



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

قسم هندسة ميكانيك الصناعات النسيجية وتقاناتها

نمذجة وتحسين أداء خط إنتاج ألبسة جاهزة باستخدام أساليب الذكاء الصناعي

رسالة مُقدّمة لنيل درجة الدكتوراه في إدارة المنشآت النسيجية

إعداد

م. ولاء إبراهيم السمارة

إشراف

المشرف

د. م. باسل يونس

أستاذ مساعد في جامعة دمشق

المشرف المساعد

د. ماجد كمال يوسف

أستاذ في جامعة هيروت وات

فهرس المحتويات

1	الملخص
2	1 الفصل الأول: الإطار العام للأطروحة
2	1-1- المقدمة
4	2-1-1- أهداف البحث
4	3-1-1- أهمية البحث ومبرراته
6	4-1-1- المصطلحات والتعاريف
7	2-1- الدراسة المرجعية
7	1-2-1- دراسة تخطيط أمر القص Cutting Order Planning
8	1-2-1- دراسة ترتيب أمر القص Cutting Order Nesting
14	3-1- الخلاصة
15	2 الفصل الثاني: مفهوم الألبسة الجاهزة
15	1-2- مقدمة
16	2-2- مرحلة التصميم
17	3-2- مرحلة قص القماش
18	1-3-2- تخطيط أمر القص Cut Order Planning
18	2-3-2- تصنيع الماركر Marker Making
20	3-3-2- متطلبات تخطيط الماركر Marker Planning Requirements
20	4-3-2- طرق تخطيط الماركر Marker Planning Method
21	5-3-2- كفاءة الماركر Marker Efficiency
21	4-2- عملية فرد القماش
22	1-4-2- أهداف عملية فرد القماش
22	2-4-2- طرق فرد القماش
26	3-4-2- آليات فرد القماش
26	يتم فرد القماش وفق آليتين حسب توضع طبقات القماش (Kashem A., 2020)
28	4-4-2- طاوولات الفرد
29	5-2- قص القماش
29	1-5-2- أساليب القص
34	2-5-2- الأساليب الحديثة للقص
37	3-5-2- العيوب الشائعة في عملية القص
37	6-2- آلية حشو القماش
40	1-6-2- بارامترات اللصق الجيد
41	2-6-2- اختبار قوة اللصق بين الحشو والقماش
41	3-6-2- أساسيات عملية لصق الحشو:

42	7-2- التقييم
42	8-2- مرحلة الخياطة والتجميع
44	3 الفصل الثالث: الذكاء الصناعي (الخوارزميات الجينية)
44	1-3 تمهيد في الذكاء الصناعي
44	2-3 أصناف الذكاء الصناعي
44	1-2-3 الذكاء الصناعي المحدود
44	2-2-3 الذكاء الصناعي العام
44	3-2-3 الذكاء الصناعي الفائق
45	3-3 تطبيقات الذكاء الصناعي
45	1-3-3 الأنظمة الخبيرة
45	2-3-3 الشبكات العصبونية Artificial Neural Networks
46	3-3-3 التعلم الآلي Machine Learning
46	4-3-3 الخوارزمية الجينية
47	4-3 مفهوم الخوارزميات الجينية
47	1-4-3 المفهوم البيولوجي للخوارزميات
47	2-4-3 المفهوم العام للخوارزمية الجينية
48	5-3 خصائص الخوارزمية الجينية
48	6-3 مجالات تطبيق الخوارزميات الجينية
49	7-3 عناصر الخوارزمية الجينية
49	1-7-3 الكروموسوم
50	2-7-3 تابع الكفاءة Fitness Function
50	3-7-3 العمليات الجينية Genetic Operation
54	8-3 الترميز
55	1-8-3 الترميز الثنائي
55	2-8-3 ترميز التباديل
55	3-8-3 ترميز القيمة
56	4-8-3 ترميز الشجرة
57	9-3 آلية عمل الخوارزمية الجينية
57	1-9-3 المجتمع الابتدائي
57	2-9-3 تشكيل المجتمع الوسيط
58	3-9-3 توليد مجتمعات جديدة
60	10-3 شروط إيقاف الخوارزمية الجينية
61	11-3 مزايا وعيوب الخوارزمية الجينية
62	12-3 مثال عملي لآلية عمل الخوارزمية الجينية
65	4 الفصل الرابع: القسم العملي
65	1-4 التمهيد
65	2-4 التخطيط التقليدي لأمر القص المتبع في شركات الألبسة الجاهزة السورية

66	1-2-4- دراسة واقع قسم القص في الشركة قيد الدراسة ومراقبة سير العملية الإنتاجية
72	3-4- تخطيط أمر القص باستخدام الخوارزمية الجينية
72	1-3-4- بناء الخوارزمية الجينية
74	2-3-4- شرط توقف الخوارزمية الجينية
75	3-3-4- تشغيل الخوارزمية الجينية
81	4-3-4- اختبار صحة خوارزمية تخطيط أمر القص
83	5-3-4- الاختبار الاحصائي لخوارزمية تخطيط أمر القص وتعميم النتائج
90	4-4- الأسلوب التقليدي لترتيب القوالب المتبع في شركات الألبسة الجاهزة السورية
91	1-4-4- دراسة واقع قسم القص في الشركة قيد الدراسة ومراقبة ترتيب القوالب
95	5-4- ترتيب أمر القص باستخدام الخوارزمية الجينية
95	1-5-4- بناء خوارزمية ترتيب القوالب
99	2-5-4- مدخلات ومخرجات الخوارزمية الجينية
99	3-5-4- تشغيل الخوارزمية الجينية
103	4-5-4- اختبار صحة خوارزمية الترتيب
106	5-5-4- دراسة العلاقة بين نسبة كفاءة الماركر ونسبة استخدام القماش
107	5 الفصل الخامس: الاستنتاجات والآفاق المستقبلية
107	1-5- النتائج
108	2-5- التوصيات
109	3-5- آفاق البحث المستقبلية
111	الأعمال المرافقة للبحث
112	6 المراجع

فهرس الأشكال

9	الشكل (1) الشكل العام للماركر.....
9	الشكل (2) توزيع أجزاء القوالب على القماش.....
10	الشكل (3) المضلع غير المتناسب.....
10	الشكل (4) تشكّل منطقة NFP.....
12	الشكل (5) أسلوب خوارزمية النمل.....
13	الشكل (6) مشكلة الحقيقية.....
14	الشكل (7) آلية عمل خوارزمية أسفل يسار.....
16	الشكل (8) تسلسل العمليات في مصنع الألبسة الجاهزة.....
17	الشكل (9) أمر الإنتاج.....
18	الشكل (10) مراحل العمل في قسم القص.....
19	الشكل (11) توزع القوالب ضمن الماركر.....
21	الشكل (12) المدة النهائية.....
23	الشكل (13) فرد القماش اليدوي A.....
24	الشكل (14) فرد القماش اليدوي B.....
24	الشكل (15) الطريقة الآلية.....
26	الشكل (16) فرد القماش وجه واحد.....
26	الشكل (17) فرد القماش وجه لوجه.....
27	الشكل (18) فرد الأقمشة الخاصة.....
27	الشكل (19) طريقة الخرز.....
28	الشكل (20) طاوولات الفرد المسطحة.....
29	الشكل (21) طاوولات ذات الشفط الهوائي.....
30	الشكل (22) المقص الكهربائي الدائري.....
31	الشكل (23) المقص الكهربائي الرأسي.....
32	الشكل (24) المقص الكهربائي.....
32	الشكل (25) قوالب القص.....
33	الشكل (26) مكابس الضغط الهيدروليكي.....
33	الشكل (27) القوالب التصادمية الضاغطة.....
34	الشكل (28) آلية القص بالليزر.....
35	الشكل (29) آلية القص بالبلازما.....
35	الشكل (30) آلات القص باستخدام الموجات فوق الصوتية.....
36	الشكل (31) آلية القص باستخدام الماء.....
38	الشكل (32) مفهوم لصق الحشو.....
38	الشكل (33) أنظمة تحميل الأجزاء.....
39	الشكل (34) منظقة السخانات.....
39	الشكل (35) منطقة الضغط.....

