانة الألياف القطنية المختلفة فيما بينها بالنعومة كان لابد من تقسيم قوة القطع على الكثافة الخطية لليف للوصول إلى المتانة النسبية (قوة القطع النسبية وتقدر بـ g_f/tex وفقاً لجهاز USTER HVI[2]).

وغالباً ما يتم تحديد متانة خصلة من الألياف القطنية باستخدام إمّا USTER HVI أو باستخدام جهاز بريسلي Presley (وهو المُستخدم في هذا البحث). من خلال جهاز بريسلي يتمّ الحصول على المتانة وذلك بشد خصلة من الألياف معلومة الوزن وعلى مسافة شد ابتدائية تعادل 1/8 من البوصة.

وعلى هذا الأساس تحسب نسبة بريسلي وفق المعادلة (2−8).

$$PI = \frac{Cutting\ force\ [lb]}{Sample\ wieght\ [mg]} \qquad (8-2)$$

ويكون تقييم متانة الألياف باستخدام دليل بريسلي وفقاً للجدول (2−3).

الجدول (2−3): تقييم متانة الألياف وفقاً لدليل بريسلي

PI	Classification
Below 70	Weak
70 - 80	Fair
81 - 86	Strong
87 - 92	Very Strong
Above 92	Excellent

[2] HVI: High Volume Instrument

لحساب متانة ألياف القطن تُستخدم العلاقة (2−9).

$$FT\ \left[\frac{g_f}{tex}\right] = 5.36\ \times PI \qquad (9-2)$$

يتم تقييم متانة الألياف بناءً على الجدول (2−4).

الجدول (2−4): تقييم متانة ألياف القطن وفق طريقة Presley

G/tex	Classification
Below 23	Weak
24-25	Medium
26-28	Average
29-30	Strong
Above 31	Very Strong

باعتبار تسارع الجاذبية الأرضية [N/kg] G=10، عندها تصبح العلاقة (2−10) وبتقريب مقبول صحيحة:

$$1\ \left[\frac{g_f}{tex}\right] = 1\ \left[\frac{cN}{tex}\right] \qquad (10-2)$$

2−2−4 النضج Maturity:

2−2−4−1 تمهيد:

النضج: هي مواصفة تعبر عن نسبة الألياف الناضجة إلى إجمالي الألياف المستخدمة ويجب ألّا تقلّ عن 80% لضمان سلامة المواصفات العامة للقطن. إن تدني النضج يعني تدني نسبة السيللوز في تركيب الألياف وبالتالي انخفاض نسبة امتصاصها للسوائل والأصبغة [53]. هذه الخاصية تعد مرافقة تماما لخاصية نعومة الألياف، وتختلف درجة النضج باختلاف أنواع القطن وحتى في البذرة الواحدة.

إنّ السبب الرئيسي لاختلاف نضج الألياف يعود إلى اختلاف سماكة الجدار الثانوي (والذي تعتمد سماكته على درجة ترسيب السيللوز فيه). وبالتالي فإن الألياف غير الناضجة ستكون ذات وزن أقل من نظيرتها الناضجة.

ما يهمّ المهندس التكنولوجي هو وجود نسبة كبيرة من الألياف الناضجة إذ إنّ زيادة نسبة الألياف غير الناضجة سيؤدّي إلى:

- زيادة فاقد العوادم.
- زيادة تكون العقد في خط تحضيرات الغزل (خط الفتح والتنظيف) وحتى أثناء الحلج.
- عدم تجانس في صباغة الألياف (عدم تجانس لوني).

2-2-4-2 طرق تحديد نضج ألياف القطن:

1) ***معدل النضج Maturity Ratio***: وهي الفرق بين الألياف الناضجة وغير الناضجة (الميتة) وذلك وفقا للمعادلة (2-11).

$$MR = \frac{N - D}{200} + 0.7 \qquad (11-2)$$

N: نسبة الألياف الناضجة.

D: نسبة الألياف غير الناضجة.

2) مُعامل النضج MATURITY CO-EFFICIENT: تُعطى بالعلاقة (2-12).

$$Maturity\ Coefficient = \frac{M + 0.6\,H + 0.4\,I}{100} \qquad (12-2)$$

حيث:

M: نسبة الألياف الناضجة. وفيها يكون نسبة سعة لمعان الليف على سماكة جداره أقل من الواحد.

H: نسبة الألياف نصف الناضجة. وفيها يكون نسبة سعة لمعان الليف على سماكة جداره أقل من اثنان وأكثر من الواحد.

I: نسبة الألياف غير الناضجة. وفيها يكون نسبة سعة لمعان الليف على سماكة جداره أكثر من اثنان.

فإذا كانت قيمة مُعامل النضج Maturity Coefficient:

- أقل من 0.7 كانت ألياف القطن غير ناضجة.
- بين 0.7 –0.9 كانت ألياف القطن نصف ناضجة.
- أكثر من 0.9 كانت ألياف القطن ناضجة.

3) ***طريقة التدفق الهوائي AIR FLOW METHOD:*** يمكن تحديد نسبة نضج الألياف باستخدام جهاز تحديد النعومة. ذلك لأنّ قيمة النعومة تتحدد بالاعتماد على كل من النعومة الذاتية لليف وعلى نضج الليف. من المفترض بأنّ نعومة الليف ثابتة وبالتالي فإنّ قيمة الميكرونير تحدد نسبة نضج الألياف. هذه الطريقة المعتمدة في هذا البحث، وقد استخدام جهاز WIRA وفيه يكون تقييم معدل النضج وفق الجدول (2–5).

الجدول (2–5): تقييم معدل النضج لألياف القطن

Maturity Ratio	Classification
1.00 and above	Very Mature
0.95 - 1.0	Above Average
0.85 - 0.95	Mature
0.80 - 0.85	Below Average
Less than 0.80	immature

4) ***طريقة الصباغة DYEING METHODS:*** يختلف سلوك ألياف القطن الناضجة وغير الناضجة تجاه الأصبغة المختلفة. بعض الأصبغة تُمتص من قبل الألياف الناضجة في حين أن البعض الأخر من الأصبغة يُمتص من قبل الألياف غير الناضجة. بالاعتماد على خاصية الامتصاص هذه فقد تمّ تطوير تقنية الصباغة في الولايات المتحدة الأميركية لتحديد نضج ألياف القطن. في هذه التقنية تُصبغ عينة القطن بحوض يحتوي على خليط من صباغين مختلفين Diphenyl Fast Red 5 BL ذو اللون الأحمر و Chlorantine Fast Green BLL ذو اللون الأخضر. الألياف الناضجة تمتص الصباغ الأحمر بشكل أفضل من الألياف غير الناضجة. في حين أن الألياف غير الناضجة ذات الجدار الرقيق تمتص الصباغ الأخضر. يمكن تقدير نسبة النضج من خلال عدد الألياف ذات اللون الأحمر وعدد الألياف ذات اللون الأخضر.

3-2 المواصفات التكنولوجية لخيوط القطن المعتمدة في الشبكة العصبونية The Technical Properties of Cotton Yarns Should Be in The Neural Network:

2-3-1 اختبارات القوة والاستطالة Strength and Elongation Tests [39]:

2-3-1-1- مقدمة: Introduction:

إن قيمة قوّة الشدّ المطلوب توافرها في الخيوط والأقمشة تعتمد على مجالات الاستخدام النهائي لها. ففي بعض الحالات من الأفضل أن تكون قوة الشد للمواد النسيجية مرتفعة وهذه الحالة فقط من أجل الخيوط والأقمشة المعدة للمنتجات الصناعية industrial product. أما الأقمشة المعدة للاستخدامات المنزلية والكساء فإنها تتطلب فقط مقدار كافٍ من قوة الشد لمقاومة المعالجات خلال عمليات إنتاجها وخلال مراحل الاستخدام النهائي لها. ويتم الحصول على منتج بقوة شد عالية من خلال تصنيع قماش متين وثقيل أو من خلال استخدام الألياف الصناعية بدلاً من الألياف الطبيعية. أما الحالات التي يطلب فيها تصنيع أقمشة تتمتع بمواصفات أخرى مثل الصلابة وغيرها من المواصفات الملموسة (roughness, thickness, pliability, smoothness) التي يحددها المستهلك فإن قوة الشد تكون غير مطلوبة.

2-3-1-2 تعاريف: Definitions [39]:

1) **الكتلة Mass:** كتلة جسم ما تشير إلى كمية المادة المكونة له وهي مقدار ثابت لا يتغير من مكان لآخر ووحدة قياس الكتلة في النظام العالمي للقياس SI الكيلوغرام [kg] .
2) **القوة Force:** يتم تحديد القوة بالعلاقة مع الفعل الذي تحدثه في الجسم الذي تؤثر عليه. فالقوة المؤثرة على الجسم في حالات السكون تختلف عن القوة المؤثرة على هذا الجسم في حالة الحركة المستقيمة المنتظمة. بمعنى أخر فإن القوة هي التي تسبب تسارع الأجسام وإن وحدات قياس القوة في النظام العالمي للمقاييس هي النيوتن N. ويتم تحديدها بالعلاقة مع التسارع الناتج عن القوة المؤثرة في جسم كتلته واحد كيلوغرام .

فالنيوتن هو القوة المؤثرة على جسم كتلته واحد كيلوغرام لتكسبه تسارعاً مقداره واحد متر لكل ثانية مربع .

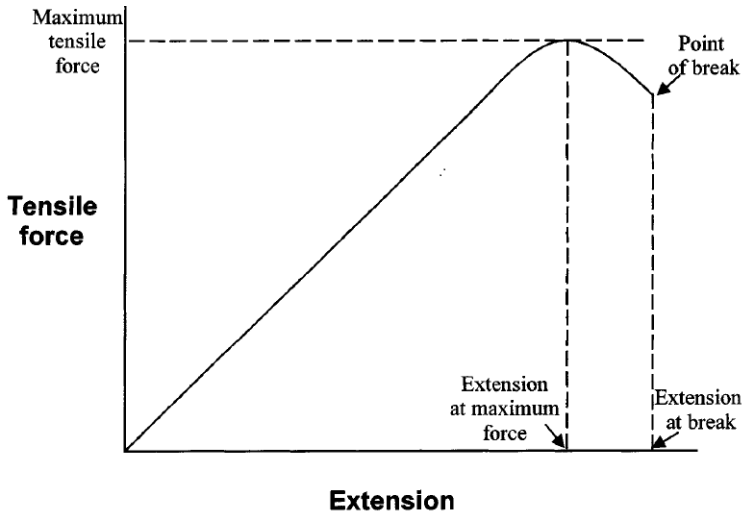
وبالتالي فإن وحدات القياس في اختبار قوة الشد هي وحدات قياس القوة بدلاً من الكتلة.

3) **قوة الجاذبية الأرضية:** هي القوة التي تسحب الأجسام باتجاه الأرض.فعند سقوط جسم كتلته واحد كيلو غرام بشكل حرّ في الفراغ باتجاه الأرض فإنه يكتسب تسارعاً مقداره $[m/sec^2]9.8$. أي ومن خلال تعريف النيوتن تكون القوة المؤثرة على هذا الجسم مساوية لـ $[N]9.8$.

وعند وضع جسم ساكن كتلته واحد كيلوغرام على سطح الأرض فإنه يضغط على سطح الأرض بقوة مقدارها $[N]9.8$.

أما قوة ثقل الجسم فإنها تقاس بميزان زنبركي. أي أن قوة الجاذبية الأرضية تتغير من مكان لآخر على سطح الأرض أي أن قوة ثقل الجسم متغيرة أيضاً من مكان لآخر وهذا ما يفسر سبب استخدام وحدات القوة منسوبة إلى الثقل في قياس قوة الشد .

4) **قوى القطع وقوى الشد Tensile Strength, Breaking Strength:** هي قوة الشد العظمى التي يسجلها الجهاز عند وصول عينة الاختبار إلى نقطة القطع. والقوة التي تقطع العينة تتناسب طرداً مع مساحة مقطعها العرضي ولهذا فعند مقارنة قوى الشد للألياف المختلفة والخيوط والأقمشة لابد من استخدام النماذج أو العينات المعدة لذلك. وبالتالي فإن قوة الشد التي يسجلها الجهاز عند نقطة التمزق (القطع) تشير في أغلب الأحيان إلى قوة الشد عند القطع. وهذه القيمة يمكن أن تختلف عن قوة الشد المعرفة سابقاً وذلك لأن العينة يمكن أن تستمر بالاستطالة بعد بلوغها قوة الشد العظمى كما في الشكل (2-6) وبالتالي فإن قوة الشد عند القطع تكون أقل من قوة الشد العظمى أو قوة الشد.



الشكل (2−6): منحني الاستطالة والقوة

5) **الإجهاد Stress:** وهو القوة المؤثرة على المادة منسوبة إلى مساحة المقطع العرضي للعينة وذلك عند القوة التي تحدث القطع . حسب المعادلة (2−13).

$$\text{Stress} = \frac{\text{force applied}}{\text{cross} - \text{sectional area}} \qquad (13-2)$$

وبالتالي يمكن حساب مساحة المقطع العرضي بسهولة للألياف التي لها مقاطع دائرية أما في حالة المقاطع العرضية للخيوط والأقمشة التي لا يمكن تحديد مساحة مقاطعها العرضية نظراً لوجود عدد من المسافات التي يصعب علينا معرفتها فلا يمكننا استخدام هذه الطريقة وبالتالي فإن الإجهاد يستخدم في عدد قليل من التطبيقات الخاصة بالألياف ذات المقاطع العرضية المعروفة .

6) **الإجهاد النوعي (الكتلي) Specific (Mass) Stress:** وهو الإجهاد المخصص للخيوط التي لا يمكن حساب مساحة مقاطعها العرضية. حيث تُستخدم الكثافة الخطية للخيوط بدلاً من مساحة مقاطعها العرضية كتعبير عن ثخانة الخيط. و بالتالي يمكن إجراء مقارنات لقوى الشد الخيوط المختلفة في كثافاتها الخطية وذلك حسب العلاقة (2−14).

$$\text{Specific stress} = \frac{\text{force}}{\text{liner density}} \qquad (14-2)$$

أما الوحدات المستخدمة في قياس الإجهاد النوعي هي: N/tex or mN/tex ومن الوحدات الأخرى المستخدمة في الصناعة هي: cN/dtex or g_f/denier

7) **المتانة Tenacity**: وهي الإجهاد النوعي المقابل للقوة العظمى على منحني القوة/انفعال النسبي (force/extension) حيث يتم استخدام الكثافة الاسمية للخيط أو الألياف nominal denier or tex في حساب المتانة وذلك لعدم وجود أي تجاوزات مسموح بها لانخفاض المقطع العرضي للعينة المعرضة للاستطالة .

8) **الطول القاطع Breaking Length**: يعتبر المؤشر الأولي المستخدم في قياس المتانة وهو عبارة عن الطول النظري للعينة مقدّراً بالـ [km] بحيث أن ثقلها كافٍ لإحداث القوة اللازمة للقطع.أو هو طول كيلومتر واحد من العينة إذا علقت بشكل شاقولي حرّ فإنها تنقطع تحت تأثير ثقلها فقط .

9) **الاستطالة Elongation**: وهي الزيادة في طول العينة عن الطول الأصلي البدائي لها وإن المسافة التي تصل إليها العينة تحت تأثير القوة المطبقة عليها تتناسب مع الطول الأصلي لها وعليه فإن الاستطالة تستخدم في تقدير السعر المقابل للاستطالة عند قوة القطع على اعتبار أن هذه القيمة هي الأكثر استخداماً في حساب السعر .

10) **الانفعال Strain**: إن استطالة العينة المعرضة للشد تتناسب مع الطول الأصلي لها. ويتم الحصول على الانفعال من حاصل قسمة الاستطالة على الطول الأصلي لها حسب العلاقة (2-15).

$$\text{Strain} = \frac{\text{elongation}}{\text{initial length}} \qquad (15-2)$$

11) الانفعال النسبي أو التغير النسبي في الأبعاد Extension Percentage:

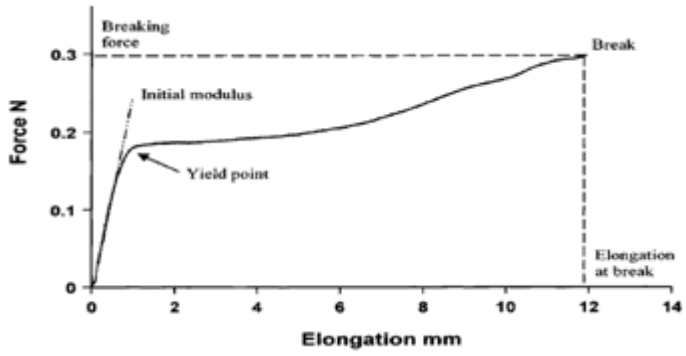
$$\text{Extension Percentage} = \frac{\text{elongation}}{\text{initial length}} \times 100\% \qquad (16-2)$$

وأما أن الانفعال النسبي عند القطع فهو النسبة المئوية من الانفعال عند نقطة القطع.

12) **طول المعيار Gauge Length**: هو الطول الأصلي للعينة قبل الزيادة والمستخدم في حساب الانفعال أو التغير النسبي في الطول.

2-3-1-3 منحني قوة الشد- استطالة: Force Elongation Curve [39]:

عند تطبيق القوة المتزايدة تدريجياً على العينة فإنها تستطيل حتى تنقطع والرسم البياني للقوة المطبقة مقابل الاستطالة التي تحدث في العينة تدعى بمنحنيات القوة – استطالة أو منحنيات الإجهاد – انفعال، تزود هذه المنحنيات الباحثين بعدد أكبر من المعلومات بالمقارنة مع الحسابات البسيطة لقوة الشد. ويبين الشكل(2-7) المنحنيات الأساسية للقوة – استطالة لألياف الصوف.



الشكل (2-7): منحني القوة والاستطالة النموذجي لألياف الصوف

وبالاعتماد على هذه المنحنيات يمكن إجراء مقارنات دقيقة للمواد النسيجية المعرضة لاختبار الشد وذلك من خلال تفسير سلوك المواد النسيجية تحت تأثير الإجهادات المطبقة عليها بشكل أفضل من الاعتماد على الحسابات البسيطة فقط لقوة الشد أو الاستطالة.

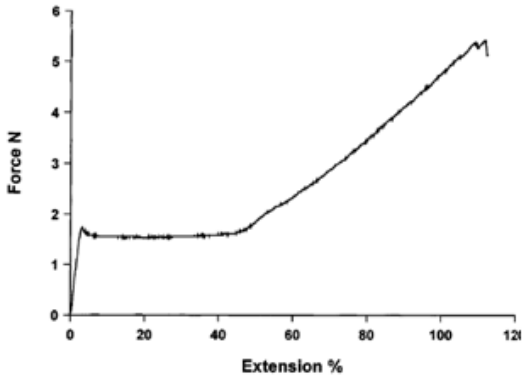
أولاً- نقطة الخضوع Yield Point:

تظهر هذه النقطة في منحنيات المادة المختبرة عند حدوث التناقص الواضح في ميل وانحدار المنحني وعند هذه النقطة تحدث تغيرات هامة في العلاقة بين القوة و الاستطالة.

قبل هذه النقطة يكون سلوك المادة مرن أيّ أنّ الانفعال النسبي للعينة المختبرة مرناً وبالتالي فإنّ العينة تعود إلى طولها الأصلي بعد إزالة القوى المطبّقة عليها أمّا بعد هذه النقطة فإن العينة تدخل في حالة اللدونة أي أن التغير النسبي في أبعاد العينة بعد نقطة الخضوع يصبح غير قابل للرجوع إلى الوضع الأصلي .

وقد أثبتت التجارب أنه لا يوجد حدود فاصلة بين السلوك المرن والغير مرن (اللدن) للمواد النسيجية أي لا يمكن استرجاع كامل التغيرات النسبية للأبعاد حتى في منطقة التغير المرن أي أن المادة المختبرة

تحتفظ بجزء من التمدد عند إزالة القوة المطبقة عليها. ويمكن ملاحظة التغيرات الكبيرة في خصائص المادة و بشكل خاص للمواد المسحوبة أو الموجهة وذلك لأنه عند هذه النقطة يحدث تحسن في انتظامية وتوجه الجزيئات البوليميرية للمادة وبالتالي فإن المادة تستمر بالاستطالة بدون زيادة القوة المؤثرة حتى الوصول إلى الحد الأعلى. كما في الشكل (2-8).



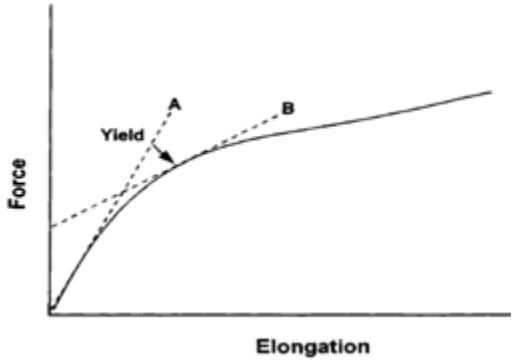
الشكل (2-8): منحني القوة والاستطالة للخيط بشكل جزئي

ونظراً لوجود تغيرات مستمرة في اتجاهات تقوس أو انحناء كل جزأين متتالين من المنحني فإنه يصعب علينا تحديد نقطة الخضوع.