41	الشكل (36) جهاز اختبار لصق الحشو.....
43	الشكل (37) دراسة عمل لخط جاكيت
50	الشكل (38) تغيرات الكفاءة بدلالة تغير الجيل
52	الشكل (39) مفهوم التصالب
52	الشكل (40) التصالب بنقطة واحدة
53	الشكل (41) التصالب بنقطتين
53	الشكل (42) التصالب الموحد
53	الشكل (43) التصالب الحسائي
54	الشكل (44) مفهوم الطفرة
56	الشكل (45) ترميز الشجري
57	الشكل (46) المجتمع الأولي
58	الشكل (47) مفهوم التصالب والطفرة
59	الشكل (48) مراحل الوصول إلى الحل الأمثل
60	الشكل (49) خطوات عمل الخوارزمية الجينية
64	الشكل (50) عجلة روليت
64	الشكل (51) تمثيل الحل النهائي
68	الشكل (52) أمر الإنتاج 1
69	الشكل (53) أمر الإنتاج 2
70	الشكل (54) صورة أمر الانتاج
71	الشكل (55) الماركرات المطلوبة للتوزيع التقليدي
74	الشكل (56) تابع الكفاءة
74	الشكل (57) شرط توقف الخوارزمية الجينية
75	الشكل (58) الواجهة الرسومية 1
76	الشكل (59) الواجهة الرسومية الخاصة بتخطيط أمر الإنتاج
78	الشكل (60) تخطيط أمر الإنتاج 1 على GERBER
80	الشكل (61) تخطيط أمر الإنتاج 2 على GERBER
81	الشكل (62) آلية مقارنة النتائج
82	الشكل (63) تكلفة قسم القص
88	الشكل (64) نتائج الاختبار الأول
89	الشكل (65) نتائج الاختبار الثاني
89	الشكل (66) نتائج الاختبار الثالث
91	الشكل (67) الموديل المطلوب
92	الشكل (68) أجزاء قالب الموديل المطلوب
93	الشكل (69) النمط الخاص بأمر الإنتاج
94	الشكل (70) توزيع الماركر بالأسلوب التقليدي
96	الشكل (71) بارامترات الخاصة بالموديل
97	الشكل (72) الصور الخاصة بأجزاء القوالب
97	الشكل (73) تحويل الصورة الحقيقية إلى رقمية

98	الشكل (74) تمثيل القوالب على شكل مصفوفة ثنائية.....
99	الشكل (75) مراحل المد لأجزاء القوالب
100	الشكل (76) دوران أجزاء القوالب
101	الشكل (77) منهجية العمل.....
102	الشكل (78) الواجهة الرسومية 2.....
102	الشكل (79) مد الماركر بالأسلوب المطور.....
105	الشكل (80) مقارنة الأسلوبين

فهرس الجداول

31	الجدول (2) مقاسات السكين الدائري
55	الجدول (3) الترميز الثنائي
55	الجدول (4) الترميز التباديل
55	الجدول (5) ترميز القيمة
62	الجدول (6) ترميز الكروموسومات
63	الجدول (7) ترميز القيم العشوائية
63	الجدول (8) قيم المتغيرات الصحيحة
63	الجدول (9) قيم الكفاءة الجديدة
69	الجدول (10) الكميات المطلوبة
70	الجدول (11) التوزيع التقليدي
77	الجدول (12) تخطيط أمر الإنتاج 1 المؤتمت
78	الجدول (13) تخطيط أمر الإنتاج 2 المؤتمت
81	الجدول (14) بارامترات التخطيط التقليدي
82	الجدول (15) بارامترات التخطيط المؤتمت
83	الجدول (16) مقارنة النتائج
84	الجدول (17) العينات المختبرة
85	الجدول (18) مقارنة نتائج الاختبارات قبل وبعد تطبيق الخوارزمية
87	الجدول (19) تعريف متغيرات الاختبار الاحصائي
95	الجدول (20) مخرجات الأسلوب التقليدي
103	الجدول (21) نتائج الأسلوب المطور
104	الجدول (22) مقارنة نتائج خوارزمية ترتيب القوالب
106	الجدول (23) مقارنة بين الأسلوب التقليدي والمطور

الملخص

تعتبر صناعة الألبسة الجاهزة من الصناعات البسيطة ذات الأهمية الكبيرة التي تعتمد عليها الكثير من الدول لتلبية إنتاجها المحلي وتصدير منتجاتها، وبالإضافة لذلك أنها تساهم بنسب عالية من ناتج الاقتصاد الوطني لما تحقّقه من قيم مضافة عالية.

يتمثل الهدف الرئيسي لصناعة الألبسة في تلبية حاجات الزبائن مع أقل تكلفة ممكنة عن طريق استخدام الموارد المتاحة وتقليل المخزون إلى الحد الأدنى. من أهم التحديات التي تواجه هذه الصناعة هي المنافسة الشديدة والضغط الهائل من أجل تخفيض الأسعار التي يطلبها الزبائن.

تم من خلال البحث الحالي الاطلاع على واقع بعض شركات الألبسة الجاهزة السورية والتركيز على مشكلتين أساسيتين ضمن قسم التصميم والقص بهدف تنفيذ أمر الإنتاج دون زيادة أو نقصان في عدد القطع وبأقل عدد طبقات ممكنة.

تمثلت المشكلة الأولى في كيفية التخطيط لتنفيذ أمر الإنتاج في حال ورود طلبات موحدة والتي تتميز بأنها ذات أعداد متباينة من القياسات والألوان، وذلك من خلال الاطلاع على الطريقة التقليدية ومقارنتها مع الخوارزمية التي تم تنفيذها في البحث الحالي وكان العامل الأساسي للمقارنة هو عدد الماركات وعدد طبقات القماش لكل ماركر. وقد أثبتت الخوارزمية جدارتها في تخطيط أمر الإنتاج وذلك من خلال الابتعاد عن تدخل العامل البشري والاعتماد على أسلوب علمي مبني على أسس وقواعد رياضية وذلك ضمن قيود تم وضعها على الخوارزمية تلائم بيئة العمل والشركة قيد الدراسة وجعل هذه القيود قابلة للتغيير لجعل الخوارزمية قابلة للاستخدام في أي منشأة.