ولهذا من اجل تحديد نقطة الخضوع يوجد أربع طرق أساسية لذلك:

1) <u>طريقة عتبة المنحدر Slope Threshold</u>:

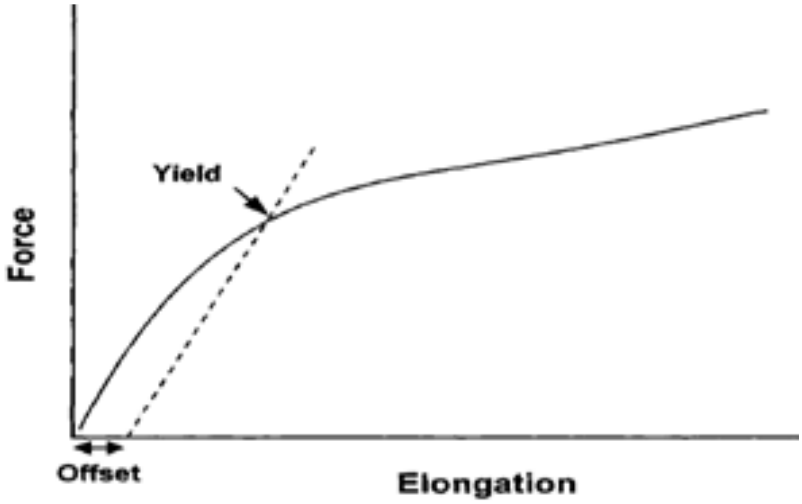
في هذه الطريقة يتم تحديد ميل المنطقة الخطية الأولى من المنحني والنقطة التي يكون ميل المنحني(المنطقة الأخرى) متناقص بنسبة صغيرة عن ميل المنطقة الخطية هي نقطة الخضوع كما هو واضح في الشكل (2-9).



الشكل (2-9): تحديد نقطة الخضوع وفق طريقة Slope Threshold

2) طريقة الإزاحة Offset Yield:

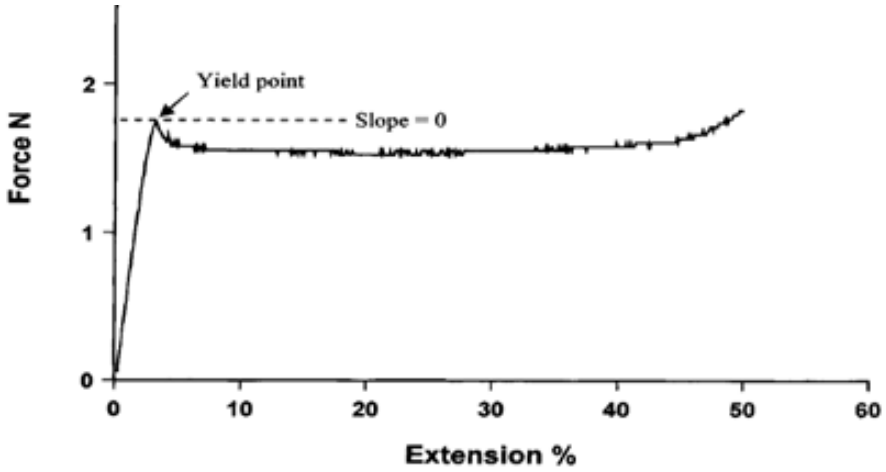
أولاً يتم تحديد ميل الجزء الخطي من المنحني أما نقطة الخضوع فهي النقطة التي يمر منها خط مستقيم موازيًا لمُعاملات أو ميل المنطقة الخطية من المنحني الشكل (2–10).



الشكل (2–10): تحديد نقطة الخضوع وفق طريقة Offset Yield

3) طريقة المنحدر الصفري Zero Slope Method:

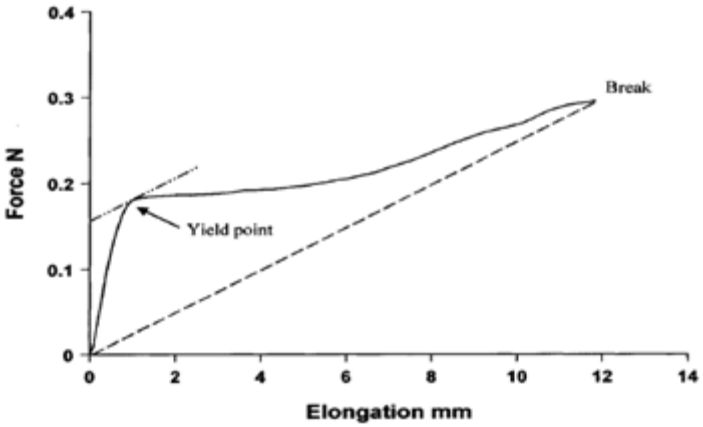
في هذه الحالة فإن ميل المنحني يكون معدوماً وهذه الطريقة يمكن تطبقها في حالات خاصة مثل الحالة الموضحة في الشكل (2–11).



الشكل (2–11): تحديد نقطة الخضوع وفق طريقة Zero Slope Method

4) طريقة ميريدث Meredith's Construction:

اقترح العالم ميرديث أنه يتم تحديد الخط المار من نقطة القطع وبالتالي فإن النقطة التي يكون فيها مماس المنحني موازٍ للخط السابق هي نقطة الخضوع كما هو مبين في الشكل (2-12). وإن إيجاد نقطة الخضوع بهذه الطريقة أمر غاية في الصعوبة لهذا يتم الاعتماد على البرامج الحاسوبية في الآلات المؤتمتة لتحديد ذلك.



الشكل (2-12): تحديد نقطة الخضوع وفق طريقة Meredith's Construction

ثانياً- المُعاملات Modulus:

إن ميل المنطقة الخطية من المنحني والذي تم تحديده من اجل تحديد نقطة الخضوع يعرف بالمُعامل الخطي أو مُعامل يونغ Young.

فالمُعامل في الحالة العامة هو ميل منحني القوة – استطالة ويعبر عن متانة أو صلابة المادة المختبرة والذي يكافئ مقاومة العينة للتغير النسبي في الأبعاد.

فعندما تكون قيم المُعاملات كبيرة فهذا دليل على أن المادة تتمدد بشكل قليل تحت تأثير القوة المطبقة.

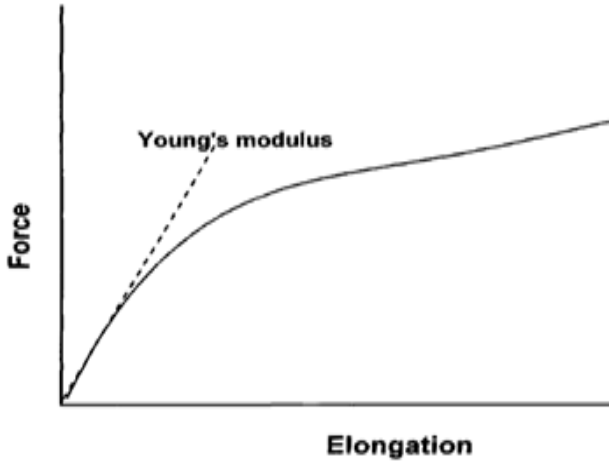
أما وحدات قياس المُعاملات عند رسم منحنيات الجهد – انفعال هي نفسها وحدات قياس الجهد أي وحدة القوة لوحدة المساحة N/m^2 أو ما يدعى بالـ باسكال Pascal.

أما في حال رسم منحنيات القوة – استطالة فإن وحدات قياس المُعامل هي نفسها وحدات قياس الاستطالة المقدرة كمسافة أو كانفعال أو كانفعال نسبي.

عادة لا يوجد طريقة عامة لتحديد المُعاملات إنما يتم الاعتماد على البرامج الحاسوبية المستخدمة لتسجيل وتحليل منحنيات القوة – استطالة وذلك بالاعتماد على إحدى الطرق التالية:

1) مُعامل يونغ Young's Modulus:

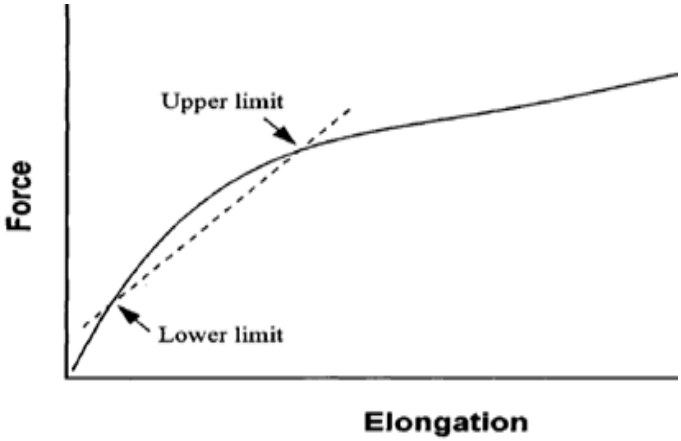
يتم الحصول على هذه القيمة من ميل المنطقة الخطية من المنحني الشكل (2–13).



الشكل (2–13): مُعامل Young

2) مُعامل كورد Chord Modulus:

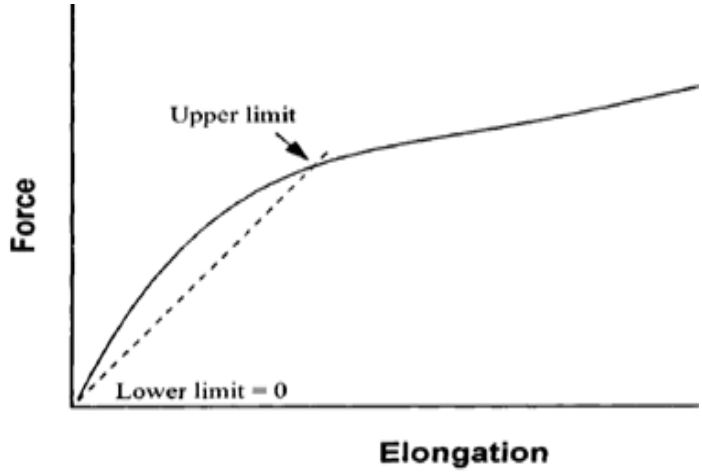
هذه القيمة هي ميل المستقيم الواصل بين نقطتين معلومتي القيمة وفي هذه الحالة ليس من الضروري معرفة مواصفات المنحني المحدد بهاتين النقطتين .أما بالنسبة لقيمها فإنها تحسب من خلال إيجاد التباين في القوة بين قيمتين معلومتين للانفعال النسبي أو التباين في الانفعال النسبي بين قيمتين معلومتين للقوة الشكل (2–14).



الشكل(2–14): مُعامل Chord

3) مُعامل سيكنت[3] Secant Modulus:

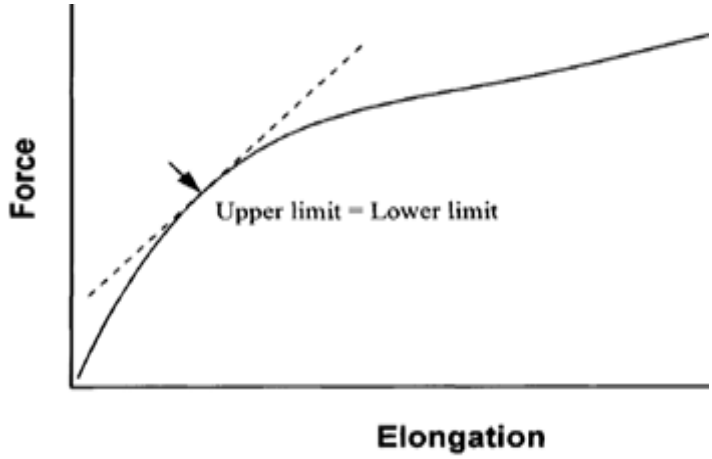
في هذه الطريقة يتم تحديد قيمة المُعامل من خلال إيجاد ميل الخط المستقيم الواصل بين المبدأ ونقطة محددة من المنحني ويتم الحصول عليها من القيمة المعطاة للقوة أو الانفعال النسبي الشكل (2-15). وتعتمد حساسية القياس في هذه الحالة على قيمة الانفعال النسبي المطبق على العينة الممسوكة بالمقابض clamps.



الشكل (2-15): مُعامل Secant

4) مُعامل المماس Tangent Modulus:

هذه القيمة هي ميل الخط المستقيم المنطبق على مماس المنحني في نقطة محددة الشكل (2-16) وهذه الطريقة مخصصة للمنحنيات التي تغير اتجاه انحناءاتها باستمرار.



الشكل (2-16): مُعامل Tangent

[3] Secant: الخط الذي يقطع قوساً

2-3-2 أنظمة ترقيم الغزول (نمرة الخيوط) Count Yarns:

يوجد عالمياً نظامين أساسيين لتحديد ترقيم الغزول وهما:

- نظام الترقيم المباشر direct counting system.
- نظام الترقيم غير المباشر indirect counting system.

في نظام الترقيم المباشر يتم تحديد وزن واحدة الطول (أي كلما زاد وزن واحدة الطول زاد قطر الغزل).

في نظام الترقيم غير المباشر يتم تحديد طول واحدة الوزن (أي كلما زاد طول واحدة الوزن ينخفض قطر الغزل).

ملاحظة: النمرة المترية (N_m) تستخدم كنظام ترقيم غير مباشر (وهي الطول مقدراً بالأمتار لوزن 1g من غزل معين).

كأمثلة على نظم الترقيم المباشرة هي واحدات الكثافة الخطية (tex, denier).

- يعرف الـ T_{tex} بأنه نظام ترقيم مباشر يحدد بواسطته الكثافة الخطية أي الوزن مقدراً بالغرامات (g) لكل 1000 متر من طول الغزل (mg/m or g/km) [44]. ففي حال وجود غزل كثافته الخطية 400 tex هذا يعني أنّ الغزل سيزن 400g لكل 1km من طوله.
- يعرف الدينيير denier بأنه الوزن مقدراً بالغرامات (g) لكل 9000 متر من طول الغزل أي يكون: *1. denier = 9. tex*.

تُعطى المعادلة العامة (2-17) لحساب الكثافة الخطية في النظام المباشر:

$$n = \frac{S \times W}{L} \qquad (17-2)$$

حيث:

n: الكثافة الخطية للغزل مقدرة بـ (tex , denier) L : طول الغزل بـ (m)

S: الطول المعياري (1000 متر لـ tex ؛ 9000 متر لـ denier) W : وزن الغزل بـ (g)

كلما ازدادت قيمة n اتجه الغزل نحو زيادة وزنه وقطره؛ أي العلاقة طردية لذلك سمي بالنظام المباشر.

أمّا في حال نظام الترقيم غير المباشر يتم تحديد عدد الشلل بكل رطل إنكليزي واحد من الغزل ففي حال وجود شلة واحدة لكل باوند واحد من الغزل فإن الغزل سيأخذ الترقيم 1s للغزل المفرد. وفي حال وجود سبع شلل لكل باوند واحد من الغزل فإن ذلك يدعى بالترقيم 7s للغزل المفرد.

وفقاً لهذا النظام فإن طول الشلة المعياري يختلف باختلاف نوع المادة الأولية:

- طول شلة القطن المعياري 840 yd (ياردة).
- للغزل الصوفي الممشط 560 yd.
- لخيط الكتان 300 yd.

في حال وجود شلتين للباوند الواحد من غزل صوفي ممشط فإن الرطل الواحد سيحتوي على:

$$560 \times 2 = 1120 \ yd$$

المعادلة العامة (2−18) لحساب الترقيم في النظام غير المباشر:

$$\mathrm{Ne} = \frac{\mathrm{L}}{\mathrm{S} \times \mathrm{W}} \qquad (18-2)$$

حيث:

Ne: الترقيم الإنكليزي
L: طول الغزل بـ (yd) ياردة
W: وزن الغزل بـ (lb) ليبرة
S: طول الشلة المعياري (840 ياردة للقطن المسرح)

كلما ازدادت قيمة الترقيم Ne كان الغزل أدق (ذي قطر قليل نسبياً) أي ينخفض قطر الغزل.لذلك سمي هذا النظام بالنظام غير المباشر.

<u>ملاحظة:</u> واحدات تحويل أساسية:

$$1 \ yd = 0.9141 \ m$$

$$1 \ lb = 453.6 \ g$$

2-3-3 برم الغزول Twist Yarns:

لابد من القيام ببرم الألياف حول محور الغزل للعمل على زيادة تماسك الألياف مع بعضها البعض ولإعطاء الألياف مساحات تلامس أكبر فيما بينها وبالمحصلة زيادة متانة الغزل النهائي.

يتم قياس هذه الخاصية من خلال عدد البرمات لكل واحدة طول من الغزل. يبيّن الشكل (2-17) أن للبرم اتجاه محددة:



الشكل (2-17): اتجاه البرم

- البرم Z أو البرم اليميني.
- البرم S أو البرم اليساري (البرم العكسي).

مُعامل البرم وهو وحدة مقارنة برم عدة غزول مختلفة فيما بينها بالكثافات الخطية ...وبالتالي نميز نوعين من مُعاملي البرم (مُعامل برم متري ، مُعامل البرم الإنكليزي).

يُعطى مُعامل البرم المتري وفق المعادلة (2-19).

$$\alpha_m = T \times \sqrt{\frac{T_{tex}}{1000}} = \frac{T}{\sqrt{N_m}} \qquad (19-2)$$

$$T_{tex} \times N_m = 1000$$

حيث:

T: عدد البرمات بالمتر (t/m) α_m : مُعامل البرم المتري

T_{tex}: الكثافة الخطية للخيط [tex]

يُعطى مُعامل البرم الإنكليزي بالعلاقة (2-20).

$$\alpha_e = \frac{T^*}{\sqrt{Ne}} \qquad (20-2)$$

حيث:

Ne :النمرة الإنكليزية للخيط α_e : مُعامل البرم الإنكليزي

T^* : عدد البرمات بالبوصة (t/inch)

إنّ مُعامل البرم الإنكليزي للغزول القطنية يعطى في المجال 5÷2.5.

وتكون العلاقة بين مُعامل البرم المتري ومُعامل البرم الانكليزي:

$$\alpha_m = 30.25 \times \alpha_e$$
$$\alpha_e = 0.031 \times \alpha_m \qquad (21-2)$$

العلاقة بين عدد البرمات بالمتر T (t.p.m) وعدد البرمات بالبوصة T' (t.p.i):

$$T'(t.p.i) = 0.0254 \times T(t.p.m)$$
$$T(t.p.m) = 39.37 \times T'(t.p.i) \qquad (22-2)$$

4-2 خلاصة Conclusion:

من هذا الفصل تم تحديد خواص كل من ألياف وخيوط القطن المعتمدة في إنشاء الشبكة العصبونية. إن خواص ألياف القطن المعتمدة هي: طول الألياف، نعومتها، متانتها، ونضجها. أما خواص الخيوط المعتمدة فهي: نمرة الخيوط، عدد البرمات، والخاصية الهدف وهي قوة الشدّ. لذا تمّ دراسة هذه الخواص بشيء من التفصيل.

الفصل الثالث

الذّكاء الصناعيّ

&

الشبكات العصبونيّة الصنعيّة

The Artificial Intelligence

(AI)

&

Artificial Neural Networks

(ANN)

3-1 مقدّمة:

اختلف العلماء في تعريف الذكاء الاصطناعي "Artificial Intelligence" نظراً للتفاوت الكبير في أنواع العلوم التي تندرج تحت مظلة هذا العلم. ولكن أكثرها شمولاً هو الذي يُعرَّف بأنه «العلم الذي يبحث في جعل الحاسب الآلي يحاكي الذكاء الإنساني».

باختصار هو فرع من فروع علوم الحاسوب يُعنى بمكننة السلوك الذكي عند الإنسان. وفيه نحتاج إلى:

نظام بيانات: يستخدم لتمثيل المعلومات والمعرفة.

خوارزميات: نحتاج إليها لرسم طريقة استخدام هذه المعلومات.

لغة برمجة: تستخدم لتمثيل كلاً من المعلومات والخوارزميات.

يمكن إجراء مقارنة بين الذكاء الطبيعي والصناعي حسب الجدول (3-1).

الجدول (3-1): مقارنة بين الذكاء الطبيعي والصناعي

الذكاء الطبيعي	الذكاء الصناعي
قابل للهلاك أو الفناء والنسيان	غير قابل للهلاك أو الفناء والنسيان
نقل المعرفة يحتاج لوقت طويل وتواجهه صعوبات عديدة	يساهم بنقل المعرفة بشكل أسرع
قد تكون تكلفته عالية جداً	تكلفته أقل خاصة مع التطور التقني السريع

الذكاء الاصطناعي كعلم واسع يتكون من مجموعة كبيرة من المعارف والعلوم الفرعية وهي كالتالي:

- الذكاء الاصطناعي المنطقي " Logical AI "
- البحث في الذكاء الاصطناعي " Search in AI "
- التعرف على الأنماط " Pattern Recognition "
- تمثيل المعرفة " Knowledge Representation "
- الاستدلال " Inference "

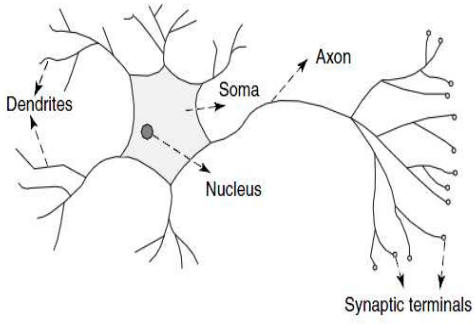
- التفسير ومعرفة الحس العام "Common sense knowledge and reasoning"
- التعلم "Learning"
- التخطيط "Planning"
- نظرية المعرفة "Epistemology"
- علم الوجود "Ontology"
- طرق الاكتشاف "Heuristics"
- البرمجة الجينية "Genetic programming"
- الشبكات العصبونيّة الصنعيّة "Artificial Neural Networks"

من الصفات المهمة للتصرف الذكي القابلية على التعلم من الخبرات والممارسات السابقة إضافة إلى قابلية تحسين الأداء مع أخذ الأخطاء السابقة بعين الاعتبار. هذه القابلية ترتبط بالقابلية على تعميم المعلومات واستنتاج حالات مماثلة وانتقائية وإهمال بعض المعلومات الزائدة.