وتمثلت المشكلة الثانية في كيفية ترتيب القوالب ضمن الماركر والتي تتم في أغلب الشركات بشكل يدوي وفي حالات قليلة اعتمدت بعض الشركات على أسلوب التعشيق الأتوماتيكي بواسطة البرامج الحاسوبية. تم تقديم خوارزمية جينية لحل مشكلة ترتيب الأشكال غير المنتظمة (أجزاء القوالب) ضمن حاوية ثنائية البعد (الماركر) وكان العامل الأساسي للمقارنة بين الأسلوب التقليدي والأسلوب المقترح هو حساب نسبة كفاءة الماركر في كلا الحالتين ومقارنة نسبة الهدر في القماش. أبرزت الخوارزمية الثانية قدرتها على ترتيب أجزاء القوالب ضمن الماركر بكفاءة أكثر من الأسلوب التقليدي حيث حققت الخوارزمية تحسين في نسبة استهلاك القماش 2.5-3% وتقليل الهدر، ومن أجل سهولة التعامل مع الخوارزميات المقدمة من خلال البحث تم انشاء واجهات رسومية ليتم تقديمها للعملاء بطريقة واضحة وسهلة الاستخدام.

1 الفصل الأول: الإطار العام للأطروحة

1-1-1- المقدمة

تسهم صناعة الملابس في الوقت الحاضر بنسب عالية من ناتج الاقتصاد الوطني للعديد من الدول لما تحقّقه من قيم مضافة عالية للمنتجات، وخصوصاً من خلال تصدير منتجات الملابس. وبالتالي لابد لشركات تصنيع الملابس السورية من تحسين الأداء لمواكبة المنافسة الشديدة المستمرة في السوق الإقليمية والدولية. إن سلسلة إنتاج الملابس الجاهزة تبدأ عادة بفكرة وتصميم على الورق وتنتهي بمنتجات جاهزة تقدم للعملاء، وهنا يشار إلى أن تصميم وإنتاج الملابس الجاهزة فرع من فروع الفنون بالإضافة إلى كونها من الفروع الهندسية والتكنولوجية. وتتكون سلسلة إنتاج الملابس من الكثير من الخطوات والمراحل الإنتاجية المتنوعة وبعض المراحل اليدوية، وبالتالي فإن هذه الصناعة مازالت تعتمد على وجود بعض المراحل التي تعتمد على خبرة العامل البشري والتي لا تحقق نتائج مهمة مع التقنيات وبصعب التنبؤ بالنتائج المستقبلية عندما يُرغب في تغيير أو تعديل نظام إنتاج، وهي من أهم المشاكل التي تواجه عملية تصنيع الألبسة الجاهزة

وتعد الخوارزمية الجينية Genetic Algorithm أحد أساليب الذكاء الصناعي، إذ برزت أهميتها في حل المسائل المعقدة، فهي تمتلك كماً هائلاً من الحلول البديلة، والحل الناتج من تطبيق الخوارزمية الجينية في أغلب الأحيان يكون حلاً قريباً إلى الحل الأمثل. فهي تعتمد على آلية الانتقاء الطبيعي ونظام الجينات الطبيعي وأفكار الهندسة الوراثية التي تهتم بتكوين أفراد ذوي صفات جيدة، وعلى هذا الأساس تقوم الخوارزمية الجينية بانتخاب الحلول الأفضل من بين عدد كبير من الحلول وإجراء تداخلات وتبديلات بين هذه الحلول من أجل تكوين الحل الأفضل (Alkallak I., 2018).

ومن خصائص هذه الصناعة أنها تحتاج عمالة كثيفة لتلبية متطلبات عملية الإنتاج من جهة، وأن منتجاتها ذات دورة حياة قصيرة جداً لذلك كان لابد من مواكبة التطور بشكل دائم ومتسارع من أجل الحفاظ على المزايا التنافسية لهذه الصناعة ومنعها من الانهيار، وتحقيق هذا التطور كان لابد من ادخال مفاهيم الأتمتة لبعض المراحل الإنتاجية والاستغناء عن التدخل البشري في بعض المراحل، بسبب اعتمادها على الخبرة الذاتية وعدم وجود منهج رياضي واضح يتم الارتكاز عليه مما يؤدي إلى توفير في الوقت والتكاليف المبذولة.

تتضمن هذه الأطروحة خمسة فصول سيتم عرض لمحة مختصرة عن كل فصل، الفصل الأول يتضمن أدبيات البحث والذي يتكون من الإطار العام للأطروحة (المشاكل التي سيطرحها البحث، أهداف البحث، وأهمية ومبررات البحث) ومن الدراسات والمرجعيات التي اعتمد عليها البحث المتعلقة بالتخطيط للمنتج من جهة، وقسم القص بشكل خاص وأحدث التطورات والتقنيات التي تم استخدامها في هذا المجال وخاصة في مجال

تخطيط أمر القص، وترتيب أجزاء القوالب وتعشيقها مع بعضها البعض من أجل الحصول على ماركر بأقل وقت وتكلفة ممكنة. ويتناول الفصل الثاني دراسة مفهوم صناعة الألبسة الجاهزة بداية بتوضيح المراحل الإنتاجية، مع شرح موجز لكل مرحلة وبيان التقنيات المستخدمة فيها للوصول إلى المنتج النهائي الجاهز للتسليم للزبون. ويعرف الفصل الثالث أحد أدوات الذكاء الصناعي المستخدمة بالبحث وهي الخوارزميات الجينية وتوضيح آلية عملها، ومجالات استخدامها مع بيان مزايا هذا الأسلوب وعيوبه وسبب استخدامها في مجال صناعة الألبسة الجاهزة. ويبين الفصل الرابع القسم العملي والاجراء التنفيذي الذي تم اجراؤه في هذا البحث عن طريق تطبيق التقنيات الحديثة ضمن قسم القص في منشآت الألبسة الجاهزة والنتائج التي توصل إليها البحث. فيما تناول الفصل الخامس مناقشة النتائج التي تم التوصل إليها والتوصيات الناتجة بعد تطبيق التقنية المذكورة، وأخيراً تم إضافة بعض التوصيات والآفاق المستقبلية التي يمكن الانطلاق منها للدراسات المستقبلية اللاحقة عند تغيير أو تعديل نظام إنتاج، وهي من أهم المشاكل التي تواجه عملية تصنيع الألبسة الجاهزة بالإضافة إلى:

- عدم قدرة منتجات بعض شركات الألبسة الجاهزة في سورية على منافسة منتجات الشركات الإقليمية أو الدولية نتيجة عدم تطبيق الأنظمة الحديثة في مجال الألبسة الجاهزة والاعتماد على الحلول والحسابات التقليدية بدءاً من قسم القص بسبب عدم وجود أسلوب تخطيط صحيح وقد ظهرت المشكلة الأولى عند بداية المصمم بتجهيز خطة أمر القص اللازمة من أجل تجهيز الطلبية الموجودة والتي يتم فيها تحديد عدد المقاسات المطلوبة وعدد القطع من كل قياس، حيث يقوم المصمم بتحديد عدد الماركرات، وعدد الطبقات لكل ماركر من أجل الحصول على الطلبية المرجوة بشرط الحصول على العدد المطلوب دون زيادة أو نقصان، وكل ما يتم إنتاجه غير ذلك يعتبر هدر ويتم تحميله للشركة ويسبب تكاليف إضافية غير مرغوب بها. وبالتالي تجلت المشكلة الأولى في عدم وجود منهج صحيح لاختيار خطة أمر القص الصحيحة بحيث يتم الحصول على الطلبية كاملة في شركات الألبسة الجاهزة السورية.

- عدم تطبيق التقنيات الحديثة في مجال صناعة الألبسة على النحو المطلوب وعدم توظيفها عند تطبيق خطط الإنتاج مما أدى إلى ارتفاع التكاليف نتيجة ارتفاع العوادم والفاقد الزمني خلال عملية الإنتاج وظهر ذلك بشكل واضح عند ترتيب وتوزيع القوالب للحصول على الماركر المطلوب بحيث يتم احتوائها جميعها دون حدوث تداخلات. وبالتالي تجلت المشكلة الثانية بعدم قدرة الشركة على ترتيب أجزاء القوالب ضمن الماركر الواحد بالصورة الصحيحة التي تعتمد على فكرة أقل هدر ممكن للقماش وبالتالي أقل تكلفة وزمن.