تُعتبر قابلية التعميم والاستنتاج صعبة جداً وذلك لتعذر تحديد المجال الذي يمكن أن يكون في ضمنه التعميم صحيحاً وهذا ينطبق على استنتاج الحالات المماثلة. أما الحالة الانتقائية للمعلومات المطلوبة والملائمة فهي نفسها مشكلة. الإنسان يخزن الكثير من المعلومات في عقله ولكن يستطيع أيضا أن ينسى بعض المعلومات وهذه الصفة، وان كانت لها مضار، مهمة إذ تساعد في الوقت المناسب على اتخاذ القرار. من جهة أخرى فالحاسوب لا ينسى أيا من المعلومات لأنها كلها ذات أهمية متساوية مما يعوق الحصول على المعلومات حصولاً صحيحاً في الوقت المناسب وهذا يعلل عدم اهتمام العاملين في مجال الذكاء الاصطناعي بقواعد المعلومات بصيغتها الحالية وإنهم يسعون إلى محاكاة أسلوب عمل الدماغ البشري في هذا المجال. إن العاملين في مجال الذكاء الاصطناعي لم يلاحظوا أي نجاح في هذا الجانب ولكن ظهرت بعض التقنيات الحديثة التي تساعد على تطبيق هذه القابلية ومن هذه التقنيات الشبكات العصبية (Neural Networks) وهذه التقنية هي ما يحتاجه هذا البحث.

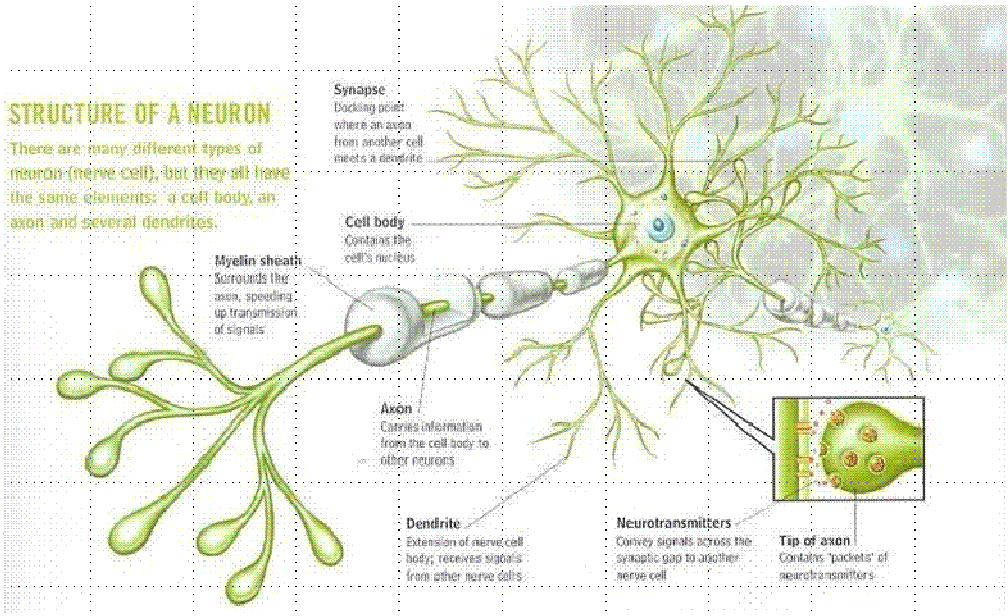
3-2 الشبكات العصبونية الصنعية:

3-2-1 تمهيد:



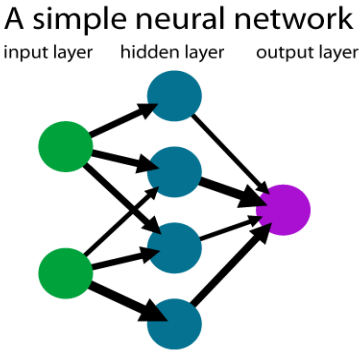
الشكل(3-1): الخلية العصبية الطبيعية

الخلية العصبية (العصبون): هي الوحدة الأساسية لبناء الجهاز العصبي في الكائنات الحية، وهي خلية صغيرة جداً تستقبل تنبيهاً إلكتروكيميائياً من منابع عديدة، وتستجيب بتوليد نبضات كهربائية ترسل إلى عصبونات أخرى أو خلايا مؤثرة. كما في الشكل (3-1). وتنتشر مليارات الخلايا العصبية في جسم الكائن الحي وتتفرع إلى زوائد تعمل على نقل الشعور بالإحساس وردود الأفعال من وإلى الدماغ. ويعد التعلم واكتساب و تخزين المعرفة، من الوظائف الأساسية للخلايا العصبية بجانب جمع و معالجة و توزيع الإشارات الكهربائية، التي تمثل السيالات العصبية. تكمن قابلية الدماغ لمعالجة المعلومات، في حقيقة وجود شبكات مكونة من هذه الخلايا. الشكل (3-2). كما أن من أهم الصعوبات التي تواجه الباحثين في مجال الذكاء الاصطناعي، هو التوصل إلى صنع آلة أو جهاز قادر على التعلم واكتساب معرفة تساعده على حل المشاكل التي يواجهها في المستقبل. لذا فقد سعى بعض العلماء في محاولة محاكاة الجهاز العصبي وبالأخص الخلايا العصبية في الكائنات الحية، وذلك من خلال بناء نماذج لخلايا عصبية اصطناعية لها خواص مشابهه للخلايا العصبية الحية [47].



الشكل(3-2): بنية الشبكة العصبونية الطبيعية

3-2-2 الشبكة العصبونية الصنعية:



الشكل(3-3): بنية بسيطة للـ ANN

هي نموذج حسابي مبني على خواص الشبكة العصبية الحيوية، و يتكون من وحدات مترابطة بعضها البعض بروابط اعتمادية (Dependencies). كما في الشكل (3-3). تقوم هذه الشبكات بمعالجة البيانات باستخدام مبدأ حساب يسمى بـ (Connectionist Approach) تعتبر الشبكة العصبونية الصنعية نظام قابل للتكيف (adaptive system)، حيث تتغير بنيته اعتماداً على المعلومات التي تعبر من خلاله في ما يسمى بمرحلة التعلم. و يكمن الاستخدام العملي لهذه الشبكات في إمكانية تطبيق خوارزميات مصممة لتغيير وزن (أو قوة) الروابط، التي تربط الخلايا العصبونية الصنعية ببعضها، لإنتاج سيل عصبي معين، فعل أو رد فعل.

فالشبكة العصبونية هي تجمّع عدد من العناصر الحسابية التي تُسمى نيورونات أو عقد. موزعة على التوازي ولها خاصية عصبية في تخزين المعلومات التجريبيّة وجعلها متاحة للاستخدام وهي تشبه الدماغ في أمرين:

1- تكتسب المعلومات من خلال عملية التدريب.

2- تخزّن المعلومات باستخدام قوى وصل داخل النيورونات تُسمى الأوزان المشبكية أو الاتصالية (Synaptic Weights).

تُسمى الإجرائية المستخدمة لإنجاز عملية التعلّم بخوارزمية التعليم والمقصود بها تعديل الأوزان المشبكية للشبكة بطريقة معينة بحيث يتمّ تحقيق هدف تصميمي مرغوب.

لقد أثبتت الشبكات العصبونية الصنعية أنها معالجات حسابية فعالة في مسائل عديدة ضمن حقول متنوعة تشمل: تعرف الأشكال (pattern recognition)، وتعرف الكلام والصور المرئية، والتصنيف (classification)، والاستدعاء المترافق (associative recall)، وضغط المعطيات (data compression)، والتنبؤ (forecasting)، والنمذجة (modeling)، والتحكم المتكيف (adaptive control)، وترشيح الضجيج (noise filtering)، وحل المشكلة التركيبية (combinatorial problem)، والطب (medicine)، ودمج معطيات عدة حساسات (multisensory data fusion)، ...الخ.

إذا: الشبكة العصبونية الصنعية (Artificial Neural Networks ANN) عبارة عن نظام لمعالجة البيانات بشكل يحاكي و يشابه الطريقة التي تقوم بها الشبكات العصبية الحية للإنسان أو للكائن الحي (أي النظام العصبي البشري).

3-2-3 فوائد الشبكات العصبونيّة:

بشكل عام تقدّم الشبكات العصبونيّة ANN الفوائد والإمكانيّات التالية [45]:

1- عدم الخطيّة Nonlinearity: وهي خاصيّة هامّة جداً حيث أنّ معظم الأنظمة الحيويّة غير خطيّة. عدم الخطية في الشبكات العصبونية آتٍ من عدم خطية النيورونات ومن طريقة توزيعها. حيث أن النيورون الصنعي يمكن أن يكون خطي أو لا خطي.
2- يتم فيها تقابل دخل – خرج: حيث تتعلّم الـ ANN من الأمثلة المتاحة أن تشكّل تقابل بين دخل وخرج مسألة معيّنة وذلك عن طريق ضبط أوزانها المشبكيّة بحيث تقلّل نسبة الخطأ قدر الإمكان بين الاستجابة الفعلية والاستجابة المرغوبة من أجل دخل معيّن.
3- لها خاصيّة المواءمة Adaptivity: حيث تستطيع أن تُوائم الأوزان المشبكية حسب تغيرات البيئة المحيطة.
4- الاستجابة الواضحة: حيث تستطيع مثلاً في تصنيف النماذج أن تعطي ليس فقط إلى أي صنف ينتمي النموذج، بل درجة الثقة في التصنيف وهذا يُساعد على رفض النماذج غير المرغوبة.
5- المعلومات السياقية: حيث يتأثّر كل نيورون في الـ ANN بالفاعليّة الكلية لباقي النيورونات.
6- سماحية الخطأ: بمعنى أن إنجازها لا يتأثّر بشكل حدّي بالخطأ أو بشرط العمل السيئ.
7- نظامية التحليل والتصميم: حيث يمكن استخدام نفس المبادئ في تصميم الـ ANN لكافة التطبيقات حيث أنها تتميّز بما يلي:
   a. تُشكّل النيورونات وحدة بناء مشتركة في كل الـ ANN.
   b. البنية المتشابهة تمكن من تطبيق نفس النظريات والخوارزميات في التدريب للتطبيقات المختلفة.
   c. يمكن تشكيل الشبكات المركّبة من تجمّع عدد من الوحدات الشبكية المتماثلة دون الحاجة إلى وسائط ربط.

8- تشابه عصبي حيوي: وهذا يُعطي الفرصة لعلماء البيولوجيا في الاعتماد على الـ ANN لفهم تطوّر الظواهر الحيويّة (الاستجابة الحركية للعين مثلاً).

9- القدرة على تمييز النماذج: حتى لو كانت مشوّهة أو غير كاملة.

3-2-4 خواص الشبكات العصبونية الصنعية [48]:

من المفيد التعرف على الميزات العامة للشبكات العصبونية الصنعية وحدود إمكاناتها، وقدرتها على التطبيق العام وما تستطيع (أو لا تستطيع أن تتعلمه)، وخواص أخرى مثل الوثوقية وسرعة المعالجة وغيرها.

3-2-4-1 *مقدرات التطبيق* ***Mapping Capabilities:***

يمكن أن ينظر إلى الشبكة العصبونية الصنعية كمخطط صندوقي يحول أشعة الدخل x في الفراغ ذي البعد n إلى شعاع خرج في الفراغ ذي البعد m:

بوجه عام، يكون التطبيق F إما مرافقاً ذاتياً (Auto associative)، أي إعطاء الشكل الأصلي على الخرج من شكل الدخل الضجيجي أو الجزئي، أو مرافقاً مغايراً (Hetero associative)، أي إعطاء نموذج خرج مختلف عن نموذج الدخل.

3-2-4-2 *التعليم والتعميم* ***Learning and Generalization:***

إن التعميم هو عملية وصف للكل انطلاقاً من جزء أو بعض الأجزاء، أو تعليل حالة عامة من حالة خاصة، أو تعريف نوع من الأشياء انطلاقاً من معرفة عينة أو عدة عينات.

يعتبر التعميم جزءاً أساسياً من التعليم لأنه يسمح لنا بتذكر الحقائق الخاصة التي تطبق على كل الصفوف بدلاً من تذكر بعض الحقائق الخاصة التي تطبق فقط على أعضاء منفردة من الصف. يخدم التعميم كنمط فعال للتذكير والتخزين (Memorization & Storage). بدون إمكانية التعميم، يجب تذكّر واستدعاء عدد غير محدود من الحوادث الخاصة، كالحقائق والعلاقات وتفاصيل أخرى متعلقة بتجارب سابقة، وهذه مهمة غير ممكنة.

باختصار، التعميم هو معالجة أساسية للسلوك الذكي. تعمم الشبكات العصبونية الصنعية عندما تحسب أو تستدعي أشكالاً كاملة ابتداءً من أشكال دخل ضجيجة أو جزئية، أو عندما تنظم أو تصنف أشياء لم تتدرب عليها من قبل، أو عندما تتنبّأ بنتائج من تصرفات ماضية.

إن مقدرة الشبكات العصبونية الصنعية على تصنيف الأشياء التي لم تتدرب عليها من قبل هو شكل من الاستيفاء الداخلي (Interpolation) بين الأشياء التي دربت عليها، والمقدرة على التنبّؤ من تصرفات ماضية هو شكل الاستيفاء الخارجي (Extrapolation). وكلا هذين النوعين من التطبيق هو شكل من التعميم.

في أنظمة حساب الذكاء الصنعي التقليدية (وتسمى أيضاً نظم الحساب الرمزية)، ينفذ التعميم من خلال تصنيف الأشياء، أي الصفوف المرغوب بها. يجزئ هذا التصنيف المجموعة الكلية للأشياء إلى صفين: أشكال منتمية إلى الصف المنشود وأشكال منتمية إلى الصف المتمم.

3-2-4 -3 *الإنجاز الموثوق* ***Robust Performance:***

يمكن اعتبار الشبكات العصبونية الصنعية كأنظمة حساب موثوقة، فهي تستمر بالإنجاز جيداً عندما يكون جزء من الشبكة ضعيفاً أو يمثل بمعطيات ضجيج. وهذا ممكن لأن المعرفة المخزنة في الشبكات العصبونية الصنعية موزعة عبر الكثير من العصبونات والوصلات الداخلية وليس عبر وحدة واحدة أو بضع وحدات. أي أن المفاهيم أو التطبيقات المخزنة في الشبكة لها درجة بناء زائدة نوعاً ما عن الحاجة من خلال هذا التوزيع للمعرفة.

هذا الموضوع في الشبكات العصبونية الصنعية يدعى أحياناً مجال التسامح بالخطأ (fault tolerance). وهو مغاير تماماً للحواسيب التقليدية، إذا إن ضياع ترانزستور واحد، أو عطل أي أداة أخرى في حاسوب تسلسلي يعمل بمبدأ فون نيومان، يمكن أن يؤدي إلى إخفاق النظام بالكامل.

3-2-4- 4 *المعالجة المتوازية* ***Parallel Processing:***

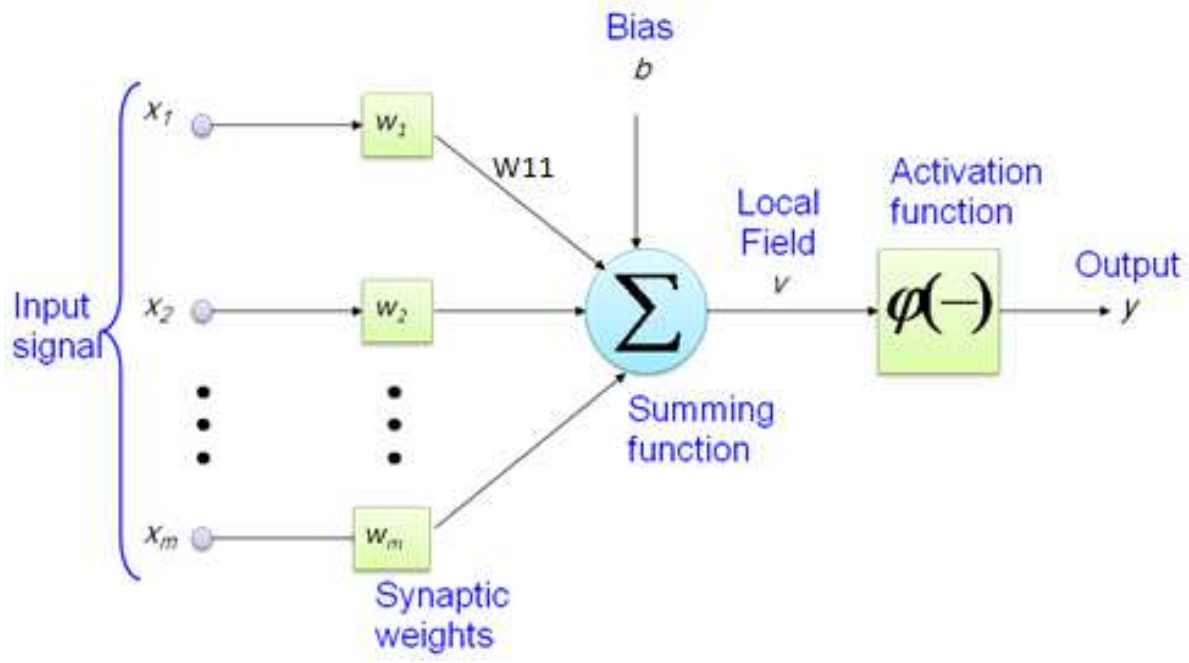
إن الدماغ والشبكات العصبونية الصنعية قادران على معالجة المعطيات بسرعة عالية. فمثلاً تتطلب معالجة صورة مرئية واحدة عدة ثوانٍ في الحاسوب التقليدي، حتى عند سرعات من رتبة 9-10 ثانية للحاسوب الحديث، أي إن التمييز يمكن أن يكون هامشياً (marginal). وبالمقابل، تحسب مثل هذه المهام باستخدام الأجهزة البصرية البيولوجية بزمن من رتبة الميللي ثانية، مع العلم أن الإشارات تنتشر بمعدل ميللي ثانية في الجهاز البيولوجي. ومرد هذا التباين في الإنجاز يعود إلى التنفيذ اللحظي للحسابات التفرعية الهائلة ضمن الشبكة البيولوجية. وهذا ما تتميّز به الشبكات العصبونية أيضاً.

على الرغم من أن الشبكات العصبونية الصنعية تشترك في خواص عديدة مع الشبكات البيولوجية، إلا أنها مازالت عاجزة عن بعض الخواص كالنسيان مثلاً.

3-2-5 الوصف الرياضي للعصبون :

3-2-5-1 العصبون Neuron [45]:

قام علماء الهندسة والحاسوب باقتراح الشكل (3-4) كنظام يُحاكي العملية الموجودة في الخلية العصبية الطبيعية:



الشكل(3-4): بنية بسيطة للشبكة العصبونية الصنعية

فالهيكل المبنين للعصبون الصناعي في الشكل (3−4) يتكون من:

1- أشعة الدخل (Input Vector): تُمثّل بالعنصر x $(x_1, x_2, \ldots, x_m)$.

2- الأوزان (Weights): تُمثّل بالعنصر W: $W_1, W_2, .., W_m$ وتحدد درجة الوزن للإشارة المدخلة. أي تعبّر عن شدة الترابط بين عنصر قبله وعنصر بعده.

3- عنصر المعالجة (Processing Element): وهذا العنصر يُقسم إلى قسمين:

a. الجامع (Adder): لجمع الإشارات في الدخل الموزون.

b. تابع التفعيل (Activation Function): هذا التابع يحدّ من خرج النيورون لذا يُسمى بتابع التخميد Squashing حيث يجعل الخرج ضمن مجال محدد غالباً يكون ضمن [0,1] أو [−1,+1].

4- أشعة الخرج (Output Vector)

5- انحياز مطبق خارجياً (bias): هذا الانحياز يزيد أو يُقلل من الدخل الصافي لتابع التفعيل وذلك حسب قيمته التي يمكن أن تكون موجبة أو سالبة.

أي يمكن وصف النيورون رياضياً بالمعادلتين (3−1) و (3−2):

$$u_k = \sum_{j=1}^{m} W_{kj} \cdot x_j \qquad (1-3)$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k) \qquad (2-3)$$

حيث:

$x_1, x_2, \ldots, x_m$: إشارات الدخل $W_{k1}, W_{k2}, .., W_{km}$: الأوزان المشبكية للنيورون k.

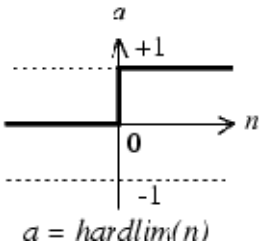
u_k: الخرج الخطي للجامع b_k: الانحياز

$\varphi(-)$: تابع التفعيل. y_k: إشارة الخرج للنيورون k

3−2−5−2 تابع التفعيل Activation Function:

يقوم تابع التفعيل بالحدّ من خرج العصبون (النيورون). هناك عدة أنواع لتابع التفعيل:

1) *تابع العتبة أو تابع الخطوة:* يحدّ هذا التابع من خرج العصبون بحيث يصبح الخرج مساوياً للواحد إذا كان الدخل أكبر أو مساوياً للصفر، ويصبح الخرج مساوياً للصفر إذا كان الدخل أصغر من الصفر. كما في الشكل (3−5).

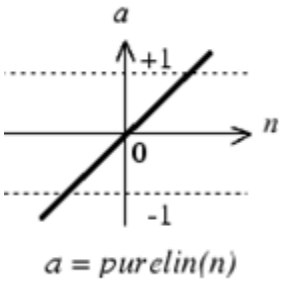


الشكل (3-5): تابع العتبة (الخطوة)

$$\varphi(V) = \begin{cases} 1 & if \quad V \geq 0 \\ 0 & if \quad V < 0 \end{cases} \qquad (3-3)$$

2) التابع الخطوي الخطي أو تابع التطابق:

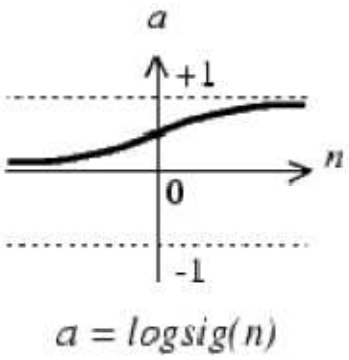
كما في الشكل (3−6)



الشكل (3-6): تابع الخطوي الخطي(التطابق)

$$(V) = \begin{cases} 1 & if \quad V \geq +0.5 \\ V + 0.5 & if \quad 0.5 > V > -0.5 \\ 0 & if \quad V \leq -0.5 \end{cases} \qquad (4-3)$$

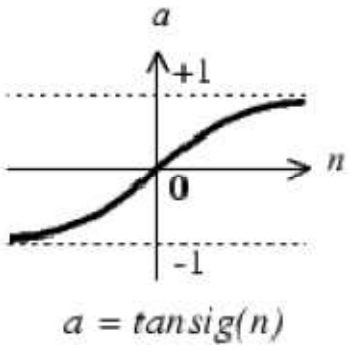
3) *تابع الـ Sigmoid:* يأخذ هذا التابع قيم الدخل المحصورة بين $-\infty$ و $+\infty$ ويجعل الخرج محصوراً بين 0 و1. وهو من أكثر التوابع استخداماً بسبب سهولة اشتقاقه وكثرة أنواعه. الشكل (3−7).



الشكل (3-7): تابع Sigmoid

$$\varphi(V) = \frac{1}{1+\exp(-aV)} \qquad (5-3)$$

4) تابع الـ *Tan sig*: يُعطي هذا التابع قيمة خرج محصورة بين -1، $+1$ *hyperbolic tangent*. الشكل (3−8).



الشكل (3-8): تابع Tan sig

$$\varphi(V) = tanh(V) \qquad (6-3)$$

3-2-6 بنى الشبكات العصبونية الصنعية Artificial Neural Network Structures:

لمعرفة خواص شبكة معطاة، من الضروري تعيين عدد العصبونات، وكيفية تحقيق الاتصال الداخلي فيما بينها، والمعالجة التي ستنفذ خلال الشبكة [48].

3-2-6-1عناصر أو خلايا الحساب العصبوني:Neural computing elements or cells

هناك ثلاثة أنواع من الخلايا الوظيفية: خلايا دخل، وخلايا خرج، وخلايا داخلية أو مخفية.

تتصل خلايا الدخل على نحو ما بمنبه خارجي ينتج إشارات دخل متزامنة أو غير متزامنة. قد تكون إشارات الدخل قيماً حقيقية مستمرة أو متقطعة، سنرمز لها بالشعاع x ذي البعد n.

تنتج خلايا الخرج إشارة خرج الشبكة وهي عبارة عن شعاع y ذي البعد m، وقد تكون قيماً حقيقة مستمرة أو مقطعة، وهي بدورها مرتبطة بمؤثرات خارجية. عندما تتسلم هذه الخلايا إشارات الدخل، تحسب قيماً معنية وتمررها بعدئذ إلى خلايا أخرى تجري عليها معالجة تالية.

بوجه عام، تحسب هذه الخلايا قيماً متعلقة بمفاهيم كيفية أو التطبيق بين هذه المفاهيم. لإعطاء خواص الخلايا، من الضروري تعيين الطريقة التي تضم فيها إشارات الدخل إلى دخل الخلية، وكيف تحول الخلية دخلها net، والعلاقات التوقيتية بين المدخل والمخارج إذا كانت وثيقة الصلة بعمل الشبكة. مثلاً، قد تكون المداخل مركبة خطياً عموماً، كما في العلاقة (3-7).

$$net = x^T w = \sum_i x_i \, w_i \qquad (7-3)$$

أو أحياناً كجداءات متصالبة مُثَقّلة لإشارات الدخل كما في العلاقة (3-8).

$$net = \sum w_{ij} \prod x_{i1} \, x_{i2}, \ldots\ldots, x_{ik} \qquad (8-3)$$

بعد أن عُرف الدخل net للخلية، يجب أن يتعين التحويل الوظيفي للخلية المنجز على الدخل، أي تابع تفعيل الخلية. وهذا يمكن أن يأخذ واحداً من الأشكال العديدة للتوابع المتزايدة المستمرة. يمكن أن تكون قيم التفعيل حقيقية موجبة أو سالبة، وقد تكون ثنائية أو ثنائية القطبية أو ذات أشكال أخرى.

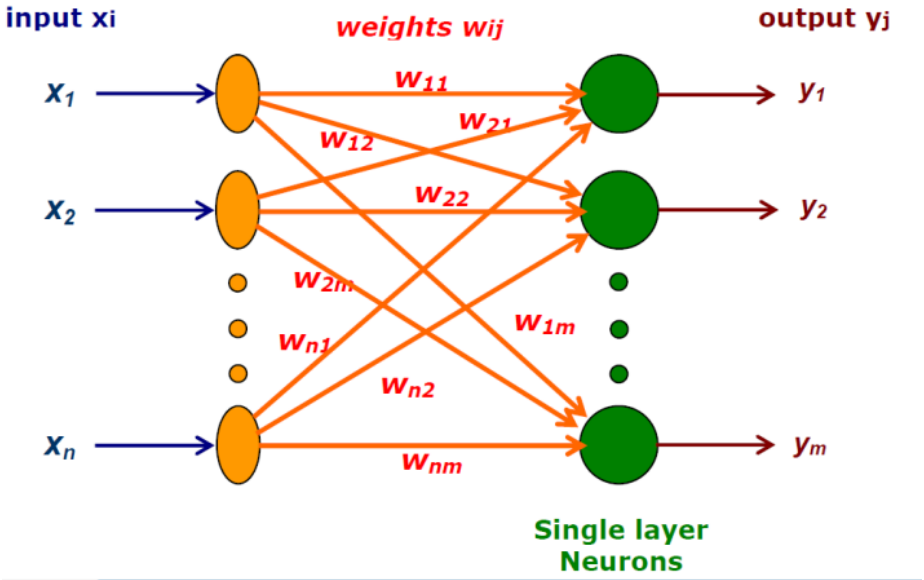
3-2-6-2 نموذج التوصيل Connectivity Pattern:

توفر الوصلات الداخلية بين عناصر المعالجة واتجاهات تدفق الإشارة ضمن الشبكة المعلومات الأساسية لبنية النظام الأساسية. ويكون لخطوط الدخل المتصلة مع كل خلية C_i عادة وزن مرافق W_{ij} إنّ للأوزان الموجبة تأثير تهييجي، وللأوزان السالبة تأثير تخميدي. وتوافق قيم الأوزان الصفرية عدم وجود وصلة بين العقد. توافق قيم الأوزان على كل خطوط الوصلات الداخلية وسطاء الليف العصبي، وعليها تقوم مقدرة تخزين الشبكة. يمكن أن يتم تعديل الأوزان من خلال عملية تعليم الشبكة أو عمليات أخرى.

تعيّن الأوزان على الوصلات بين طبقتين أو مجموعتين من الخلايا بواسطة مصفوفة الوزن W. تعيِّن هذه المصفوفة كامل التوصيلات الداخلية للشبكة واتجاه انتشار الإشارة ضمنها. مثلاً، يستعمل عنصر المصفوفة Wij اصطلاحاً للدلالة على الوزن المتصل مع خرج الخلية j ودخل الخلية i، بهذا الاصطلاح نستطيع التعبير عن جهة انتشار الإشارات الأمامي أو الخلفي أو الجانبي أو التغذية العكسية- الذاتية.

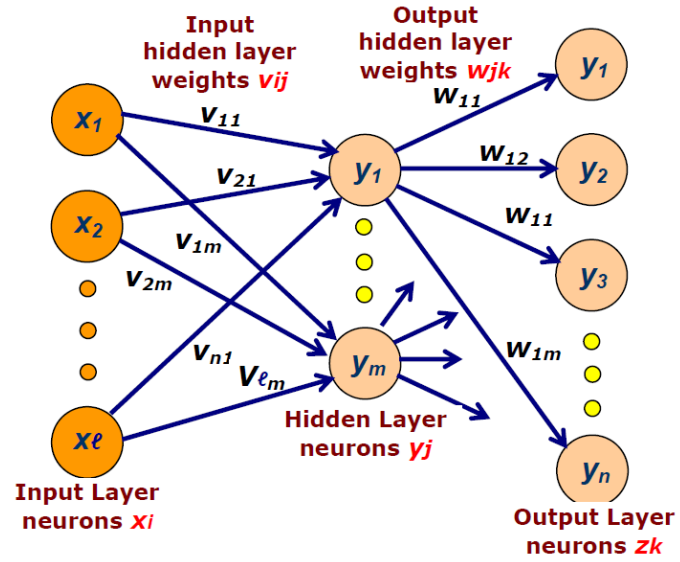
بشكل عام يُوجد ثلاث طرق لربط عناصر المعالجة واتجاهات تدفق الإشارة ضمن الـ ANN:

1) ***الشبكة الأمامية ذات الطبقة الواحدة:*** وهنا ترتبط كل مركبة من مركبات شعاع الدخل P بكل عصبون من خلال مصفوفة الوزن W أيّ أنّ كل عصبون يحوي وصلة جامع تقوم بجمع الدخل الموزون مع الإزاحة لتشكيل الخرج العددي للعصبون، وفي النتيجة الخرج الصادر من طبقة الخرج. يبين الشكل (3-9) شبكة عصبونية بتغذية أمامية وبطبقة واحدة.



الشكل (3-9): شبكة أمامية بطبقة واحدة

2) ***الشبكات الأمامية متعددة الطبقات:*** تعتبر الشبكات الأمامية متعددة الطبقات من أفضل الشبكات التي تُستخدم لحلّ المسائل الصعبة وفي هذه الحالة يكون لكل طبقة مصفوفة وزن W وشعاع إزاحة b وشعاع خرج a ومن أجل التمييز يُضاف رقم الطبقة كدليل علوي لكل من المتحولات المستعملة. يبين الشكل (3–10) شبكة عصبونية بتغذية أمامية متعددة الطبقات. يُلاحظ أنّ خرج كل طبقة متوسطة هو دخل للطبقة التي تليها وبذلك يمكن اعتبار أن كل طبقة في هذه الشبكة كأنها شبكة ذات طبقة وحيدة.



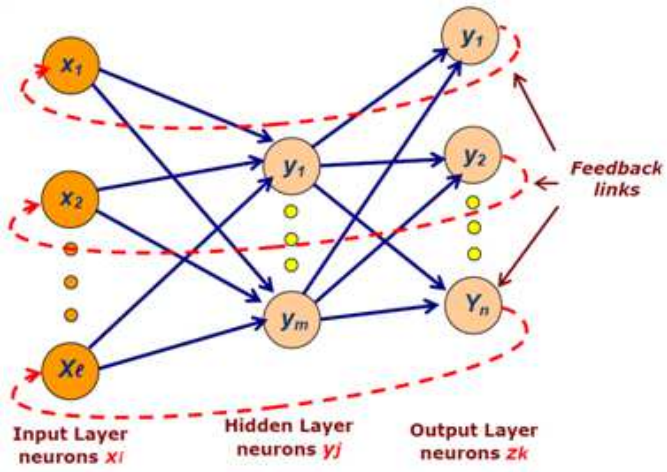
الشكل (3–10): شبكة أمامية متعددة الطبقات

3) ***الشبكات ذات التغذية الخلفية:*** يحوي هذا النوع على الأقل حلقة تغذية خلفية واحدة، كما في الشكل (3–11). يتألف من طبقة واحدة من العصبونات أو عدة طبقات وهناك نوعين من الشبكات الخلفية:

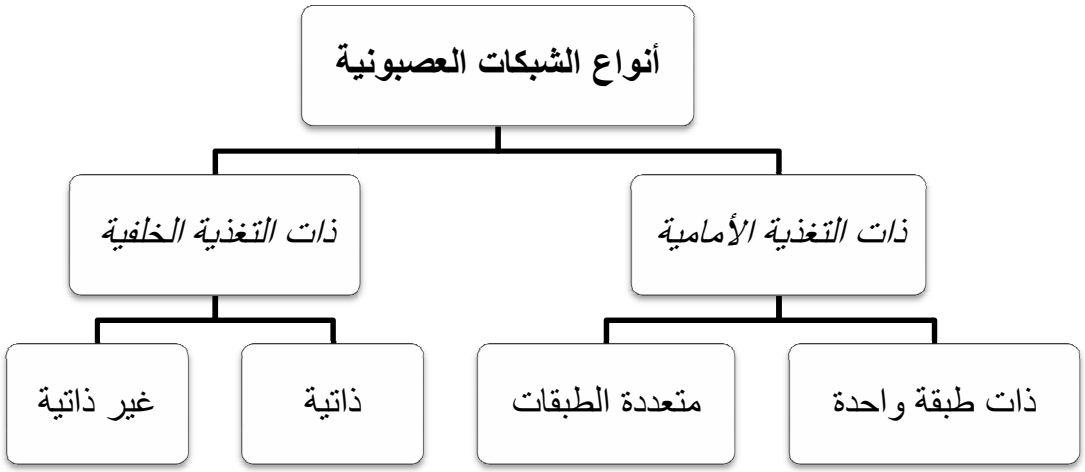
a. شبكات ذات تغذية خلفية ذاتية: حيث خرج كل عصبون يعود إلى دخله ودخل كل العصبونات المتبقية.

b. تغذية خلفية غير ذاتية: وفيها يغذي العصبون خلفياً كل العصبونات ما عدا نفسه.

يمكن تلخيص أنواع الشبكات العصبونية وفق المخطط المبيّن في الشكل (3–12).



الشكل (3-11): شبكة ذات تغذية خلفية



الشكل (3-12): أنواع الشبكات العصبونية

3-2-7 عملية التعليم Learning Process [45]:

هي العملية التي يتم من خلالها ضبط المُعاملات الحرة في هذه الشبكة. وذلك من خلال تفاعل الشبكة المستمر مع البيئة المحيطة التي تعمل فيها. هذا يعني:

- تتفاعل (تتأثّر) الشبكة مع (بـ) البيئة المحيطة.
- تخضع الشبكة لتغيرات كنتيجة لهذا التفاعل (التأثير).
- تستجيب الشبكة بطريقة جديدة بسبب التغيرات التي حصلت في بنيتها الداخلية.

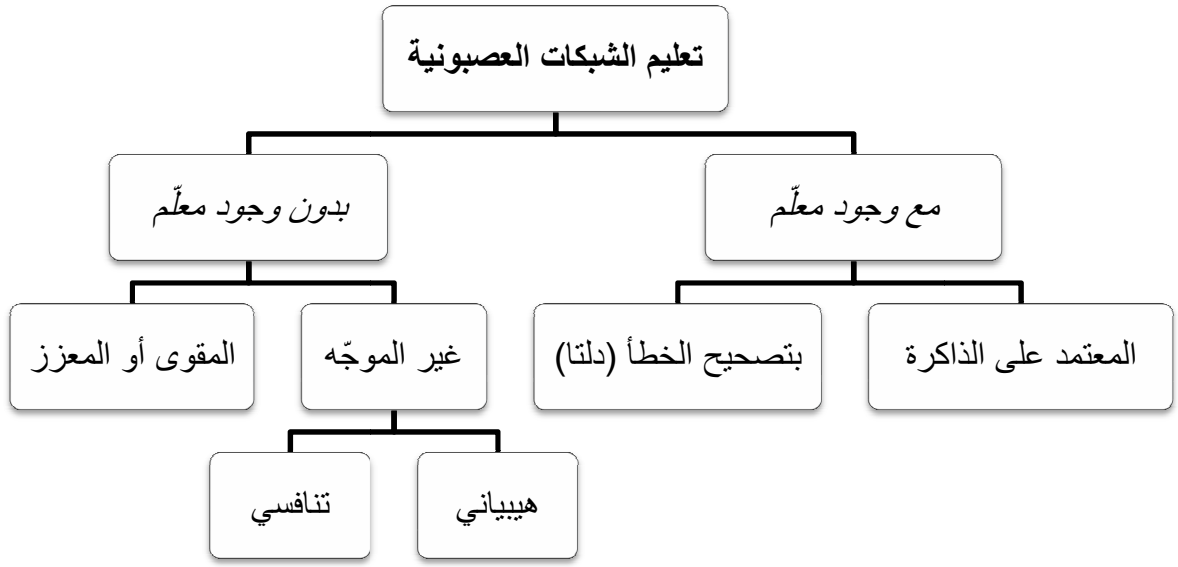
يُنجز التعليم في الشبكات العصبونية الصنعية وفق إحدى الطرق التالية: بكيفية إنشاء الوصلات الداخلية بين العقد، أو بتعديل قيم الأوزان على الخطوط الرابطة للعقد (الموافق للتهييج أو التخميد الليفي

في الشبكات البيولوجية)، أو بتعديل قيمة عتبة توابع التفعيل للعقد، أو بتنفيذ هذه العمليات الثلاث بعضها مع بعض.[48]

وبشكل عام يمكن تصنيف عمليات التعليم بالشكل التالي:

1) التعليم بدون وجود معلم: ويمكن أن يُصنف إلى الصنفين التاليين:
   a. المُقوّى أو المعزز Reinforcement: ويتعمد على وجود مؤشر معيّن (زيادة أو نقصان).
   b. غير الموجّه Unsupervised: ويمكن أن يكون تنافسي Competitive أو هيبياني Hebbian.
2) التعليم بوجود معلم (موجّه) Supervised: وتشمل طريقة التعليم بتصحيح الخطأ، والتعليم المعتمد على الذاكرة.

يبيّن الشكل (3-13) مخطط تعليم الشبكات العصبونية الصنعية.



الشكل (3-13): أنماط تعليم الشبكات العصبونية الصنعية

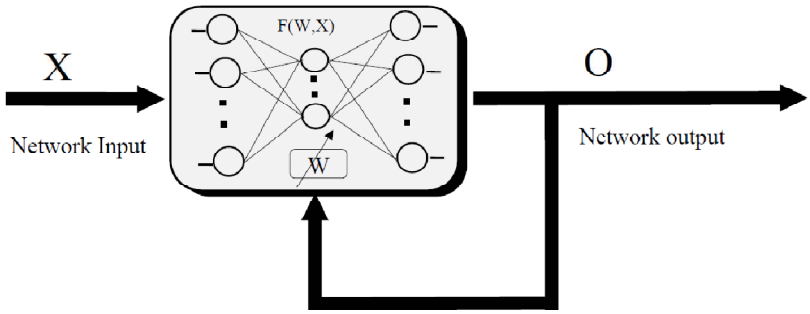
3-2-7-1 التعليم غير الموجّه:

1) التعليم التنافسي: في هذا النوع من التعليم تتنافس عصبونات الخرج مع بعضها لتصبح واحدة منها فقط فعالة (خرجها =1) وباقي العصبونات غير فعالة (خرجها =0). عند تطبيق دخل معيّن

فإن العصبون الرابح هو الذي يكون الجهد المحرض المحلي له (جهد التفعيل) أكبر من باقي العصبونات، وبالتالي فإن خرج هذا العصبون يُوضع 1 والباقي 0.

2) التعليم الهيبياني: في هذا النوع من التعليم يتم زيادة الوزن المشبكي w_{ji} الذي يصل بين العصبونين i و j إذا كان الترابط بينهما موجب، ويتم إنقاص الوزن المشبكي إذا كان الترابط بينهما سالب. بالتالي فإن العصبونات الأكثر استجابة لدخل معيّن يُسمح لها أن تخضع للتعليم أكثر من العصبونات الأقل استجابة لهذا الدخل.

يبيّن الشكل (3-14) المخطط الصندوقي العام لآلية تدريب الشبكة العصبونية بدون وجود موجّه (دون معلّم).



الشكل (3-14): مخطط صندوقي عام لتعليم الشبكات العصبونية بدون موجّه

3-2-7-2- التعليم الموجّه (بوجود معلّم):

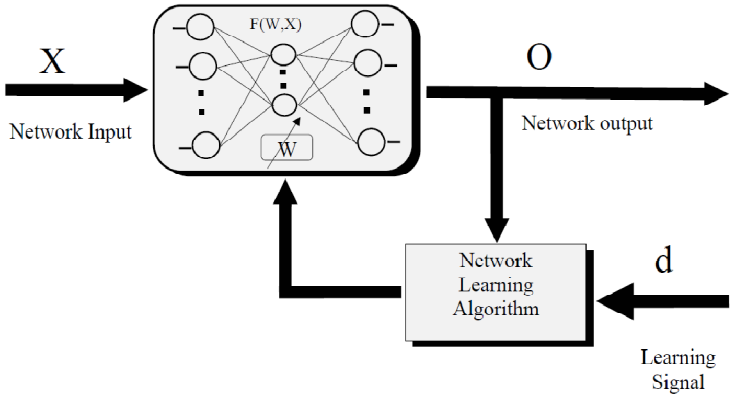
يتم تزويد الشبكة بالاستجابة المطلوبة عند كل شعاع دخل من البيئة وتتم مقارنة الاستجابة المطلوبة مع خرج الشبكة ويتم بعد ذلك ضبط مُعاملات الشبكة بتأثير شعاع التدريب (الدخل) وإشارة الخطأ. حيث يتم ضبط البارمترات (الأوزان والانحياز) بشكل متكرر (خطوة – خطوة) بهدف جعل الشبكة العصبونية تضاهي المعلم في أدائها (أي تعطي خرج قريب قدر الإمكان من الاستجابة المطلوبة) ويستمر ذلك حتى يصل إنجاز الشبكة العصبونية إلى أفضل ما يمكن. عندها تنتهي عملية التدريب ويمكننا عندها الاستغناء عن المعلم. يمكن تصنيف التعليم بدون موجّه إلى طريقة التعليم بتصحيح الخطأ (الدلتا) وطريقة التعليم المعتمد على الذاكرة.