1-1-2-أهداف البحث

- تهدف هذه الدراسة إلى إدخال مفاهيم جديدة إلى عالم الألبسة عن طريق:
- إبراز فوائد تطبيق النمذجة وأدوات الذكاء الصناعي للتخلص من بعض المشكلات التي تؤدي إلى انخفاض الإنتاجية وزيادة التكاليف ومعرفة الإيجابيات الناتجة عن تطبيقها.
 - دراسة واقع شركات الألبسة الجاهزة في الجمهورية العربية السورية وجمع بيانات خاصة بها وتحديد المعوقات عن طريق إعداد دراسات تشخيصية لواقع الإنتاجية وسبل رفع الإنتاجية وتحسين القدرة التنافسية.
- وبعد الاطلاع على واقع قسم القص في شركات الألبسة الجاهزة والمشكلات الموجودة فيه، كان الهدف الأساسي للبحث هو الحصول على خوارزميات تقوم بتخطيط أمر القص بأسلوب رياضي صحيح يعتمد على الأسلوب الجيني وذلك في محاولة للتخلص من التدخل البشري في وضع الخطة، وبالتالي ضمان الحصول على خطة صحيحة بعيدة عن الخبرات الذاتية والأخطاء التي ترافق تطبيق الطريقة التقليدية من جهة، ومن جهة أخرى الحصول على خوارزمية تعشيق مؤتمتة بالكامل تتضمن ترتيب أجزاء القوالب ضمن الماركر بأقل هدر ممكن للقماش.

سيتم بناء هذه الخوارزميات بالاعتماد على أحد أدوات الذكاء الصناعي وهي الخوارزميات الجينية حيث سيتم بناء أكواد برمجية ملائمة للاستخدام ضمن أي منشأة لصناعه الألبسة الجاهزة مراعية القيود الخاصة بكل منشأة وظروف العمل فيها وذلك لتبين الفوائد التي سيتم الحصول عليها من خلال تطبيق التقنيات الحديثة وأساليب الذكاء الصناعي في مجال صناعة الألبسة الجاهزة للانتقال من مفهوم التصنيع التقليدي إلى مفهوم التصنيع الحديث الذي يعتمد على الأساليب الحديثة. وتطبيق هذه الخوارزميات قد ساعد على تخفيض الهدر والوقت وبالتالي تخفيض التكاليف التي يتم تحميلها للمنتج.

1-1-3-أهمية البحث ومبرراته

تسهم صناعة الألبسة الجاهزة في الوقت الحاضر مساهمة كبيرة في الاقتصاد الوطني، وبالتالي يجب أن تُستغل هذه الصناعة من خلال تصدير منتجات الملابس لتحقيق نمو اقتصادي. وبالمثل، لابد لشركات تصنيع الملابس السورية من تحسين أداء العمليات الإنتاجية لمواكبة المنافسة الشديدة المستمرة في السوق الدولية ولضمان البقاء ضمنها. يشكل هذا البحث قاعدة أساسية يمكن الانطلاق منها إلى أبحاث جديدة لمحاولة حل المشكلات التي تعترض العملية الإنتاجية في منشآت الألبسة الجاهزة من جهة، وإدخال التقنيات الحاسوبية كالخوارزميات الجينية ومحاولة أتمتة اتخاذ القرارات في بعض المراحل وذلك لتقليل دور العامل البشري

وانطلاقاً إلى تشكيل أنظمة مؤتمتة بالكامل وليست بحاجة إلى خبرات في مجال العمل وتقليل الاعتماد على الحلول والحسابات التقليدية التي قد تسبب ضياعات في الوقت، وهدر في المادة الأولية.

1-1-4-المصطلحات والتعاريف

المصطلحات الأجنبية	المصطلحات العملية
T test	اختبار ستودنت
Crossover	التصالب
Evolutionary Computation	الحوسبة التطورية
Genetic algorithms	الخوارزميات الجينية
Artificial Intelligence	الذكاء الصناعي
Mutation	الطفرات
Chromosom	الكروموسوم
Marker	الماركر
Pattern	النموذج
Fitness Function	تابع الكفاءة
Cut Order Planning	تخطيط أمر القص
cutting order nesting	ترتيب أمر القص
selection operation	عملية الانتقاء
Pixel	عنصر الصورة (بكسل)
marker efficiency	كفاءة الماركر
Graphical User Interface	واجهة المستخدم الرسومية

1-2-الدراسة المرجعية

مع تزايد التنافسية في السوق التجاري العالمي، أصبحت صناعة الألبسة تبذل جهوداً ضخمة لتحسين الإنتاجية ورضا الزبائن من خلال تحسين الجودة والتكلفة والمرونة بالعمل.

1-2-1-دراسة تخطيط أمر القص Cutting Order Planning

تعتبر مرحلة قص القماش أحد العمليات الرئيسية التي تضيف قيمة لعملية تصنيع الملابس، وهي تمثل المدخل الرئيسي لمرحلة الخياطة والمساهمة الثاني للتكلفة في عملية التصنيع نظراً للتكاليف المرتفعة، والتي تمثل حوالي 5-10% من إجمالي تكلفة التصنيع. ولهذا السبب ركز مصنعو الألبسة على تقليل التكلفة في هذا القسم (Presad R., 2012) وتتجه جميع شركات الملابس العالمية إلى الوصول إلى إنتاج بلا فائض كما عرفه Dawn (Dawn M., 2019) وهي تعني الحصول على عدد معين من القياسات المختلفة من نفس القماش، وتتجلى هذه المسألة في حالات الطلب الخاص أو الملابس المصنوعة حسب الطلب، حيث يتم فرد طبقات القماش على طاولة القص، ويتم وضع العديد من القوالب على الطبقة العلوية حيث يؤدي قص هذه القوالب من خلال جميع طبقات القماش الموجودة إلى انشاء مجموعة من أجزاء القطع الملبسية وقد يكون هناك العديد من هذه الأجزاء لتلبية جميع المتطلبات.

وتتعلق مشكلة تخطيط أمر القص كما وضحتها Xiuqin Shang بكيفية إيجاد تخطيط صحيح وعملي لعملية قص القوالب بأقل عدد ممكن من الطبقات (Shang X., 2019) حيث تم طرح العديد من الحلول وكل ما كانت الحلول المتوفرة على قدر كبير كلما أعطت مرونة لصانعي القرار باتخاذ الحل الأمثل والتقليل من نسبة الهدر. يُطلق على هذه الخطة بخطة أمر القص (Cut order plan (Cop) والتي يتم من خلالها توضيح عدد الماركات المطلوبة والقياسات التي يجب تضمينها ضمن كل ماركر، وكذلك كمية القطع الجاهزة من كل قياس وأخيراً عدد طبقات القماش لكل ماركر. وقد تم تسليط الضوء من قبل Can على أن التخطيط الصحيح لأمر القص يعتبر نقطة انطلاق لتدفق العملية الإنتاجية لتصنيع الملابس بشكل نموذجي وقد طرح الباحث طريقة يتم من خلالها وضع خطة لأمر القص باستخدام البرمجة الخطية المختلطة حيث ركزت هذه الدراسة (Can Ü., 2020) على اختيار صنفين مختلفين من القطع الملبسية من خلال قياس فعالية أداء العامل في حل المشكلة من خلال تقييم جميع الاحتمالات المقدمة خلال فترة قصيرة جداً مقارنة مع قدرة العامل باستخدام برنامج LINGO والذي يعرف بأنه لغة التحسين التفاعلية وهو أداة لبناء وحل نماذج التحسين الخطية وغير الخطية. أظهرت النتائج أن تعقيد خطة أمر القص تلعب دوراً أساسياً ونشطاً في النتائج ففي بعض الطلبات كان العامل قادراً على إنتاج حلول أفضل، وبالتالي كلما زاد تنوع القياسات المطلوبة أصبحت المشكلة أكثر