1) طريقة التعليم بتصحيح الخطأ: يُستخدم هذا النوع من التعليم لتدريب الشبكات الخطية ذات الطبقة الواحدة والتي تُستخدم لحل مسائل التقابل الخطي بين الدخل والخرج. كما تُستخدم في تقريب

التوابع غير الخطية إلى توابع خطية. يمكن تعميم هذه الطريقة لتستخدم في الشبكات الأمامية متعددة الطبقات. الهدف المطلوب خلال عملية التعليم هو إنقاص الخطأ للوصول إلى قيمة مساوية تقريباً للخرج المطلوب. يتم تحقيق ذلك بإنقاص تابع معيّن لإشارة الخطأ يُسمى بتابع الكلفة Cost Function.

2) طريقة التعليم المعتمد على الذاكرة: يتم في هذا النوع من التعليم تخزين المعلومات المتاحة عن البيئة في الشبكة (شعاع الدخل وشعاع الخرج المقابل له وعدد الأشعة المعلومة). يتطلب هذا النوع من التعليم وجود أمرين أساسيين وهما: معيار لتحديد مدى تشابه الأشعة وقاعدة تعليم.

يبيّن الشكل (3-15) المخطط الصندوقي العام لآلية تدريب الشبكة العصبونية بوجود موجّه (معلّم).



الشكل (3-15): المخطط الصندوقي العام لتدريب الشبكة بوجود موجّه

3-2-8- الشبكة العصبونية المستخدمة في البحث:

مما تقدّم أصبح بالإمكان وبناء على مشكلة البحث والهدف منه تحديد ما يلزم لبناء شبكة عصبونية صنعية قادرة على التنبّؤ بقوة شد الخيوط القطنية. يحتاج البحث إلى شبكة العصبونية الأمامية ذات خوارزمية الانتشار الخلفي Feed Forward Neural Network Back Propagation Algorithm وذلك من أجل تعديل متكرر للأوزان بحيث يكون قيمة الخطأ بين ناتج الخرج والناتج الفعلي أصغر ما يمكن. تكفي طبقة خفية واحدة ولكن عدد العصبونات فيها يتم تحديده بالتجريب (كما سيرد في القسم العملي). وبتابع تفعيل sigmoid لأن العلاقة غير خطية بين الدخل والخرج. وتابع تفعيل linear لعصبونات الخرج. إن الخوارزمية الأكثر شيوعاً لتدريب مثل هذه الشبكة هي خوارزمية التدريب Levenberg-Marquardt back propagation algorithm (trainlm).

الفصل الرابع

الدراسة التجريبيّة

Experimental Study

4-1 تمهيد Introduction :

من الدراسة النظرية وفي نهاية الفصل الثاني تمّ تحديد مواصفات الألياف والخيوط المطلوبة لتكون عناصر دخل (inputs) الشبكة العصبونية الصنعية. وهذه المواصفات هي: طول الألياف [mm]، نعومة الألياف [micronaire]، نضج الألياف[4] [M]، متانة الألياف [cN/tex]، نمرة الخيط [Ne]، عدد برمات الخيط [t/m]. وكذلك تم تحديد عنصر خرج (output) الشبكة العصبونية الصنعية أو العنصر الهدف (target) وهو قوّة شدّ الخيط[5] [g_f]. في نهاية الفصل الثالث تمّ تحديد الشبكة العصبونية المناسبة لحاجة البحث. وهذه الشبكة هي من نمط الشبكة الأمامية ذات خوارزمية الانتشار الخلفي.

تمّ إجراء القسم العملي في الشركة التجارية الصناعية المتحدة (الخماسية) للحصول على البيانات المطلوبة لتأسيس الشبكة المطلوبة. تعمل هذه الشركة على نظام الغزل القطني المسرح. يتمّ توريد بالات القطن من المحالج التي قامت بتصنيفها برتب مختلفة حسب الجدول الوارد في الملحق /1/. يتم تشكيل خلطة من هذه الرتب لإنتاج الغزول المطلوبة. يتم ترتيب البالات حسب نسبة الخلط المطلوبة بحيث يكون مجموع عدد البالات /30/ بالة (عدد البالات في مرحلة الفتح والتنظيف في الشركة الخماسية). وقد لوحظ أثناء الدراسة العملية بأنّ عدد الرتب المستخدمة في الخلطة لا يزيد عن /4/ رتب. تمّ اعتماد الواحدات المستخدمة في مخبر الشركة الخماسية لتدريب الشبكة العصبونية مع العلم بأنه يمكن استخدام واحدات مختلفة لتدريب الشبكة.

4-2 إنشاء قاعدة البيانات Database Creation:

تمّ إجراء اختبارات طول الألياف باستخدام جهاز Classifiber من إنتاج شركة Keisokki اليابانية، واختبارات النعومة والنضج بواسطة جهازWira من إنتاج شركة WIRA Instrumentation Ltd البريطانية، واختبارات متانة الألياف باستخدام جهاز Pressley من إنتاج شركة MESDAN الإيطالية، واختبارات نمرة الخيط بواسطة جهاز Electronic Wrap reels من إنتاج شركة MESDAN الإيطالية، وعدد البرمات بواسطة جهاز Twistmatic من إنتاج شركة MESDAN الإيطالية، وقوّة شدّ الخيط بواسطة جهاز AUTODYN II من إنتاج شركة MESDAN الإيطالية.

---

[4] نضج الألياف: ليس لها واحدة [42]. وفي بعض الأبحاث يضاف لها واحدة (M) [41] أو (%).

[5] gf: غرام ثقلي، وهي واحدة قوة. في بعض المراجع يُعبر عنها بـ g_w.

وبما أنّ مواصفات الألياف مكونة من عدة رتب. ولكل رتبة مواصفات مختلفة عن الأخرى. كان لا بدّ من إيجاد قيم حسابية لكي تعبر هذه القيم عن كل مواصفة بجميع الرتب. لذا تم الاعتماد على نسبة مشاركة كل رتبة في الخلطة من أجل الحصول على المواصفات الحسابية للألياف كما يلي:

A) طول الألياف الحسابي: يتم تحديد عدد البالات من كل رتبة. وكذلك الطول الفعال لكل رتبة، ثمّ تطبيق المعادلة (4−1).

$$FL = \sum_{i=1}^{n} \beta_i . l_i \qquad [mm] \qquad (1-4)$$

حيث:

FL: طول الألياف الحسابي [mm] l_i: الطول الفعال للرتبة (i).... [mm]

n: عدد الرتب المستخدمة في الخلطة

β_i: نسبة مشاركة الرتبة (i) بخلطة القطن: $\beta_i = \frac{\text{عدد بالات الرتبة}(i)}{\text{عدد البالات الكلي}} = \frac{\text{عدد بالات الرتبة}(i)}{30}$

B) نعومة الألياف الحسابية: يتم تحديد عدد البالات من كل رتبة. وكذلك نعومة الألياف في كل رتبة، ثمّ تطبيق المعادلة(4−2).

$$FF = \sum_{i=1}^{n} \beta_i . f_i \qquad [\text{micronaire}] \qquad (2-4)$$

حيث:

FF: نعومة الألياف الحسابية [micronaire] f_i: نعومة الألياف في الرتبة (i).... [micronaire]

n: عدد الرتب المستخدمة في الخلطة

β_i: نسبة مشاركة الرتبة (i) بخلطة القطن: $\beta_i = \frac{\text{عدد بالات الرتبة}(i)}{\text{عدد البالات الكلي}} = \frac{\text{عدد بالات الرتبة}(i)}{30}$

C) نضج الألياف الحسابية: يتم تحديد عدد البالات من كل رتبة. وكذلك نضج الألياف في كل رتبة، ثمّ تطبيق المعادلة (4−3).

$$FM = \sum_{i=1}^{n} \beta_i . m_i \qquad [\mathrm{M}] \qquad (3-4)$$

حيث:

FM: نضج الألياف الحسابية [M] m_i: نضج الألياف في الرتبة (i).... [M]

n: عدد الرتب المستخدمة في الخلطة

β_i: نسبة مشاركة الرتبة (i) بخلطة القطن: $\beta_i = \frac{\text{عدد بالات الرتبة}(i)}{\text{عدد البالات الكلي}} = \frac{\text{عدد بالات الرتبة}(i)}{30}$

D) متانة الألياف الحسابية: يتم تحديد عدد البالات من كل رتبة. وكذلك متانة الألياف في كل رتبة، ثمّ تطبيق المعادلة (4−4).

$$FT = \sum_{i=1}^{n} \beta_i . t_i \qquad [\mathrm{cN/tex}] \qquad (4-4)$$

حيث:

FT: متانة الألياف الحسابية [cN/tex] t_i: متانة الألياف في الرتبة (i) [cN/tex]

n: عدد الرتب المستخدمة في الخلطة

β_i: نسبة مشاركة الرتبة (i) بخلطة القطن: $\beta_i = \frac{\text{عدد بالات الرتبة}(i)}{\text{عدد البالات الكلي}} = \frac{\text{عدد بالات الرتبة}(i)}{30}$

باستخدام العلاقات (4−1)، (4−2)، (4−3)، و(4−4) يتم الحصول على مواصفات محددة لكل خلطة قطن ويُعبّر عنها بقيم وحيدة. تبيّن الجداول (4−1)، (4−2)، (4−3)، و(4−4) مثال على ذلك.

الجدول (4−1): حساب وسطي طول الألياف في الخلطة

رتبة الألياف	عدد البالات	نسبة المشاركة (β)	طول الألياف [mm]	β × l	طول الألياف الحسابي (FL)
13 م	5	0.1666=30/5	28.7	4.783333	28.63333
33 م	5	0.1666=30/5	28.9	4.816667	
x 13	10	0.3333=30/10	28.7	9.566667	
23	10	0.3333=30/10	28.4	9.466667	

الجدول (4–2) : حساب وسطي نعومة الألياف في الخلطة

رتبة الألياف	عدد البالات	نسبة المشاركة (β)	نعومة الألياف (Mic)	β × f	نعومة الألياف الحسابية (FF)
13 م	5	0.1666=30/5	4.38	0.73	4.436667
33 م	5	0.1666=30/5	4.24	0.706667	
13 x	10	0.3333=30/10	4.54	1.513333	
23	10	0.3333=30/10	4.46	1.486667	

الجدول (4–3) : حساب وسطي نضج الألياف في الخلطة

رتبة الألياف	عدد البالات	نسبة المشاركة (β)	نضج الألياف (M)	β × m	نضج الألياف الحسابية (FM)
13 م	5	0.1666=30/5	1.19	0.198333	1.148333
33 م	5	0.1666=30/5	0.98	0.163333	
13 x	10	0.3333=30/10	1.14	0.38	
23	10	0.3333=30/10	1.22	0.406667	

الجدول (4–4) : حساب وسطي متانة الألياف في الخلطة

رتبة الألياف	عدد البالات	نسبة المشاركة (β)	متانة الألياف (cN/tex)	β × t	متانة الألياف الحسابية (FT)
13 م	5	0.1666=30/5	25.11	4.185	26.43333
33 م	5	0.1666=30/5	27.01	4.501667	
13 x	10	0.3333=30/10	27.04	9.013333	
23	10	0.3333=30/10	26.2	8.733333	

أمّا بالنسبة لعدد برمات الخيوط (YT) ونمر الخيوط (YC) وقوة شدّ الخيوط (YS) الناتجة فيتم تحديدها مباشرة من أجهزة الاختبار. وبالمثل تمّ اتباع نفس الأسلوب لباقي الخلطات للحصول على أشعة واحدية تناسب تدريب الشبكة العصبونية الصنعيّة. المكونة من ستة عناصر لشعاع الدخل وعنصر واحد لشعاع الخرج. تبيّن الجداول المُدرجة في الملحق /2/ نتائج التجارب العملية لمواصفات ألياف خلطات القطن بتطبيق الأسلوب السابق ذكره وكذلك مواصفات الخيوط الناتجة من هذه الخلطات.

يبيّن الجدول (4–5) ملخص للتجارب التي تمّ إجراؤها أو ملخص للجداول السابقة. إنّ القيم الواردة في الجدول (4–5) هي التي ستقوم بتغذية الشبكة العصبونية الصنعية. يجدر التذكير بأنّ خلطة القطن

الواحدة تنتج أكثر من خيط بعدد برمات ونمر مختلفة عن بعضها، وبالتالي قوى شدّ تختلف من خيط لآخر.

الجدول (4–5): ملخص نتائج التجارب العملية

عناصر دخل الشبكة العصبونية ANN input						خرج الشبكة ANN output
مواصفات الألياف الحسابية				مواصفات الخيوط		الهدف
Fiber length (FL)	Fiber Fineness (FF)	Fiber Maturity (FM)	Fiber Tenacity (FT)	Yarn Count (YC)	Yarn Twist (YT)	Yarn Strength (YS)
[mm]	[micronaire]	[M]	[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
28.510	4.136	0.981	29.236	11.8	565	671.46
28.480	4.122	0.983	29.136	24.06	895	329.64
28.430	4.157	0.989	28.914	15.81	659	489.59
28.957	3.938	1.031	30.168	12.1	572	670
28.957	3.938	1.031	30.168	22.97	853	351.8
28.957	3.938	1.031	30.168	21.82	719	341.4
28.957	3.938	1.031	30.168	11.92	568	632.6
28.957	3.938	1.031	30.168	20.9	719	375.7
28.957	3.938	1.031	30.168	21.6	729	355.1
28.957	3.938	1.031	30.168	11.8	550	663.4
28.957	3.938	1.031	30.168	11.9	582	677.11
28.590	4.105	1.053	29.344	23.5	908	332.4
28.590	4.105	1.053	29.344	11.73	566	671.45
28.780	4.209	1.054	27.770	11.8	569	679.96
28.780	4.209	1.054	27.770	23.9	892	328.31
28.513	4.085	1.062	29.793	10.09	513	770.5
28.513	4.085	1.062	29.793	11.8	570	668.46
28.513	4.085	1.062	29.793	23.8	898	315.31
28.493	4.278	1.089	26.860	15.9	658	522.81
28.493	4.278	1.089	26.860	11.85	567	709.95
28.040	4.226	1.089	29.873	23.9	921	337
28.040	4.226	1.089	29.873	11.75	570	728
28.040	4.226	1.089	29.873	7.05	338	1006
28.513	4.177	1.090	29.713	11.8	571	665.97
28.133	4.250	1.096	29.276	23.4	921	362.6
28.133	4.250	1.096	29.276	12.2	551	647
28.133	4.250	1.096	29.276	6.96	358	1008
28.133	4.250	1.096	29.276	23.5	906	347
28.630	4.436	1.148	26.433	22.06	729	324
28.630	4.436	1.148	26.433	23.54	845	350.77
28.630	4.436	1.148	26.433	12	576	708.8
28.630	4.436	1.148	26.433	23.54	840	344

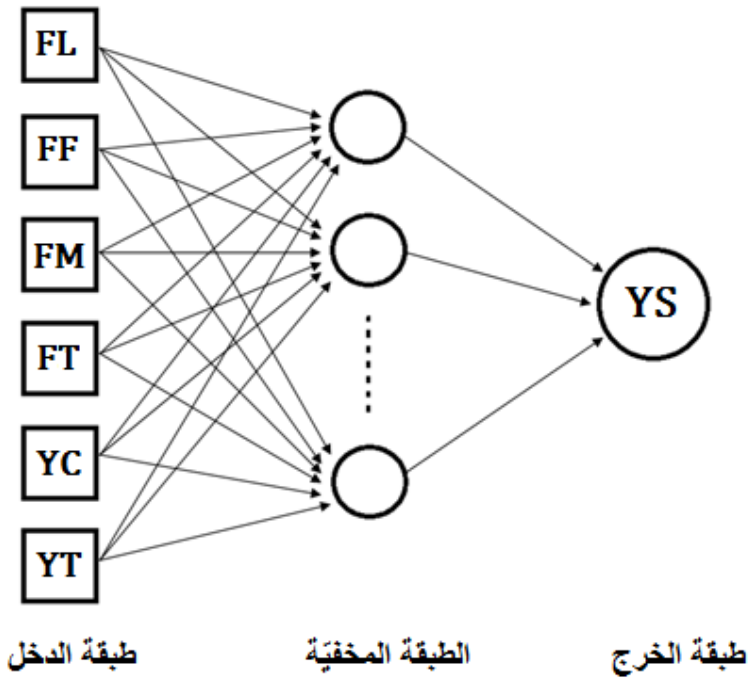
تضمّنت النتائج العملية التجريبية على قاعدة بيانات مكونة من 32×6 للمُدخلات و32 للخرج (قوة شد الخيط). تمّ استخدام قاعدة البيانات هذه لتدريب الشبكة العصبونية الصنعية (ANN). تم إنشاء مجموعة التدريب A باستخدام مصفوفة أبعادها (32×6) مركّبة من 32 متّجه و 6 عناصر، لتصبح مصفوفة الدخل للشبكة (ANN input).

$$A = \begin{bmatrix} FL_1 & FL_2 & \cdots & FL_{32} \\ FF_1 & FF_2 & \cdots & FF_{32} \\ FM_1 & FM_2 & \cdots & FM_{32} \\ FT_1 & FT_2 & \cdots & FT_{32} \\ YC_1 & YC_2 & \cdots & YC_{32} \\ YT_1 & YT_2 & \cdots & YT_{32} \end{bmatrix} \qquad (5-4)$$

كما تمّ إنشاء المجموعة الهدف (B) باستخدام مصفوفة واحدية أبعادها (32×1) والتي عناصرها تمثّل قيم قوى الشد لـ 32 خيط، لتصبح مصفوفة الخرج للشبكة (ANN output).

$$B = [YS_1 \quad YS_2 \quad \ldots \quad YS_{32}] \qquad (6-4)$$

يمكن تمثيل الشبكة العصبونية المطلوبة وفق المخطط الصندوقي الظاهر بالشكل (4-1).



الشكل (4-1): مخطط صندوقي لـ ANN المطلوبة

4-3 بناء الشبكة العصبونية الصنعيّة Artificial Neural Network Architecture:

4-3-1 تمهيد:

تمّ بناء الشبكة العصبونية الصنعية باستخدام أداة الشبكات العصبونية (Artificial Neural Network Tool) الموجودة في بيئة الماتلاب (MATLAB) [46]. تعتمد جميع طرق إنشاء الشبكات العصبونية في بيئة الماتلاب على تحديد عوامل أساسية هي:

مصفوفة أشعة الدخل للشبكة: وهي مصفوفة خصائص ألياف القطن (طول، نعومة، نضج، قوّة شدّ)، وكذلك نمرة الخيط وعدد برماته. هذه المصفوفة تم تحديدها من الجدول (4-5).

مصفوفة أشعة الخرج للشبكة: وهي المصفوفة الهدف وتمثّل قوّة شدّ الخيط. تم تحديدها في الجدول (4-5).

epoch: مُعامل لإيقاف عملية التدريب، حيث تتوقّف الشبكة عن التدريب إذا بلغ عدد التكرارات عدد الـ epoch المحدد.

Goal: لتحديد قيمة الخطأ الأصغري MSE.

min_grad: الميل الأصغري الذي يقف عنده التدريب.

يجب التنويه إلى أنّ: epoch – Goal – min_grad يتمّ تحديدها بشكل تلقائي ضمن بيئة الماتلاب.

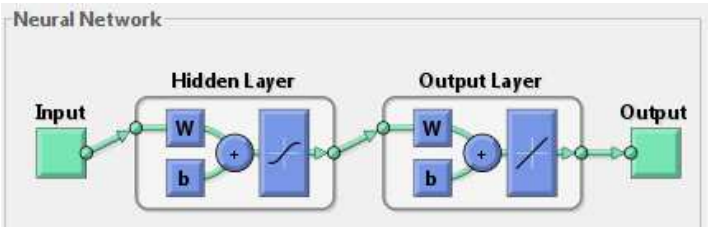
يُقسم العمل في الشبكات العصبونية الصنعية ضمن بيئة الماتلاب إلى ثلاثة أطوار هي:

- طور التدريب Training: يتم ضبط الشبكة العصبونية وفقاً لقيمة الخطأ. تتغيّر الأوزان والانحيازات بشكل تكراري لغاية الوصول إلى القيمة الصغرى لتابع الأداء.
- طور التعميم Validation: يُستخدم هذا الطور لقياس تعميم الشبكة العصبونية ولتحديد تردد طور التدريب عند توقف عملية التعميم.
- طور الاختبار Testing: يتم اختبار الشبكة العصبونية على مصفوفة أشعة التدريب التي تدربت عليها مسبقاً.

4-3-2 استخدام أداة Neural Network Fitting Tool (nftool):

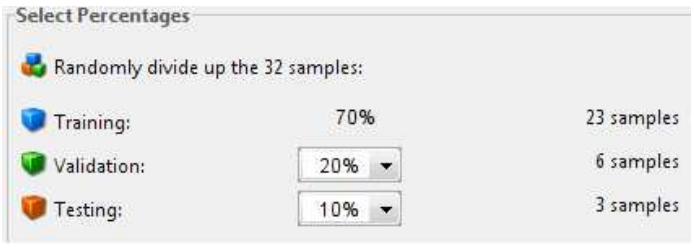
توفر بيئة الماتلاب العديد من أساليب بناء الشبكات العصبونية. بعد تجريب العديد من الشبكات العصبونية تم اعتماد الشبكة العصبونية الأمامية ذات خوارزمية الانتشار الخلفي Feed Forward Neural Network Back Propagation algorithm. تم إنشاء هذه الشبكة من خلال الأداة Neural Network Fitting Tool. تبني هذه الأداة شبكة بتغذية أمامية ذات طبقتين (طبقة مخفية وطبقة خرج) وبتابع تفعيل sigmoid للعصبونات المخفية، وتابع تفعيل linear لعصبونات الخرج. لتدريب الشبكة تستخدم هذه الأداة خوارزمية التدريب Levenberg-Marquardt backpropagation algorithm (trainlm). وفي حال عدم توفر ذاكرة كافية يتم استخدام خوارزمية التدريب scaled conjugate gradient backpropagation (trainscg).