تعقيداً وقلت احتمالية الحصول على نتائج أفضل. وقد أوصت هذه الدراسة بالعديد من النقاط المهمة كان أبرزها:

- إيجاد حلول لمشكلة تخطيط أمر القص بطرق التحسين الحديثة (مثل الشبكات العصبونية الاصطناعية والخوارزميات الجينية) وهذا ما تم العمل عليه وتنفيذه في الجزء الأول من الاجراء العملي لهذا البحث
- تطوير البرنامج المقترح ليشمل ترتيب أوامر القص على الماركر وهذا ما تم العمل عليه في الجزء الثاني من الإجراء العملي للبحث.

وتم استعراض العديد من الدراسات الأخرى التي حاولت الوصول إلى حلول مجدية لتحسين خطة أمر القص بهدف تقليل هدر القماش (Rose D., 2017). وقد حاول العديد من الباحثين القضاء على مشكلة التخطيط الأمثل لأمر القص من خلال حساب العرض الأمثل للأقمشة الذي لا يسبب هدر في القماش والعمل على أساسه للحصول على الكمية المطلوبة كما في الدراسة التي أجراها باسييف (Paseyf N., 2010)

1-2-1-دراسة ترتيب أمر القص Cutting Order Nesting

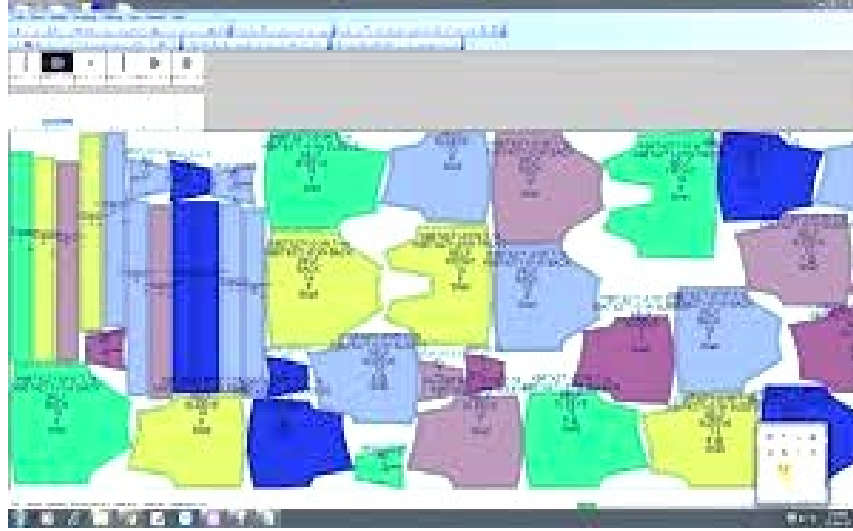
تعتبر صناعة الألبسة من الصناعات التي تحتاج إلى تطوير بشكل دائم من أجل مواكبة التطورات العالمية المستمرة في خطوط الموضة وأنواع الأقمشة المختلفة من أجل توفير منتج يرضي ذوق المستهلك، يتبع مرحلة تصميم المسطرة الأولية وتصنيع البترون الخاص بها، مرحلة ترتيب القوالب وهي مرحلة يتم فيها ترتيب أجزاء القوالب المختلفة بطريقة متداخلة لتقليل هدر القماش، وغالباً عند عملية القص تنشأ مسافات فارغة فيما بينها بسبب الشكل غير المنتظم لأجزاء القوالب. وتعتبر هذه المساحات الفارغة هي مساحات غير مجدية، والحد من هذه المساحات التي تعتبر هدر بالقماش عامل مهم جداً يسعى إلى تحقيقه جميع مصنعي الألبسة. يتم تصنيف عملية ترتيب وتداخل أجزاء القوالب على أنها مشاكل تعبئة الأشكال ضمن حاويات ثنائية البعد وبشكل عام يتم تصنيف مشاكل التعبئة ضمن مجموعتين:

1- تعبئة القطع بأشكال منتظمة وهي مستخدمة في صناعة الزجاج والسيراميك والورق،

2- تعبئة القطع بأشكال غير المنتظمة وخاصة في صناعة الألبسة الجاهزة وصناعة الجلود والحديد،

وتسمى عملية تعبئة الأشكال غير المنتظمة ضمن حاوية ثنائية البعد في صناعة الألبسة الجاهزة بتخطيط الماركر Marker planning ويُعرف الماركر بأنه قطعة من الورق التي يتم ترتيب الأجزاء المكونة لقطعة واحدة أو أكثر من القطع الملابسية بقياسات مختلفة وفق طريقة منظمة بحيث يتم استغلال المساحة المتاحة بأكبر

فعالية ممكنة (Peivandi P., 2009) كما يوضح الشكل (1) الشكل العام للماركر حيث يدل تباين الألوان على القياسات المختلفة، وكل لون يمثل الأجزاء المختلفة للقطعة الملبسية الواحدة.



الشكل (1) الشكل العام للماركر

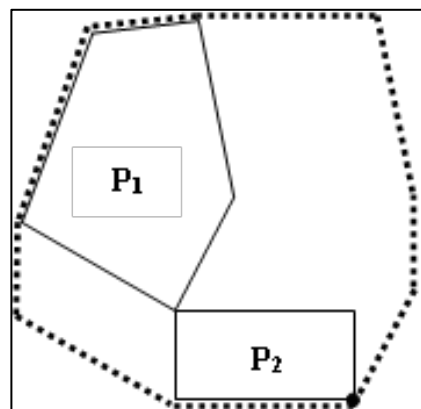
في صناعة الألبسة الجاهزة يتم تخطيط الماركر وفق الطريقة التقليدية يتم فيها اجراء عملية التداخل لأجزاء القوالب على القماش مباشرة كما في المصانع الصغيرة وورشات الألبسة التخصصية بحيث يتم مراعاة عدة نقاط أهمها مراعاة اتجاه القماش مع اتجاه أجزاء القوالب، والانتباه إلى إكمال الأجزاء الخاصة بالقطعة الملبسية الواحدة، والانتباه إلى أن تكون الأجزاء متوازية بشكل مستقيم مع حاشية القماش إلا في حال الأقمشة الخاصة التي يتم مدّها بزوايا مختلفة ويوضح الشكل (2) الطريقة الصحيحة لتوزيع أجزاء القوالب على القماش مباشرة، وتتطلب هذه الطريقة جهد ووقت إضافي لترتيب الماركر وغالباً ما تكون نسب الهدر أكبر مما هي عليه في الطريقة الحديثة.