يتم استدعاء هذه الأداة عند كتابة الأمر nftool في بيئة الماتلاب، حيث يظهر شكل صندوقي للشبكة العصبونية التي سيتم بناءها والتي تظهر بالشكل (4-2).



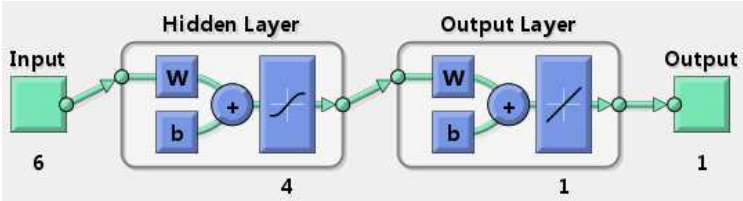
الشكل (4-2): المخطط الصندوقي العام لـ nftool

تمّ تحديد مصفوفة الدخل للشبكة وتحديد مصفوفة الخرج (الهدف)، والتي ذُكرت في الجدول (4-5). تمّ اختيار نسبة الأشعة المطلوبة لعملية التدريب (Training) وهو 70%، ونسبة الأشعة المطلوبة لعملية التعميم (Validation) وهو 20%، ونسبة الأشعة المطلوبة لعملية الاختبار (Testing) وهو 10%. والشكل (4-3) يُوضح نسب هذه الأشعة وعدد النماذج لكل عملية.



الشكل (4-3): نسب أشعة الدخل

تم اختيار 4 عصبون في الطبقة المخفية. كما يُوضح الشكل (4-4).



الشكل (4-4): المخطط الصندوقي للشبكة المطلوبة

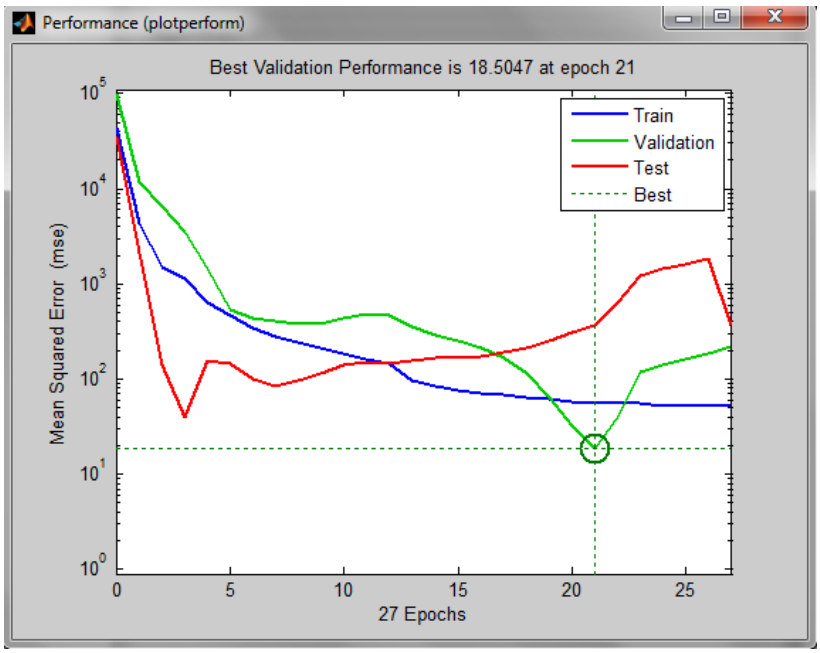
تمّ تدريب الشبكة عدّة مرات حتى الحصول على نتائج مقبول وبنسبة خطأ معقولة. والشكل (4-5) يُوضح النتائج.

Results

	Samples	MSE	R
Training:	23	56.48961e-0	9.99209e-1
Validation:	6	18.50469e-0	9.99886e-1
Testing:	3	361.58766e-0	9.96238e-1

الشكل(4-5): النتائج النهائية لعملية التدريب

تمّ رسم المخططات البيانية التي تُظهر عملية تدريب الشبكة للوصول لأفضل النتائج، والتي تظهر بالشكل (4-6).

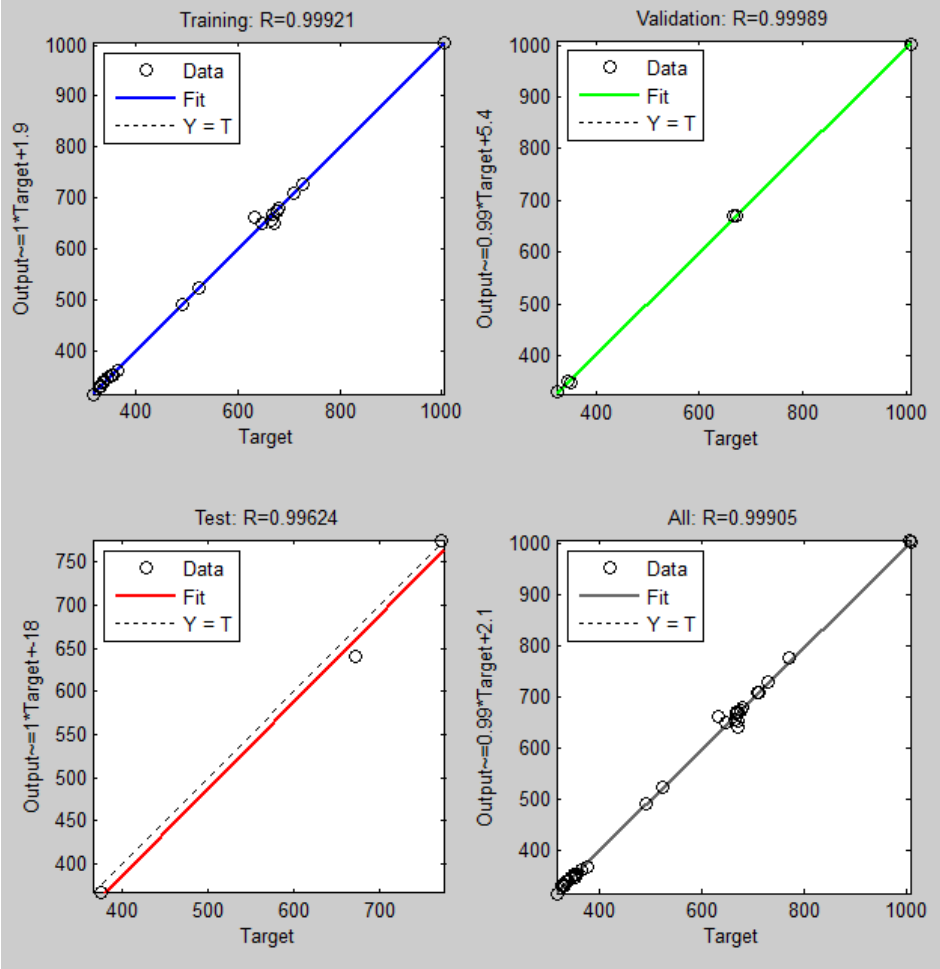


الشكل (4-6): المنحنيات البيانية الخاصة بعملية تدريب الشبكة

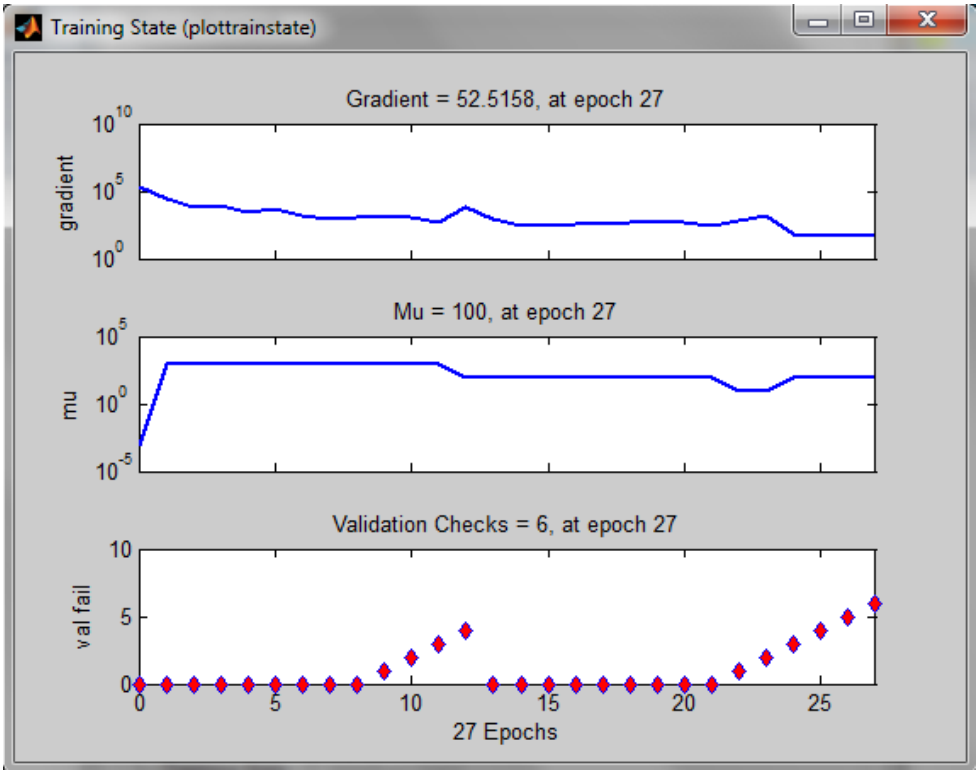
من الشكل (4–6) يُلاحظ بأن عدد الـ Epochs و MSE يتم تحديدها تلقائياً في بيئة الـ MATLAB.

تمّ رسم منحنيات الانحدار الخطّي لكل من عملية التدريب والتعميم والاختبار. الشكل (4–7) يُوضح هذه المنحنيات. علماً بأنّ الشبكة تكون بأفضل تدريب لها عندما تكون: R=1.

تمّ رسم منحنيات الانحدار ونسبة الخطأ عند كل نقطة من الـ epoch أثناء عملية تدريب الشبكة وهي موضحة في الشكل (4–8).

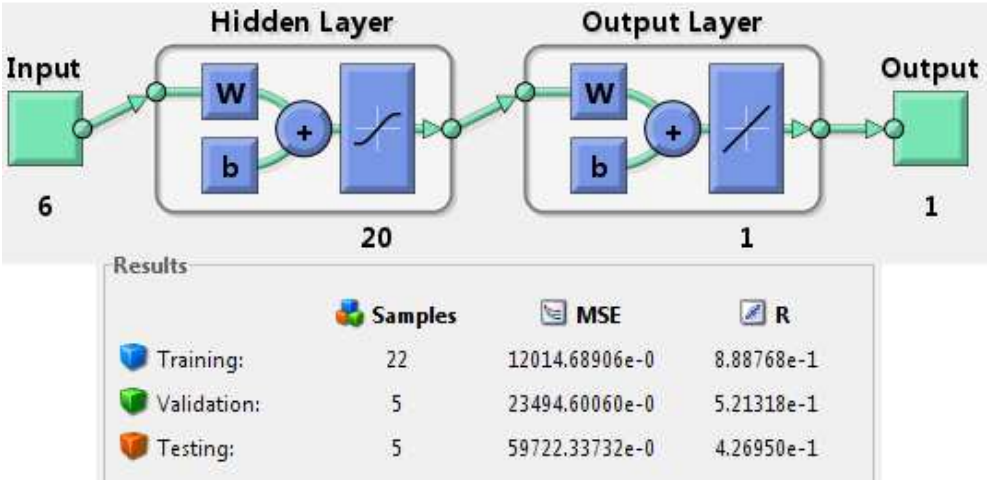


الشكل (4–7): منحنيات الانحدار الخطي الخاصة بالشبكة



الشكل (4-8): نتيجة التدريب ونسبة الخطأ في الشبكة المختارة

لوحظ عند بناء العديد من الشبكات العصبونية أنّه عند زيادة عدد العصبونات عن (10) فإنّ نسبة الخطأ تزداد بشكل كبير، كما يوضح الشكل (4-9). عند زيادة نسبة الأشعة المختارة للتدريب على حساب نسبة الأشعة المختارة للتعميم والاختبار، فإنّ نتائج الشبكة داخلياً تصبح أفضل ولكن تقلّ قدرتها على التعرف الخارجي (اختبارات جديدة)، كما يوضح الشكل (4-10). عند زيادة عدد أشعة التعميم أصبحت نتائج الاختبار أسوأ داخلياً وخارجياً، كما يوضح الشكل (4-11).



الشكل (4-9): نتائج شبكة عند زيادة عدد العصبونات عن (10)

Results

	Samples	MSE	R
Training:	28	7.34907e-1	9.99992e-1
Validation:	2	5867.60722e-0	1.00000e-0
Testing:	2	1048.01932e-0	1.00000e-0

الشكل (4-10): نتائج شبكة عند زيادة نسبة الأشعة المختارة للتدريب

Results

	Samples	MSE	R
Training:	18	25634.49696e-0	9.33702e-1
Validation:	11	11673.25151e-0	1.58408e-1
Testing:	3	41535.18239e-0	-9.43596e-1

الشكل (4-11): نتائج شبكة عند زيادة عدد أشعة التعميم

يحتوي الملحق /3/ على كامل تعليمات ملف M-File الخاصة بالشبكة العصبونية الصنعية الـ (ANN).

4-4 الواجهة الرسومية لكامل الخوارزمية (GUI):

بغية تسهيل استثمار الشبكة العصبونيّة، تمّ تصميم واجهة رسومية لكامل الخوارزمية. وبذلك يسهل التعامل مع الخوارزمية سواء أكانت متوفرة عند مدير الإنتاج أو مشرف المخبر أو عند رئيس قسم مراقبة الجودة. دون أن يتطلب ذلك أي تدريب على استخدامها لأنها واجهة بسيطة جداً بالإضافة لتصميمها باللّغة العربيّة.

تتكوّن الواجهة الرسومية من صفحتين. الصفحة الأول موضحة بالشكل (4-12). وفيها يتم تحديد عدد الرتب بخلطة القطن. ويتم إدخال عدد البالات لكل رتبة ومواصفات ألياف القطن (الطول، النعومة، النضج، قوّة الشدّ). تمّ تزويد الواجهة الرسومية برسائل تنبيه تتعلق بمواصفات الألياف (طول، نعومة، نضج، ومتانة)، فتظهر رسالة تنبيه للتأكّد من طول الألياف إذا خرج طول الألياف عن المجال [25-30] mm. تظهر رسالة تنبيه للتأكّد من نعومة الألياف إذا خرجت نعومة الألياف عن المجال [2.9-5.6] Micronaire. تظهر رسالة تنبيه للتأكّد من نضج الألياف إذا خرج نضج الألياف عن المجال [0.6-1.2] M. تظهر رسالة تنبيه للتأكّد من متانة الألياف إذا خرجت المتانة عن المجال [20-35]

cN/tex. يوضح الشكل (4-13) إحدى هذه الرسائل. علماً بأنّه يمكن تغيير قيم هذه المجالات من خلال تغيير حدودها في ملف الـ M-file الخاص بهذه الواجهة الرسومية.

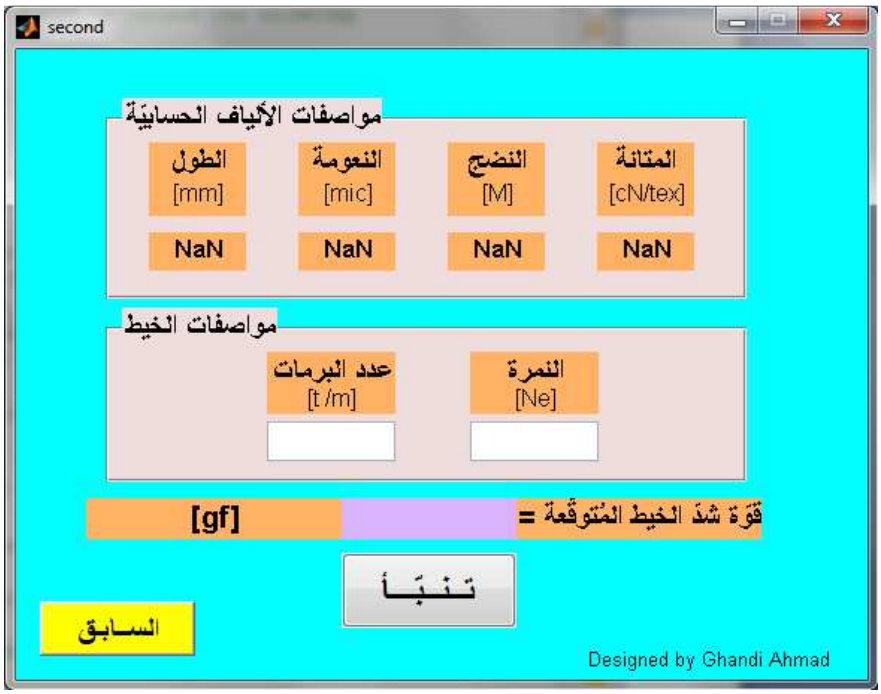


الشكل (4-12): الصفحة الأولى من الـ GUI



الشكل (4-13): الصفحة الأولى من الـ GUI مع رسالة تنبيه

بالضغط على زر (**التـالـي**) يتم الانتقال إلى الصفحة الثانية الموضحة بالشكل (4-14) بعد أن تمّ إجراء المعادلات الحسابية (4-1) و(4-2) و(4-3) و(4-4) وإسناد نتائج هذه المعادلات في الأماكن المخصصة لها. يتم إدخال قيم نمرة خيط وعدد البرمات. تم تزويد هذه الواجهة الرسومية برسائل تنبيه تتعلق بعدد البرمات ونمرة الخيط. تظهر رسالة تنبيه للتأكّد من عدد البرمات إذا خرج عدد البرمات عن المجال [350-1000] t/m. تظهر رسالة تنبيه للتأكّد من نمرة الخيط إذا خرجت نمرة الخيط عن المجال [6-40] Ne. علماً بأنّه يمكن تغيير قيم هذه المجالات من خلال تغيير حدودها في ملف الـ M-file الخاص بهذه الواجهة الرسومية. بذلك تكون عناصر الدخل كاملة وبالضغط على الزرّ (**تنـبّـأ**) يتمّ استدعاء الشبكة العصبونية المُدرّبة سابقاً والتي ستقوم بالتنبّؤ بقوّة شدّ الخيط.



الشكل (4-14): الصفحة الثانية من الـ GUI

4-5 النتائج Results:

عند الحصول على الشبكة المتدربة سيكون بمقدورها إيجاد صلة بين عناصر المجموعة المتدربة والمجموعة الهدف، بمعنى آخر سيكون بمقدور الـ ANN استقبال مجموعة عناصر الدخل الـ 6. التي تمثّل مُعاملات الألياف (الطول، النعومة، النضج، قوة الشدّ) بالإضافة إلى نمرة الخيط المطلوب إنتاجه وعدد برماته. ومن ثم إعطاء الخرج والذي هو التنبؤ بقوة شد الخيط المنتج من عناصر الدخل، لذلك:

$$\left.\begin{array}{l} \text{input(ANN)} = [\ \text{FL};\ \text{FF}\ ;\ \text{FM}\ ;\ \text{FT}\ ;\ \text{YC}\ ;\ \text{YT}\ ] \\ \\ \text{output(ANN)} = [\text{YS predicted}] \end{array}\right\} \quad (7-4)$$

القيمة المُتوقّعة للخيط [YS predicted] سيتم مقارنتها بالقيمة التجريبية (المخبرية) [YS real] ليتمّ التأكد من وثوقيّة التوقّع. وسوف يتمّ تقييم المقارنة كنسبة مئوية بواسطة المُعامل المعرّف بـ η والذي يدعى (خطأ التنبّؤ) ويُعطى العلاقة(4–8) [43].

$$\eta = \frac{\left|\text{YS}_{\text{real}} - \text{YS}_{\text{predicted}}\right|}{\text{YS}_{\text{real}}} \ldots\ldots\ldots\ldots (8-4)$$

فكلما كانت قيمة η صغيرة كلما كانت عملية التنبؤ أفضل.

تمّ اختبار الخوارزمية الناتجة بشكل فعلي على خلطة البالات الجديدة الموضّحة بالجدول (4–6). وقد نتج عن هذه الخلطة خيط بنمرة جديدة (Ne= 10) وعدد برمات جديد (YT= 516 [t/m]) لم تتدرّب الشبكة العصبونية على هذا الخيط مسبقاً.

الجدول (4–6): مواصفات عينة الاختبار

الرتبة	عدد البالات [bale]	الطول [mm]	النعومة [micronaire]	النضج [M]	قوة الشعيرات [cN/tex]
13	6	29.7	3.92	1.2	29.2
23	8	29	4.56	1.2	28.9
23 م	8	28.5	4.1	1.14	28.8
13 م	8	28.3	4.2	1.23	28.5

أُدخلت بيانات الجدول (4–6) إلى الواجهة الرسومية (GUI)، كما يوضّح الشكل (4–15).

بالضغط على زر (**التـالـي**) يتم الانتقال إلى الصفحة الأخرى مع إجراء العمليات الحسابية اللازمة والموضحة في المعادلات (4–1) و(4–2) و(4–3) و(4–4). بإدخال نمرة الخيط (Ne=10)، وعدد البرمات ([t/m] 516)، وبالضغط على زر (**تنـبّـأ**) يتمّ الحصول على قوّة شدّ الخيط المُتوقّعة، كما يوضح الشكل (4–16).