الشكل (2) توزيع أجزاء القوالب على القماش

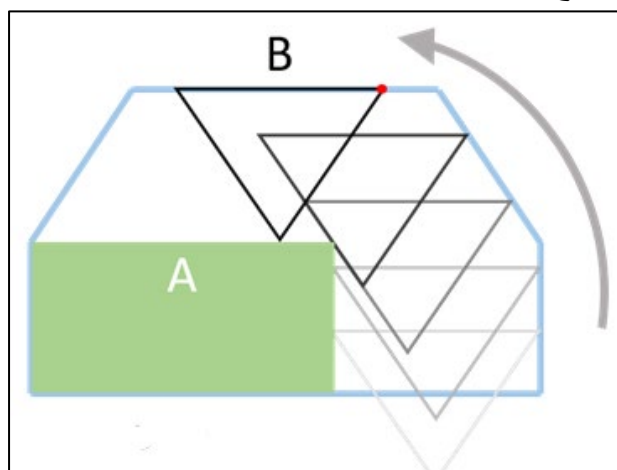
أما الطرق الحديثة فهي تعتمد على استخدام البرمجيات في حل مشكلة التداخل وتحقيق أفضل استخدام لمساحات القماش. ومن خلال الدراسات السابقة، تم إنتاج حلول لمشكلة تداخل أجزاء القوالب باعتبارها أشكال

غير منتظمة باستخدام تقنية المضلع غير المتناسب (NFP) من خلال دراسة أجراها الباحث E.K. Burke وآخرون. وهي خاصية تتعلق بشكلين غير منتظمين ويمثل المضلع المنطقة التي يتقاطع فيها هذان الشكلان مع بعضهما البعض. ونتيجة لذلك يمثل محيط NFP المواضع التي تتلامس فيها الأشكال مع بعضها البعض دون تداخل ويوضح الشكل (3) مفهوم NFP.



الشكل (3) المضلع غير المتناسب

يوضح الشكل (3) مواضع البداية والنهاية للأشكال P1 و P2 حيث تظهر NFP كخط متقطع، بحيث يمكن أن تتطابق بعض حواف هذه المنطقة متطابقة مع بعض حواف الشكل P1 & P2. وقد شغلت هذه الخوارزمية حيزاً واسعاً من الاهتمام في موضوع تداخل وترتيب الأشكال حيث يتشكل هذا المحيط نتيجة لانزلاق أحد الشكلين على طول حواف الشكل الآخر حتى يعود إلى وضعه الأولي كما هو موضح في الشكل (4) حيث ينزلق الشكل B على حواف الشكل A وذلك بالاعتماد على نقطة مرجعية (موجودة على المضلع B) مختارة لوضع أحد المضلعات نسبياً على الآخر.



الشكل (4) تشكل منطقة NFP

والهدف من تطبيق هذا المفهوم هو تحسين استخدام المساحات بحيث يجب ألا تكون هناك أي مناطق فارغة غير مستخدمة بين الأشكال المتداخلة من خلال التخطيط الأمثل بشرط عدم حدوث تقاطع بين الأشكال ويتم تقييم جودة تداخل الأشكال ومنطقة NFP من خلال رؤوس نقاط الأشكال باعتبارها مواضع محتملة للحل الأمثل. (Burke E.K., 2017)

ومن أجل تقييم الحلول الناتجة عن هذا الأسلوب تم اقتراح دالة لحساب التكلفة:

$$\left(\sum_{i=1}^n ((1 - (UsedRowArea/TotalRowArea))^2) * k \right) / n \quad \text{المعادلة (1)}$$

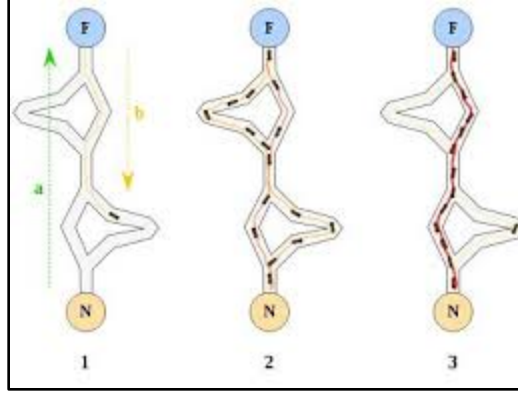
حيث أن:

• Used Row Area تمثل مجموع المساحات للمضلعات الموجودة ضمن الماركر .

• Total Row Area المساحة الكلية للحاوية

وفي محاولة لتحسين وتطوير عملية تداخل الأشكال غير المنتظمة تم تقديم أسلوب آخر لحل هذه المشكلة وهي خوارزمية النملة Ant Algorithms الخاصة بالتداخل من قبل (Edmund B., 2018) حيث تعتمد هذه الخوارزمية على ظواهر العالم الحقيقي، وهي أن النمل على الرغم من أنه شبه أعمى إلا أنه قادر على إيجاد طريقه إلى مصدر الغذاء باستخدام أقصر طريق ممكن. وقد تم الاستعانة بهذه الظاهرة من خلال النظر فيما يحدث عندما تصادف نملة عقبة وعليها أن تقرر أفضل طريق لتتخطى هذا العائق، ففي البداية تكون الاحتمالية متساوية بشأن الاتجاه الذي ستتجه فيه النملة للتغلب على العقبة. وفي حال كان أحد المسارات حول العائق أقصر من المسار البديل، فإن النمل الذي يسلك الطريق الأقصر سيصل إلى نقطة على الجانب الآخر من العائق قبل النمل الذي يسلك المسار الأطول.

والشكل (5) يوضح أسلوب عمل هذه الخوارزمية حيث يُلاحظ كيفية التوزع العشوائي للنمل كمافي الحالتين 2&1 أما في الحالة 3 نلاحظ انتظام النمل واختياره للمسار الأقصر لنقل الغذاء مع وجود عينات عشوائية تتحرك بشكل عشوائي.



الشكل (5) أسلوب خوارزمية النمل

العلاقة بين خوارزمية النملة ومشكلة التداخل

ربط Edmund Burke بين هذا الأسلوب والمشكلة المطروحة وهي مشكلة التداخل بين المضلعات غير المنتظمة عن طريق التعبير عن كل مضلع بنقطة حيث تمثل مجموعة النقاط المسارات التي يمكن أن تسلكها الخوارزمية للوصول إلى أقصر طريق والذي يعبر بدوره عن أقل مساحة يمكن توزيع المضلعات بها بجانب بعضها البعض ودون تداخل ضمن الحاوية وذلك بتقييم كل مسار مقترح من خلال تابع التقييم والتكلفة المذكورة سابقاً.

ومن جهة أخرى تم اجراء دراسات أخرى وباستخدام خوارزميات رياضية مختلفة وربط مشكلة التداخل مع مشكلة الحقيبة knapsack problem من خلال الدراسات التي أجراها Aline وتستمد هذه المشكلة اسمها من المشكلة التي يمكن ان يواجهها شخص مقيد بحقيبة ذات حجم ثابت ويجب أن يملأها بأكثر العناصر قيمة، وهي تعتبر من المشكلات الخاصة بالتحسين المستمر لعمليات تجميع مجموعة من العناصر لكل منها وزن وقيمة معينة والمطلوب تعبئة هذه العناصر دون حدوث زيادة في الحمولة حيث يمثل الشكل (6) توضيح لمشكلة الحقيبة. (Aline M., 2012)



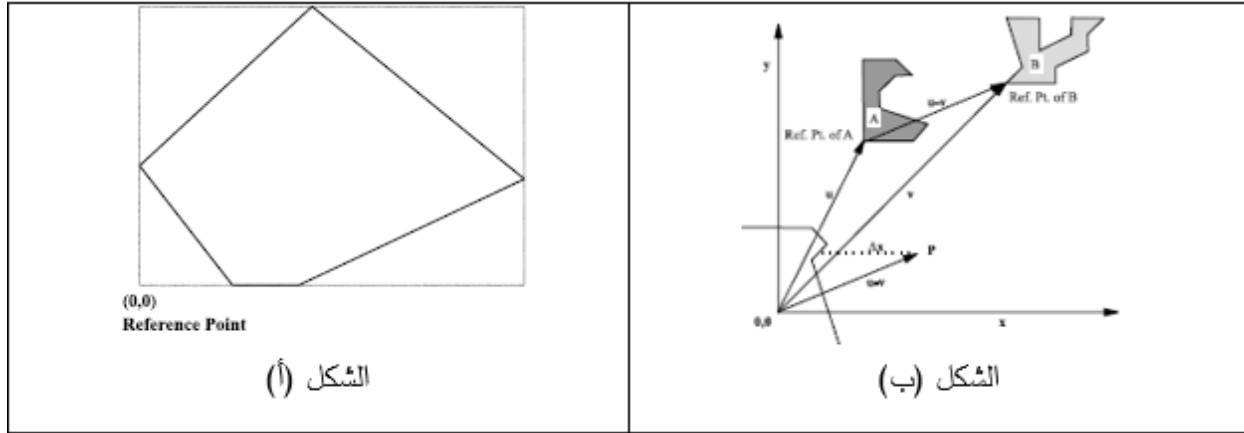
الشكل (6) مشكلة الحقيبة

يعتمد مبدأ الحل لهذه المشكلة على خطوتين أساسيتين: حزم العناصر غير المنتظمة ضمن مستطيلات، ومن ثم استخدام هذه المستطيلات ليتم تعبئتها ضمن الحاوية معلومة الأبعاد.

وتم طرح خوارزمية أخرى لحل مشكلة التعبئة من قبل William Dowsland وهي خوارزمية أسفل يسار Bottom-Left Algorithm، حيث تعتمد هذه الخوارزمية على ترتيب المضلعات في أسفل يسار وتتحرك باتجاه الطرف الأيمن (المفتوح) بهدف التقليل الطول الإجمالي للحاوية المطلوب. (Dowsland W., 2012)

- معطيات الخوارزمية: حاوية ذات بعد طول لانهائي، وعرض ثابت، ومجموعة من القطع غير المنتظمة ممثلة على شكل مضلعات غير منتظمة وغير حاوية على ثقب.
- هدف الخوارزمية: تعبئة كل القطع مع مراعاة شروط عدم التداخل، وذلك لتقليل الطول المطلوب.

يوضح الشكل (7-أ) آلية العمل التي تعتمد عليها هذه الخوارزمية، حيث يتم تحديد رؤوس كل شكل من خلال الإحداثيات بالنسبة إلى نقطة مرجعية، والنقطة المرجعية تكون محددة بالركن الأيسر السفلي للمستطيل المحيط بالشكل. ويتم تحديد موضع القطعة بواسطة إحداثيات النقطة المرجعية. والمرحلة الثانية تبدأ بانزلاق القطع الواحدة تلو الأخرى بحسب الإحداثيات كما في الشكل (7-ب)



الشكل (7) آلية عمل خوارزمية أسفل يسار

إلا أنّ هذه الخوارزمية لا تسمح للقطع الصغيرة لاحقاً في عملية الترتيب لملئ الفجوات الموجودة بين القطع التي تم تعبئتها من جهة ولا يسمح بدوران القطع أثناء عملية الترتيب. وهي فعّالة وقادرة على حل المشكلات التي تحتوي على حوالي 100 قطعة في غضون دقيقة واحدة.

1-3-الخلاصة

في هذا الفصل، تم عرض موجز للأبحاث المتعلقة بتخطيط آلية العمل في قسم القص في قطاع الألبسة الجاهزة كما تم التطرق إلى التقنيات المستخدمة في تخطيط أمر القص وعملية ترتيب وتداخل القوالب ضمن الماركر والتنويه إلى الأساليب المتبعة في الصناعات الأخرى لترتيب الأجزاء غير المنتظمة ضمن حاويات ومحاولة الاستفادة من خواص التجارب الأخرى وعكسها على مجال صناعة الألبسة مع مراعاة القيود الخاصة بالعملية الإنتاجية، وخواص الأقمشة وظروف العمل في منشآت الألبسة.

2 الفصل الثاني: مفهوم الألبسة الجاهزة

2-1- مقدمة

أثبتت الدراسات العالمية التي أجريت في الآونة الأخيرة أن صناعة الألبسة الجاهزة من الصناعات ذات الأولوية في ظل النظام العالمي الجديد "العولمة" وقد اعتمدت هذه الدراسات على أساس معياري ثابت وهو المزايا التنافسية لأي صناعة من أجل البقاء والنمو في سوق عالمي مفتوح يحتاج إلى تحقيق ما يلي:

1- إنتاج فائق الجودة

2- إنتاج يتماشى مع خطوط الموضة.

3- إنتاج يحقق الالتزام بالتسليم طبقاً لمواعيد محددة دون أدنى تغيير.

ويتمثل الهدف الرئيسي لصناعة الألبسة في تقديم أكبر رضا للعملاء مع أقل تكلفة ممكنة وذلك من خلال زيادة استخدام الموارد المتاحة بأفضل الطرق وتقليل المخزون إلى أدنى حد ممكن.

وأكبر التحديات التي تواجه هذه الصناعة هي المنافسة الشديدة والضغط الهائل من أجل تخفيض الأسعار التي يطلبها الزبائن كونها أحد أكبر الصناعات في الوقت الحاضر والتي تساهم بنسب عالية من ناتج الاقتصاد الوطني للعديد من الدول لما تحققه من قيم مضافة عالية للمنتجات، وخصوصاً من خلال تصدير منتجات الملابس.

تتكون سلسلة إنتاج الملابس من الكثير من الخطوات والمراحل الإنتاجية المتنوعة (مؤتمتة - آلية - نصف آلية) وبعض المراحل اليدوية، وبالتالي فإن هذه الصناعة مازالت تعتمد على وجود بعض العمليات اليدوية التي لا تحقق نتائج مهمة مع التقنيات ويصعب التنبيه بالنتائج المستقبلية عندما يُرغب في تغيير أو تعديل نظام إنتاج، وهي من أهم المشاكل التي تواجه عملية تصنيع الألبسة الجاهزة بالإضافة إلى مشاكل أخرى سنتناولها لاحقاً.

تبدأ عملية تصنيع الألبسة من لحظة تأكيد طلب الزبائن، والذي يكون على شكل كمية محددة من القطع الجاهزة ذات نمط محدد، حيث أن النمط يحوي على كميات القطع الجاهزة بقياسات مختلفة وأقمشة مختلفة وألوان مختلفة. حيث يبدأ العمل من خلال إعداد العينات، وشراء المواد الخام وتخزين المواد وفحصها وتحضير كافة المستلزمات الأخرى من إكسسوارات وكلف وغيرها وقص القماش وتجميع القطع وتجهيز القطع الجاهزة للتسليم وفق الوقت المحدد.