الشكل (4-15): الصفحة الأولى من الـ GUI للاختبار



الشكل (4-16): الصفحة الثانية من الـ GUI للاختبار

يوضّح الشكل (4–16) أنّ قوّة شدّ الخيط المتوقّعة هي (859.504 [g_f]). وبعد إنتاج الخيط بشكل فعلي واقعي تبيّن أن قوّة شد الخيط هي (850.9 [g_f]). وبحساب نسبة الخطأ حسب المعادلة (4–9). ينتج:

$$\eta = \frac{|850.9 - 859.504|}{850.9} = 0.010 \ = 1.0\% \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9-4)$$

4–6 مقارنة مع علاقة سلافيوف Salaviov:

من الطرق الرياضية التي لاقت تطبيقاً عملياً ناجحاً لتحديد المتانة النسبية المتوقعة للخيط هي العلاقة التجريبية للباحث الروسي (Salaviov) والموضحة بالمعادلة (4–10). واستخدام هذه العلاقة انحصر بصناعة الغزل الحلقي المسرح والممشط فقط، بينما تحتاج هذه الطريقة إلى التطوير أو اشتقاق طرق أخرى ملائمة لأنظمة الغزل المختلفة كالغزل التوربيني والهوائي وغيرها من أنظمة الغزل. هذا ما لوحظ في الفصل الأول من هذا البحث.

$$S_v = S_f (1 - 0.0375 \cdot H_0 - 2.65\sqrt{\frac{Tt_f}{Tt_y}})Z \cdot K_\alpha \eta \quad , \qquad (10\text{-}4)$$

حيث:

S_v : متانة الخيط (g_f/tex) S_f: متانة الشعيرات (g_f/tex)

Tt_y: الكثافة الخطية للخيط (tex) Tt_f: الكثافة الخطية للألياف (tex)

K: مُعامل تصحيح البرم Z: مُعامل تصحيح طول الشعيرات

H_o :مؤشر العملية التكنولوجية (3.4–4: لنظام القطن الممشط ، 4.5-5: لنظام القطن المسرح)

η: عامل ارتباط بجودة التجهيزات تتراوح قيمته بين 0.95–1.1 وللتجهيزات المثالية = 1

يُعطى Z بالعلاقة (1–12) الواردة في الفصل الأول. يعطى مُعامل تصحيح البرم (K) من الجدول (4–7) بالعلاقة بين كل من عامل البرم للخيط المُعطى (α) وعامل البرم الحرج (α_c) [51]. كما يمكن تحديد مُعامل تصحيح البرم (K) من العلاقة (1–13) الواردة في الفصل الأول.

الجدول (4–7): تحديد مُعامل تصحيح البرم (K)

$(\alpha_c - \alpha)$	K	$(\alpha_c - \alpha)$	K	$(\alpha_c - \alpha)$	K	$(\alpha_c - \alpha)$	K
-15.8	0.7	-4.74	0.96	3.16	0.99	15.8	0.88
-12.6	0.8	-3.16	0.98	4.74	0.98	18.9	0.85
-9.48	0.86	-1.58	0.99	6.32	0.96	22.1	0.82
-9.7	0.91	0	1	9.48	0.94	25.3	0.79
-6.32	0.94	-	-	12.6	0.91	-	-

ثابت البرم الفعلي للخيط يحدد من جداول خاصة أو حسب رغبة الزبون حيث يتم تحديد ثابت البرم بالعلاقة مع عدد البرمات حسب العلاقة (4–11).

$$\text{Twists Number (twist/inch)} = \alpha_e \cdot \sqrt{\text{Ne}} \qquad (11-4)$$

$$\text{Twists Number (twist/meter)} = \text{Twists Number (twist/inch)} \times 39.37 \quad (12-4)$$

تمّ القيام بخمس تجارب للمقارنة بين علاقة (Salaviov) والـ (ANN). نظراً لكون المدخلات تختلف باختلاف أسلوب التنبّؤ (Salaviov) أو (ANN)، لذا كان من الضروري تحديد المدخلات المناسبة لكل أسلوب مع مراعاة الواحدة المناسبة لكل منها. مثلاً نعومة الألياف عند Salaviov تقاس بالـ (tex) بينما بالـ (ANN) تُقاس بالـ (Micronaire) وللتحويل بينهما نستخدم العلاقة(4–13).

$$tex = 0.03933 \times Micronaire\ value \qquad (13-4)$$

ولتحويل نمرة الخيط بين الـ (Ne) المتّبعة في الـ (ANN) والـ (tex) المتّبعة عند (Salaviov) يتم استخدام العلاقة (4–14).

$$\text{Ne} \times \text{tex} = 590.541 \qquad (14-4)$$

يبيّن الجدول (4–8) نتائج خمس تجارب للمقارنة العملية بين أسلوب الـ (ANN) وأسلوب (Salaviov) للتنبّؤ بمتانة الخيط. ثم مقارنة النتائج مع المتانة التجريبية (المخبرية) للخيط. مع ملاحظة أنّ عناصر الدخل تختلف حسب كل أسلوب للتنبّؤ. فعناصر الدخل لـ (Salaviov) هي: متانة الألياف، نمرة الخيط، نمرة الألياف، مُعامل تصحيح البرم، مُعامل تصحيح طول الألياف، مؤشر العملية التكنولوجية، ومُعامل الارتباط بجودة التجهيزات. بينما عناصر الدخل للـ (ANN) هي: طول الألياف، نعومة الألياف، نضج الألياف، متانة الألياف، نمرة الخيط، وعدد البرمات.

من الجدير بالذكر أنّ علاقة (Salaviov) تعطي متانة الخيط المتوقعة والتي تُقدّر بالـ [cN/tex]. بينما خرج الشبكة العصبونية (ANN) يعطي قوة شد الخيط المتوقّعة والتي تُقدّر بالـ [g_f]. لإجراء مقارنة بين الأسلوبين يجب إجراء عملية تحويل ليصبح للخرجين نفس الواحدة. تُستخدم العلاقة (4−15) لتحويل خرج الـ (ANN) والذي هو [g_f] إلى واحدة (Salaviov) والتي هي [cN/tex].

$$Yarn\ Tenacity\ \left[\frac{cN}{tex}\right] = \frac{Yarn\ Force[g_f]}{Yarn\ Count\ [tex]} \qquad (15-4)$$

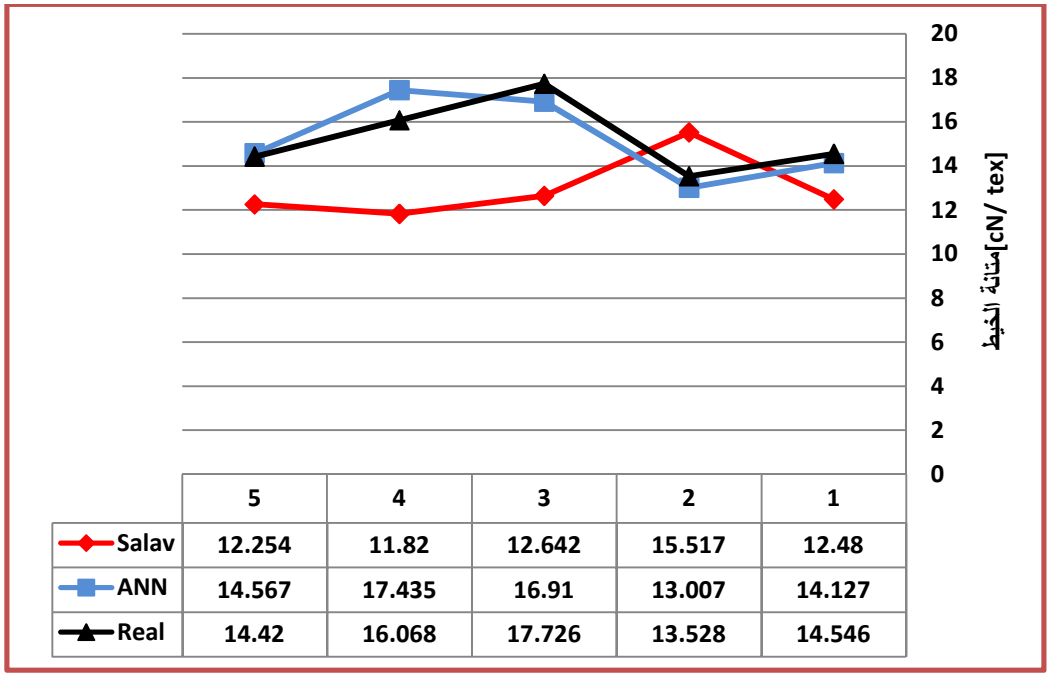
على اعتبار أنّ تسارع الجاذبية الأرضية [N/kg] G=10، وبالتالي فإنّ:

$$1\ [cN] = 1\ [g_f]$$

الجدول (4−8): نتائج تجارب مقارنة التنبؤ بمتانة الخيط مع المتانة التجريبية (المخبرية)

5		4		3		2		1		التجربة
ANN	Salav	ANN	Salav	ANN	Salav	ANN	Salav	ANN	Salav	أسلوب التنبّؤ
28.82		22.944		26.44		25.941		26.274		FL [mm]
28.8267		26.906		30.872		30.639		30.506		FS [cN/tex]
1.192	-	1	-	1	-	0.6	-	0.7	-	FM [M]
-	0.165	-	0.167	-	0.163	-	0.162	-	0.162	Tf [tex]
4.2133	-	4.2445	-	4.143	-	4.1174	-	4.1174	-	FF [mic]
10		24		24		12		12		YC [Ne]
516	-	928	-	928	-	580	-	580	-	YT [t/m]
-	0.9	-	1	-	1	-	1	-	0.9	K
-	3.352	-	4.72	-	4.754	-	4.254	-	3.352	α
-	4.861	-	5.347	-	4.986	-	4.929	-	4.861	α_c
-	5	-	5	-	5	-	5	-	5	H_0
-	0.85	-	0.95	-	0.95	-	0.95	-	0.85	μ
859.504	-	428.921	-	416.054	-	640.085	-	695.203	-	YS [g_f]
14.567	12.254	17.435	11.82	16.91	12.642	13.007	15.517	14.127	12.48	P.Y.T [cN/tex]
14.42		16.068		17.726		13.528		14.546		R.Y.T [cN/tex]
1.01	15	8.5	26.43	4.6	28.68	3.85	14.7	2.8	14.2	ŋ%

برسم المنحنيات التي تربط متانة الخيط تبعاً لأسلوب التنبؤ (Salav , ANN) ومنحني المتانة الفعلي يتم الحصول على الشكل (4-17).



	5	4	3	2	1
Salav	12.254	11.82	12.642	15.517	12.48
ANN	14.567	17.435	16.91	13.007	14.127
Real	14.42	16.068	17.726	13.528	14.546

الشكل (4-17): منحنيات متانة الخيط تبعاً للأسلوب (ANN, Salaviov, Real)

من الشكل (4-17) يُلاحظ بأنّ المنحني الممثّل للتنبّؤ بمتانة الخيط بواسطة أسلوب الـ (ANN) أقرب إلى النتيجة التجريبيّة (المخبريّة) من التنبّؤ بواسطة أسلوب (Salaviov).

وبأخذ أعلى قيمة خطأ في أداء الشبكة العصبونية الصنعية وهي (8.5) يمكن كتابة مجال الثقة في أداء الشبكة كما يلي:

$$Result = Value \pm Uncertainty = Value \pm 8.5\% \qquad (16-4)$$

تجدر الإشارة بأنّ هذه النتيجة هي للتنبّؤ بقوّة شدّ الخيط وليست للتنبّؤ بمتانة الخيط.

الفصل الخامس

النتائج & المقترحات

Results

&

Conclusions

5-1 النتائج والمناقشة Results and Discussion:

يمكن من خلال النتائج والمعطيات التي تجمعت لدى الباحث، استنتاج ما يلي:

1) حقّقت الشبكة العصبونية الصنعية (ANN) نتائج أفضل من الأساليب التقليدية في التنبّؤ بمتانة الخيط.
2) كلّما زادت البيانات المستخدمة في إنشاء الشبكة العصبونية الصنعية (ANN)، كان أداء الشبكة أفضل.
3) التكاليف المباشرة للبحث تكاد تكون معدومة، على اعتبار أنّ اختبارات الألياف والخيوط هي من الأعمال الدورية في أي مخبر ضمن معمل الغزل.
4) خلال إعداد هذا البحث وأثناء القيام بالاختبارات المطلوبة للشبكة واجه الباحث مشاكل في فرز بالات القطن. تتلخص بأنه ضمن البالة الواحدة يمكن الحصول على مواصفات مختلفة للقطن الموجود ضمنها. بناء على ذلك قام الباحث بنشر مقالة في مجلة جامعة دمشق لتوثيق الاختلاف في مواصفات الألياف ضمن البالة الواحدة.
5) تمّ إعداد هذا البحث في الشركة التجارية والصناعية المتحدة (الخماسية). لذا من المتوقّع بأنّ الخوارزمية الناتجة عن هذا البحث لا يمكن أن تُعطي نتائج مُرضية. لأنّه لا يوجد معايرة موحدة لأجهزة الاختبار في مخابر معامل الغزل السورية [52].
6) عملية التنبّؤ بقوة شد الخيط تعطي إمكانية لمعرفة سلوك الخيط قبل إنتاجه بشكل فعلي مما يوفر الوقت في إنتاجه وكذلك في كلفة إنتاجه.
7) المتانة النسبية للخيوط المنتجة من أهم المؤشرات التي تحدد سعر هذه الخيوط، وبالتالي فإنّ المحافظة على المتانة النسبية ضمن حدودها العليا يساعد على رفع جودة الخيوط وبالتالي الربح العائد منها. كما يساعد على زيادة إنتاجية مراحل النسيج أو التريكو نتيجة انخفاض نسبة القطوعات في الخيوط.
8) المساهمة بمراقبة الجودة في معامل الغزل. ففي حال حصول اختلاف كبير بين القيمة التجريبية (المخبريّة) لقوة شد الخيط والقيمة المتوقعة من خلال الشبكة العصبونية. يتوجّب على القائمين على العملية الإنتاجيّة أن يقوموا بإجراء معايرة للآلات الإنتاجية.

9) إمكانية تغيير الخلطة حتى الحصول على متانة الخيط المطلوبة، بما يتوافر من رتب الألياف الموجودة في مستودع البالات.
10) تُعتبر قوة شدّ الخيط هامة في مجال الغزل والنسيج لذا يمكن تغيير عدد برمات الخيط من زيادة ونقصان ما يتلاءم مع حاجة الزبون.

5-2 التوصيات والمقترحات Conclusion and Recommendation:

بالنظر إلى النتائج التي توصل إليها البحث يمكن وضع المقترحات والتوصيات التالية:

1) ضرورة القيام بمزيد من الأبحاث والدراسات التي تتناول موضوع الذكاء الصناعي في مجال هندسة الغزل والنسيج.
2) ضرورة تطبيق معايرة موحدة لأجهزة الاختبار في معامل الغزل في الجمهورية العربية السورية. مما يسهّل الحصول على خوارزمية واحدة لمختلف معامل الغزل. وبالتالي سهولة مراقبة جودة خطوط الإنتاج في مختلف أنحاء البلاد. مع اقتراح أن تكون هذه الخوارزمية في مكان مشترك بين جميع معامل الغزل (مركزي) كالمؤسسة العامة للصناعات النسيجية.
3) إمكانية تطبيق شبكات عصبونية جديدة لتلائم معامل الغزل ذات الأنظمة الممشطة والتوربينية.
4) يجب أن تكون بالات القطن المُورّدة من محالج القطن إلى معامل الغزل مفروزة بشكل صحيح ودقيق وبناءً على أسس علمية وتقنية بعيدة عن الأسلوب اليدوي [50]. ممّا يعطي بالات القطن مواصفات موحّدة لنفس الرتب. ويمكن الاستفادة من الطريقة المُقترحة في المرجع [51]. هذا يُساهم بتدريب الشبكة العصبونية بشكل أفضل عن طريق تقليل نسبة الخطأ. ويُساعد الباحثين في إنجاز أبحاثهم المختلفة بدقة وبسرعة. يبيّن الملحق رقم /4/ أن المحالج السوريّة لا تحتوي على أجهزة (HVI) الآلية التي تُساعد على فرز القطن بطريقة صحيحة ممّا يجنّب الأخطاء التي تنشأ نتيجة الفرز اليدوي لبالات القطن.
5) العمل على تحسين أداء الشبكة العصبونية الصنعية. وذلك من خلال الزيادة المستمرة لعدد البيانات المستخدمة في تدريب الشبكة، كلما تسنت فرصة القيام بهذا العمل.
6) باستخدام خوارزمية البحث، أصبح بإمكان القائمين على العملية الإنتاجية أن يطلبوا بالات القطن بمواصفات محددة، بما يتلاءم مع خططهم الإنتاجية والتسويقية.

5-3 الآفاق المستقبلية للبحث Future Researches:

1) تعميم استخدام الذكاء الصناعي في مجالات الغزل والنسيج المختلفة.
2) توسيع مدارك الباحثين حول إمكانية استخدام طرق جديدة في البحث لحل المشاكل التي تواجههم تختلف عن الطرق التقليدية تتميز بسهولتها وسرعتها وكفأتها.
3) تعميم خوارزمية البحث لتلائم معامل أخرى غير الشركة التجارية الصناعية المتحدة (الخماسية). وذلك من خلال البحث عن ثوابت لإزاحة نتائج الخوارزمية لتلائم المعامل الجديدة، أو من خلال إنشاء خوارزميات جديدة في المعامل الجديدة ومقارنتها مع خوارزمية الشركة التجارية الصناعية المتحدة (الخماسية).
4) تطبيق شبكات عصبونية فرعية على كامل خط الغزل بعد كل مرحلة من المراحل. مما يسهّل عملية مراقبة الجودة لخط الغزل، وذلك من خلال مقارنة النتائج التجريبية (المخبرية) مع النتائج المتوقعة من خلال الشبكات الفرعية.
5) البحث في تطبيقات فروع الذكاء الصناعي الأخرى غير الشبكات العصبونية كالبرمجة الجينية "Genetic Programming"، ومنطق الغموض "Fuzzy Logic". للاستفادة من قدراتها في معالجة المشاكل التي تواجه الباحثين في مجال الغزل والنسيج.

References المراجع:

المراجع الأجنبية

[1] Hearle, J. W. S., Grosberg, P., and Backer, S., "*Structural Mechanical of Fiber, Yarns and Fabrics*", Wiley- Interscience, New York, 1969.

[2] Zurek, W., "*The Structure of Yarn*", Warsaw, Poland, 1975.

[3] Postle, R., Caranby, G.A. and de Jong, S., "*The Mechanics of Wool Structure*", John Willy & Sons, New York, 1988.

[4] Langenhove, L. V., "*Simulating The Mechanical Properties of a Yarn Based on the Properties and Arrangement of its fibers, Part I: The Finite Element Model*", Text. Res. J., 67,263-268. 1997.

[5] Gegauff, C., "*Strength and Elasticity of Cotton Threads*". Bull. Soc. Ind. Mulhouse, 77, 153- 176. 1907.

[6] Gurney, H. P., "*The Distribution of Stress in Cotton Products*", J. Textile Inst., 16, T269-289. 1925.

[7] Sullivan,R. R., "*A Theoretical Approach to The Problem of Yarn Strength*", J. Appl. Phys., 13, 157. 1942.

[8] Gregory, J., "*Cotton Yarn Structure, part III: The Strength of Artificial Yarn Elements in Relation to Bulk and Yarn Twist*", J. Textile Inst. 41, T30-52, 1950.

[9] Pan, N., "*Development of a Constitutive Theory for Short Fiber Yarns, Part I: Mechanics of Staple Yarn Without Slippage Effect*", Text. Res. J. 62, 749- 765. 1992.

[10] Pan, N., "*Development of a Constitutive Theory for Short Fiber Yarns, Part I: Mechanics of Staple Yarn With Slippage Effect*", Text. Res. J. 63, 504- 515. 1993.

[11] Pan, N., "*Development of a Constitutive Theory for Short Fiber Yarns, Part I: Effects of Fiber Orientation and Bending Deformation*", Text. Res. J. 63, 565- 572. 1993.

[12] Bogdan, J.E., "*The Characterization of Spinning Quality*", Text. Res. J., 720- 730, 1956.

[13] Bogdan, J.E., "*The Prediction of Cotton Yarn Strength*", Text. Res. J., 536- 537, 1967.

[14] Subramanian, T. T., Ganesh, K. and Bandyopadhyay, S., "*A Generalized Equation for Predicting The Lea Strength of Ring- Spun Cotton Yarns*". J. Text. Inst., 65, 307- 313. 1974.

[15] Lord, E., "*The Characteristics of Raw Cotton, Manual of Cotton Spinning*", Vol. II, Part 1, Manchester, 1961.

[16] Neelkantan, P., Subramanian, T. A., "*An Attempt to Quantify the Translation of Fiber Bundle Tenacity into Yarn Tenacity*," Text. Res. J., 46, 822- 827, 1976.

[17] Solovev, A. N., "*Proektirovanie Svoistv Pryazhi v Khlopchatobumazhnom Proizvodstve (The Prediction of Yarn Properties in Cotton Processing)*," Moskva, 1958.

[18] Usenko, V. A., "*The Use of Staple Fibers in Spinning*", Moskva, 1958.

[19] Fredrych, I., "*A New Approach for Predicting Strength Properties of Yarn*," Text. Res. J., 62, 340- 348, 1992.

[20] Martindale, J. G., "*A New Method of Measuring The Irregularity of Yarns with Some Observation on The Origin of Irregularities in Worsted Slivers and Yarns*", J. Textile Inst., 36, T35- 47, 1945.

[21] Zurek, W., Fredrych, I., Zakrzewski, S., "*A Method of Predicting The Strength and Breaking Strain of cotton Yarn*", Text. Res. J., 439- 444, 1987.

[22] Ghosh, A., Ishtiaque, S.M., and Rengasamy, R. S., "*A Generalized Mathematical Approach to Predict The Strength of Different Spun Yarns*", Proceedings of the 5th

International Conference: TEXTILE SCIENCE 03, Technical University Liberec, Czeck Republic, pp: 321- 322, 2003.
[23] Krause, H. W. and Soliman , H. A., "*Theoretical Study of The Strength of Single Jet False Twist Spun Yarns*," Text. Res. J., 60, 309- 318, 1990.
[24] Rajamanickam, R., Hansen, S. M., and Jayaraman, S. "*A Model for The Tensile Fracture Behaviour of Air- Jet Spun Yarns*," Text. Res. J., 68, 654- 662, 1998.
[25] Pan, N., "*Prediction of Statistical Yarn Strength of Twisted Fiber Structure*," J. Mater. Sci., 28, 6107, 1993.
[26] Pan, N., Hua, T., and Qiu, Y., "*Relationship between Fiber and Yarn Strength*", Textile Res. J. 71, 960- 964, 2001.
[27] Lyengar, R. L. N., and Gupta, A. K., "*Proportion of Fiber Strength Utilized in The Single Yarn*," Text. Res. J., 489- 492, 1974.
[28] Lyengar, R. L. N., and Gupta, A. K., "*Some Functions Involving Fiber Properties for Estimating Yarn Tenacity*," Text. Res. J., 492- 494, 1974.
[29] Mogahzy, Y. E. E., "*Selecting Cotton Fiber Properties for Fitting Reliable Equations to HVI data*," Textile Res. J. 58, (7) 392- 397, 1988.
[30] Hafez, O. M. A., "*Yarn Strength Prediction of American Cotton*," Textile Res. J. 68, 701- 705, 1978.
[31] Hunter, L. and Gee, E., Melliand Textilber, "*Correlation between Cotton Fiber Properties and Ring and Rotor Yarn Properties*," 64, 398- 401, 1982.
[32] Ethridge, M. D., Towery, J.D., and Hembree, J. F., "*Estimating Functional Relationship between Fiber Properties and The Strength of Open- End Spun Yarns*," Text. Res. J., 35- 44, 1982.
[33] Ramey Jr. H. H., Lawson, R. and Worley Jr., S., "*Relationship of Cotton Fiber Properties to Yarn Tenacity*," Text. Res. J., 685- 691, 1977.
[34] Swiech, T., "*Influence of Fiber Properties on The Strength of Rotor Spun Yarn*," Melliand Textilber, 68, 874- 877, 1987.
[35] Chasmawala, R. J., Hansen, S. M., and Jayaraman, S., "*Structure and Properties of Air-Jet Spun Yarn*" Text. Res. J., 60, 61- 69, 1990.
[36] Brown, H. M., "*Correlation of Yarn Strength with Fiber Strength Measured at Different Gage Length*," Text. Res. J., 24, 251- 260, 1954.
[37] Garde, A. R., and Subramanian, T. A. "*Process Control in Spinning*," ATIRA Silver Jubilee Monograph, Ahmedabad, 1978.
[38] Tallent, J. D., Fiori, L. A., Little, H. W., and Castillon, A. V., "*Investigation of the Minimum Length of Cotton Fibre Effective in Single Yarn Tenacity*", Text. Res. J. 1005-1012,1963.
[39] Saville. B, P, (1999) "*Physical Testing of Textiles*". Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, England.
[40] Carl A. Lawrence, (2003), "Fundamental of Spun Yarn Technology". CRC Press LLC, The United States of America. p:509.
[41] D.P. Thibodeaux, K. Rajasekaran, (1999) "*Development of New Reference Standards for Cotton Fiber Maturity*", The Journal of Cotton Science, vol.3 ,pp.188-193.
[42] USTER® STATISTICS (2007).
[43] Furferi. R, Gelli. M, (2010) "*Yarn Strength Prediction: A Practical Model Based on Artificial Neural Networks*", Hindawi Publishing Corporation, vol.2010 ,11 pages.
[44] Gordon.S, and Hsieh.Y.L, (2007) "*Cotton: Science and Technology*", The Textile Institute, Wood head Publishing Limited and CRC Press LLC. Cambridge. England, pp:569.
[45] Haykin. S, (1999) "*Neural Networks A Comprehensive Foundation*",. Pearson Education,Inc. Second Edition, Ninth Indian Reprint (2005), pp:823.

[46] Demuth. H, Beale. M, (2000) "*Neural Networks Toolbox for Use with MATLAB*", The Math Works,Inc. Sixth printing Version 4 (2000), pp:846.
[47] Arbib.M.A, (2003), *" The Handbook of Brain Theory and Neural Networks"* ,2nd Edition. THE MIT PRESS, Cambridge. London. England, pp:1290.

المراجع العربية

[48] كرمو، أحمد. (2001). "*الشبكات العصبونية الصنعية بين النظرية والتطبيق (الجزء الأول)*". المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف. عدد الصفحات: 424 صفحة

[49] الحسين، محمد عبدو. "*تقانة الغزل 1*". جامعة البعث. (2009-2010). الصفحات: 22- 26.

[50] أحمد، غاندي. (2014). "*دراسة حول فرز الأقطان السورية*". مجلة جامعة دمشق. عدد الصفحات: 9.

[51] كاترينا، جورج. (2012) "*تطوير طريقة تصنيف القطن السوري لتصميم خلطات القطن المعللة تكنولوجياً واقتصادياً*". قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها. أطروحة ماجستير. جامعة دمشق. الصفحات 7، 24، 40، 44.

[52] العلي، هاني. (2013) "*تطبيق نظام الجودة وفق المواصفة الدولية ISO/IEC 17025:2005 في مختبر الغزل*". قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها. أطروحة ماجستير. جامعة دمشق. الصفحات 7، 24، 40، 44.

[53] حسن، عبد الكريم. (2001) "*المواصفات التكنولوجية للقطن وأثرها على صناعة الخيط والقماش*". ندوة القطن من الزراعة إلى المستهلك. كلية الزراعة- جامعة حلب. الصفحات: 301-322. مطبوعات المجلس الأعلى للعلوم (2002).

الملاحق Appendixes:

الملحق /1/

جدول تصنيف رتب الأقطان السوريّة [49]

طول التيلة / النظافة	29.36 [mm]	28.57 [mm]	27.78 [mm]	26.98 [mm]	26.19 [mm]	25.4 [mm]	24.61 [mm]
إكسترا	xxxx11	xxxx12	xxxx13	xxxx14	xxxx15	xxxx16	xxxx17
إكسترا – ¼	xxx11	xxx12	xxx13	xxx14	xxx15	xxx16	xxx17
زيرو–إكسترا	xx11	xx12	xx13	xx14	xx15	xx16	xx17
زيرو + ¼	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17
زيرو	11	12	13	14	15	16	17
زيرو – ¼	11 م	12 م	13 م	14 م	15 م	16 م	17 م
واحد – زيرو	21	22	23	24	25	26	27
واحد + ¼	21 م	22 م	23 م	24 م	25 م	26 م	27 م
واحد	31	32	33	34	35	36	37
واحد – ¼	31 م	32 م	33 م	34 م	35 م	36 م	37 م
اثنان – واحد	41	42	43	44	45	46	47
اثنان + ¼	41 م	42 م	43م	44م	45 م	46 م	47 م
اثنان	51	52	53	54	55	56	57
اثنان – ¼	51 م	52 م	53 م	54 م	55 م	56 م	57 م
ثلاثة – اثنان	61	62	63	64	65	66	67
ثلاثة + ¼	61 م	62 م	63 م	64 م	65 م	66 م	67 م
ثلاثة	71	72	73	74	75	76	77
ثلاثة – ¼	71 م	72م	73م	74 م	75م	76 م	77 م

الجدول (ملحق/2/-1): مواصفات ألياف خلطة القطن (1) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	l × β	FL	f	f × β	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
2	28.8	1.92	28.78	4.16	0.277	4.208	1.01	0.0673	1.054	28.7	1.913	27.77	11.8	569	679.96
2	28.5	1.9		3.93	0.262		1.4	0.093		27.9	1.86				
3	29.3	2.93		4.01	0.401		1.03	0.103		26.9	2.69				
3	28.3	2.83		4.21	0.421		0.97	0.097		27.2	2.72				
3	28.1	2.81		4.26	0.426		0.96	0.096		27.9	2.79				
3	27.9	2.79		4.08	0.408		1.01	0.101		27.2	2.72				
4	29.5	3.93		4.2	0.56		1.2	0.16		31.7	4.227		23.9	892	328.31
5	28.3	4.716		4.26	0.71		1.11	0.185		26.9	4.483				
5	29.7	4.95		4.46	0.743		0.91	0.151		26.2	4.367				

الجدول (ملحق/2/-2) : مواصفات ألياف خلطة القطن (2) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	l × β	FL	f	f × β	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
3	29.3	2.93	28.43	4.13	0.413	4.157	1.03	0.103	0.989	31.3	3.13	28.914	15.81	659	489.59
3	27.4	2.74		4.26	0.426		0.91	0.091		28.7	2.87				
3	29	2.9		4.06	0.406		1.03	0.103		31.06	3.106				
3	29.8	2.98		4.16	0.416		0.96	0.096		32.1	3.21				
12	27.8	11.12		4.16	1.664		0.94	0.376		27.4	10.96				
3	29.8	2.98		4.11	0.411		1.09	0.109		26.4	2.64				
3	27.8	2.78		4.21	0.421		1.11	0.111		29.98	2.998				

الجدول (ملحق/2/-3) : مواصفات ألياف خلطة القطن (3) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	FL	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
2	28	1.87	28.51	4.1	0.273	4.0847	1.01	0.067	1.062	29.25	1.95	29.7926	10.09	513	770.5
2	29	1.93		4	0.267		1.12	0.074		30.1	2.007				
3	28	2.8		4.3	0.43		1.03	0.103		26	2.6				
3	27.8	2.78		4.16	0.416		0.94	0.094		27.4	2.74		11.8	570	668.46
3	27.6	2.76		4.08	0.408		1.09	0.109		28.1	2.81				
3	29	2.9		4.06	0.406		1.03	0.103		31.06	3.106				
4	29.8	3.97		4.16	0.554		0.96	0.128		32.1	4.28		23.8	898	315.31
5	28.2	4.7		4.02	0.67		1.14	0.19		31.6	5.267				
5	28.8	4.8		3.96	0.66		1.16	0.193		30.2	5.033				

الجدول (ملحق/2/-4) : مواصفات ألياف خلطة القطن (4) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	FL	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	× tβ	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
5	28.7	4.783	28.63	4.7	0.783	4.436	1.2	0.2	1.148	25.1	4.183	26.43	22.06	729	324
5	29	4.833		4.6	0.767		0.98	0.163		27.18	4.53				
6	28.8	5.76		4.49	0.898		1.1	0.22		27.06	5.412		23.54	845	350.77
10	28.4	9.467		4.16	1.387		1.23	0.41		26.9	8.967		12	576	708.8
4	28.4	3.787		4.51	0.601		1.16	0.154		25.06	3.341		23.54	840	344

الجدول (ملحق/2/-5) : مواصفات ألياف خلطة القطن (5) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	Fl	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
3	29.3	2.93		4.13	0.413		1.03	0.103		31.3	3.13				
3	27.4	2.74		4.26	0.426		0.91	0.091		28.7	2.87				
3	29	2.9		4.06	0.406		1.03	0.103		31.06	3.106				
3	29.8	2.98	28.48	4.16	0.416	4.122	0.96	0.096	0.983	32.1	3.21	29.136	24.06	895	329.64
12	27.8	11.12		4.16	1.664		0.94	0.376		27.4	10.96				
3	29.3	2.93		4.01	0.401		0.98	0.098		28.4	2.84				
3	28.8	2.88		3.96	0.396		1.16	0.116		30.2	3.02				

الجدول (ملحق/2/-6) : مواصفات ألياف خلطة القطن (6) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	Fl	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
2	28.7	1.91		4.1	0.273		1.1	0.073		28.71	1.914				
2	28.5	1.9		3.93	0.262		1.4	0.093		27.9	1.86				
3	28.3	2.83		4.21	0.421		0.97	0.097		27.2	2.72		23.5	908	332.4
3	28	2.8		4.16	0.416		0.94	0.094		27.4	2.74				
3	28.3	2.83	28.59	4.01	0.401	4.105	1.2	0.12	1.053	31.2	3.12	29.344			
3	29.3	2.93		4.12	0.412		1.01	0.101		32.3	3.23				
4	27.4	3.65		4.26	0.568		0.91	0.121		28.7	3.827				
5	29.6	4.93		4.13	0.688		0.96	0.16		28.3	4.717		11.73	566	671.45
5	28.8	4.8		3.98	0.663		1.16	0.193		31.3	5.217				

الجدول (ملحق/2/-7) : مواصفات ألياف خلطة القطن (7) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	FL	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
5	28.3	4.716	28.513	4.26	0.71	4.176	1.11	0.185	1.09	26.9	4.483	29.713	11.8	571	665.97
5	28.2	4.7		4.02	0.67		1.14	0.19		31.6	5.267				
2	28.1	1.873		4.26	0.284		0.96	0.064		27.9	1.86				
2	27.6	1.84		4.08	0.272		1.09	0.072		28.1	1.873				
2	27.9	1.86		4.08	0.272		1.01	0.067		27.2	1.813				
2	28.3	1.886		4.01	0.267		1.2	0.08		31.2	2.08				
2	29.3	1.953		4.12	0.274		1.01	0.067		32.3	2.153				
5	29.5	4.916		4.2	0.7		1.2	0.2		31.7	5.283				
5	28.6	4.767		4.36	0.727		0.98	0.163		29.4	4.9				

الجدول (ملحق/2/-8) : مواصفات ألياف خلطة القطن (8) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	FL	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
4	28.5	3.8	28.49	4.28	0.570	4.278	1.01	0.134	1.088	27.18	3.624	26.86	15.9	658	522.81
4	28	3.733		4.38	0.584		0.98	0.130		26.3	3.506				
8	28.8	7.68		4.49	1.197		1.1	0.293		27.06	7.216				
8	28.4	7.573		4.16	1.109		1.23	0.328		26.9	7.173				
2	29.3	1.953		4.01	0.267		1.03	0.068		26.9	1.793		11.85	567	709.95
2	28.3	1.886		4.21	0.280		0.97	0.064		27.2	1.813				
2	28	1.866		4.03	0.268		1.03	0.068		26	1.733				

الجدول (ملحق/2/-9) : مواصفات ألياف خلطة القطن (9) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	FL	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
5	28.4	4.733	28.04	4.24	0.707	4.226	1.05	0.175	1.089	27.5	4.58	29.873	23.9	921	337
4	27.2	3.627		4.32	0.576		1.18	0.157		31.5	4.2				
5	28.7	4.78		4.32	0.72		1.17	0.195		29.4	4.9				
4	27.8	3.707		4.12	0.549		1.05	0.14		33.3	4.44		11.75	570	728
3	28.1	2.81		4.23	0.423		1.02	0.102		30.2	3.02				
3	28.2	2.82		4.13	0.413		1.11	0.111		29.3	2.93		7.05	338	1006
3	27.1	2.71		4.25	0.425		1.04	0.104		30	3				
3	28.5	2.85		4.13	0.413		1.05	0.105		28	2.8				

الجدول (ملحق/2/-10) : مواصفات ألياف خلطة القطن (10) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	FL	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
1	28.9	0.963	28.957	4.28	0.142	3.938	0.94	0.031	1.0307	28.9	0.963	30.168	12.1	572	670
1	27.9	0.93		4.52	0.15		0.93	0.031		27.3	0.91		22.97	853	351.8
10	29.1	9.7		3.74	1.246		1.12	0.373		30.9	10.3		21.82	719	341.4
5	29.3	4.883		3.77	0.628		0.92	0.153		30.0	5.001		11.92	568	632.6
5	28.4	4.733		4.1	0.683		1.01	0.168		28.6	4.767		20.9	719	375.7
4	28.9	3.853		4.03	0.537		0.95	0.126		30.1	4.013		21.6	729	355.1
4	29.2	3.893		4.12	0.549		1.1	0.146		31.6	4.213		11.8	550	663.4
													11.9	582	677.1

الجدول (ملحق/2/-11) : مواصفات ألياف خلطة القطن (11) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	FL	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
5	29.4	4.9	28.133	4.24	0.707	4.2503	1.09	0.181	1.096	29.6	4.933	29.276	23.4	921	362.6
4	27.5	3.667		4.17	0.556		1	0.133		27.5	3.667				
5	29.3	4.883		4.41	0.735		1.13	0.188		27.5	4.583				
4	26.3	3.507		4.15	0.553		1.1	0.147		30.5	4.067		12.2	551	647
3	28.1	2.81		4.23	0.423		1.02	0.102		30.2	3.02				
3	28.2	2.82		4.13	0.413		1.11	0.111		29.3	2.93		6.96	358	1008
3	26.5	2.65		4.39	0.439		1.19	0.119		27.3	2.73				
1	28.7	0.957		4.43	0.147		1.02	0.034		34.03	1.134		23.5	906	347
2	29.1	1.94		4.15	0.277		1.2	0.08		33.18	2.212				

الجدول (ملحق/2/-12) : مواصفات ألياف خلطة القطن (12) والخيوط الناتجة عنها

bale No	l	β × l	FL	f	β × f	FF	m	β × m	FM	t	β × t	FT	YC	YT	YS
	[mm]		[mm]	[mic]		[mic]	[M]		[M]	[cN/tex]		[cN/tex]	[Ne]	[t/m]	[g_f]
3	29.3	2.93	28.51	4.13	0.413	4.136	1.03	0.103	0.981	31.3	3.13	29.236	11.8	565	671.46
3	29.6	2.96		4.13	0.413		0.96	0.096		28.3	2.83				
3	28.8	2.88		3.98	0.398		1.16	0.116		31.3	3.13				
3	27.4	2.74		4.26	0.426		0.91	0.091		28.7	2.87				
3	29	2.9		4.06	0.406		1.03	0.103		31.06	3.106				
3	29.8	2.98		4.16	0.416		0.96	0.096		32.1	3.21				
12	27.8	11.12		4.16	1.664		0.94	0.376		27.4	10.96				

الملحق /3/

تعليمات ملف M-File الخاص بالشبكة العصبونية الصنعية

```
function net = create_fit_net(inputs,targets)
%CREATE_FIT_NET Creates and trains a fitting neural network.
%
%  NET = CREATE_FIT_NET(INPUTS,TARGETS) takes these arguments:
%    INPUTS - RxQ matrix of Q R-element input samples
%    TARGETS - SxQ matrix of Q S-element associated target
samples
%  arranged as columns, and returns these results:
%    NET - The trained neural network
%
%  For example, to solve the Simple Fit dataset problem with
this function:
%
%    load simplefit_dataset
%    net = create_fit_net(simplefitInputs,simplefitTargets);
%    simplefitOutputs = sim(net,simplefitInputs);
%
%  To reproduce the results you obtained in NFTOOL:
%
%    net = create_fit_net(a,b);

% Create Network
numHiddenNeurons = 4;  % Adjust as desired
net = newfit(inputs,targets,numHiddenNeurons);
net.divideParam.trainRatio = 70/100;  % Adjust as desired
net.divideParam.valRatio = 20/100;  % Adjust as desired
net.divideParam.testRatio = 10/100;  % Adjust as desired

% Train and Apply Network
[net,tr] = train(net,inputs,targets);
outputs = sim(net,inputs);

% Plot
plotperf(tr)
plotfit(net,inputs,targets)
plotregression(targets,outputs)
```

الملحق /4/

27/08/2013 13:06 00963-21 2129650 GRO ALEPPO #1035 P.001

الجمهورية العربية السورية
وزارة الصناعة
الرقم : ص ب/ ١٥٥ / ٢٨
التاريخ ٢٧ / ٨ / ٢٠١٣

فاكس فوري و عاجل

المؤسسة العامة لحلج و تسويق الأقطان

نرغب اليكم تحديد المحالج القابلة لكم و التي يتوفر فيها جهاز : (H.V.I) وتاريخ البدء باستخدامه (إن توفر ذلك) وذلك برجوع الفاكس .

المؤسسة العامة لحلج وتسويق الأقطان
مكتب المدير العام
الرقم ٦٦٦٦ / ص
التاريخ ٢٨ / ٨ / ٢٠١٣

معاون وزير الصناعة
الدكتور المهندس جمال الصمد

/ للعلم و الإجابة كلوز رقم جلسة الأصول

شاكر له

٢٠١٣/٨/٢٨

السيد المدير العام المحترم

السيد الدكتور المهندس معاون وزير الصناعة المحترم

يرجى أفادتهم أنه لا يوجد لدى مؤسستنا جهاز (H.V.I)

مدير التسويق

المدير العام

٢٠١٣/٨/٢٨

صورة الى
- مديرية الشؤون المالية .

00963-21 2129650 27/08/2013 13:36 RECEIVED FROM: #1010-001

The Application of Artificial Intelligence to Predict The Strength of Cotton Yarns

Abstract

This research aims to show the possibility of the application of artificial intelligence in spinning mills. In this research, one of lots applications of artificial intelligent was used. This one is a prediction. Artificial Neural Networks are the most branche of artificial intelligence which used in prediction fields.

Yarn strength is the most important of the yarn properties, which reflect the quality of the yarn largely. The prediction process of yarn strength is very important from technology side. Because lots of information has been given about generated forces in the spun yarns.

In this research, Artificial Neural Networks (ANN) have been used to predict the strength of cotton yarns.

Data were collected and practical section was done in the United Commercial Industrial Company (UCIC). Then artificial neural network algorithm was established. Several neural networks were established one of these has been chosen which contained acceptable network error rate. This network has been tested on a new sample. Results were compared with the actual results as well as the relationship of Salaviov which is allocated to predict the strength of cotton yarn. Neural network algorithm gave very acceptable results more than Salaviov relationship.

Key words: Artificial Intelligence, Prediction, Yarn Strength, cotton, Artificial Neural Networks.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Mechanical and Electrical Engineering
Mechanical Engineering of Textile Industries

The Application of Artificial Intelligence to Predict The Strength of Cotton Yarns

Graduation Project prepared to obtain a master degree in spinning technology

Prepared by
Eng. Ghandi Ghazi Ahmad

Supervised by

Dr. Eng.
Muhammad Yaser AL-Ayouby

Prof. Dr. Eng.
Maan Horani

Academic Year

2013-2014