والشكل (8) يوضح تسلسل العمليات في مصنع الألبسة الجاهزة



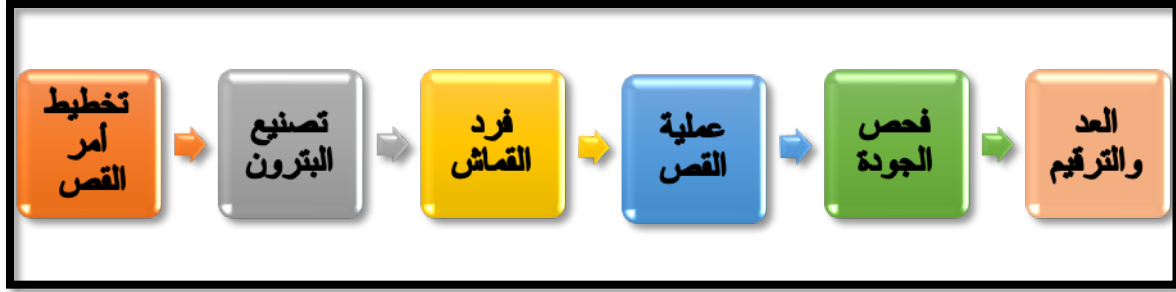
الشكل (8) تسلسل العمليات في مصنع الألبسة الجاهزة

2-2- مرحلة التصميم

بمجرد استلام أمر التصنيع من الزبون يقوم قسم التخطيط والتصميم بإعداد مسطرة أولية استناداً للخصائص المطلوبة يتم من خلالها تحديد الأمر الذي سيرسل إلى قسم القص للتنفيذ وذلك بعد عرضها على الزبون وإجراء التعديلات المناسبة لذلك. ويتم في هذا القسم تحديد الاحتياجات الأساسية اللازمة للموديل من نوعية القماش وخامات ثانوية واكسسوارات وأي لوازم أخرى لإتمام إنتاج الموديل، لكي يتم تجهيز لوازم الطلبية كاملة وذلك بكميات تقديرية قبل البدء بعملية الإنتاج. ويراعى في هذا القسم تحديد كيفية تنفيذ الموديل في الصالة الإنتاجية تجنباً لحدوث أخطاء أثناء عملية الخياطة للكمية المطلوبة، وحرصاً على الحصول على الموديل ذاته دون أي تعديل. وبعد الانتهاء من تصميم المسطرة الأولية ينتقل التصميم إلى قسم التكنولوجيا، وهذا القسم هو المسؤول عن دراسة إمكانية تنفيذ الموديل وإعطاء خطة الإنتاج وتتضمن هذه الخطة (Rose D., 2017):

- إعطاء مواصفات كاملة للموديل الذي سيتم تنفيذه على شكل أمر تشغيل، يحتوي أمر التشغيل على صورة عن الموديل الذي سيتم تنفيذه، وكمثال عن ذلك في حال القميص يتم تحديد مواصفاته كاملة من حيث شكل القبة وعدد الأزرار ومقاساتها وشكل الكم وأي إضافات أخرى كوجود لوغو معين أو أي رسم خاص. وكذلك نوع الخامة المطلوبة وطريقة التغليف والتعبئة عند الشحن، وعدد القطع والقياسات وأي ملاحظات إضافية أخرى. ويعتبر أمر التشغيل هو المرجع الأساسي للتعامل مع العميل.
- تحديد الزمن اللازم لإنتاج القطعة الواحدة وزمن كل عملية إنتاجية
- تحديد مخطط توزيع الآلات المطلوبة لتنفيذ الطلبية تجنباً لحدوث أي اختناقات أثناء العملية الإنتاجية.

والشكل (9) يوضح طلب القص الوارد من أحد الزبائن في الشركة قيد الدراسة.



الشكل (10) مراحل العمل في قسم القص

2-3-1-1 التخطيط أمر القص Cut Order Planning

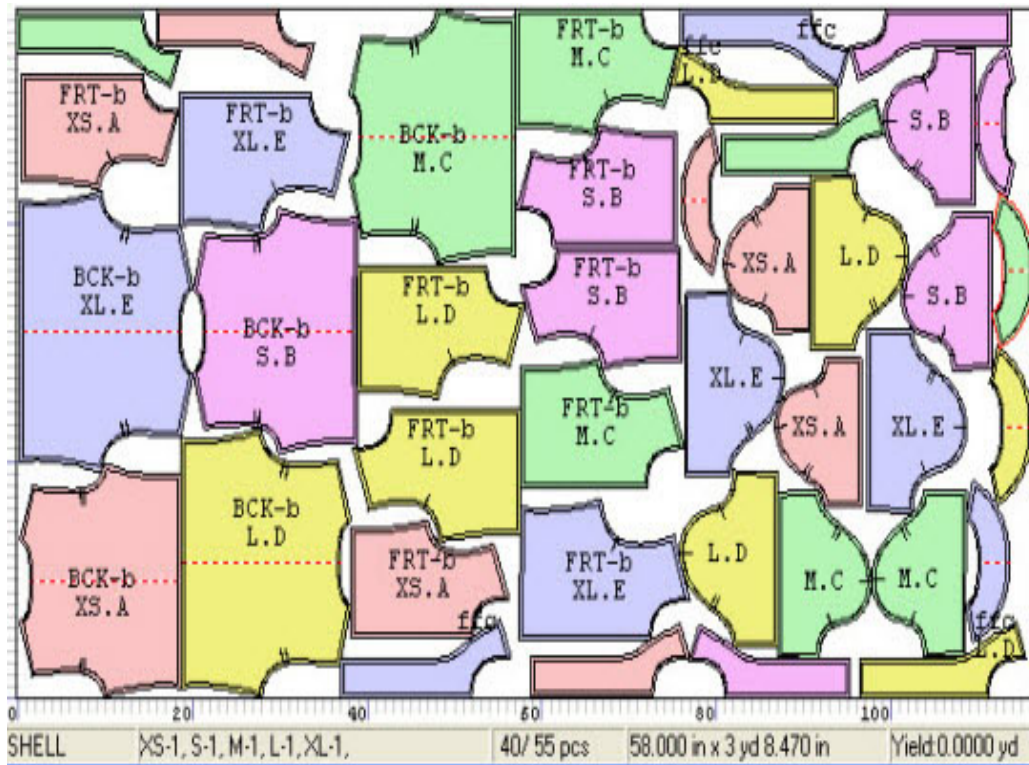
عملية تخطيط أمر القص يطلق عليها Cut Order Plan ويتم في هذه المرحلة وبالاتماد على القياسات المطلوبة وعدد القطع المطلوبة من كل قياس الموجودة في أمر التشغيل تحديد عدد البترونات التي سوف يتم قصها وعدد الطبقات لكل بترون وذلك حتى إتمام الطلبية (Naid S., 2019). وعملية تخطيط أمر القص في الشركات المحلية تتم وفق ما يلي:

اجراء حسابات يدوية التي يقوم بها العامل من حساب وتجهيز لخطة أمر القص ليقوم بالنهاية بتحديد عدد الطبقات لكل بترون والقياسات الموجودة فيها، وغالباً ما ينتج عن التخطيط اليدوي زيادة أو نقصان في عدد القطع المقصودة، ففي حال وجود نقص في القطع يتم قصها بشكل افرادي وأما الزيادة فعادة يتم تحميل أعباء تكلفتها للمنتج وفي كلا الحالتين يعتبر ذلك هدراً لا عذر له.

2-3-2 تصنيع الماركر Marker Making

يعرف الماركر بأنه قطعة من الورق التي يتم ترتيب الأجزاء المكونة لقطعة واحدة أو أكثر من الألبسة وفق طريقة منظمة بحيث يتم استغلال المساحة المتاحة بأكبر فعالية ممكنة، أما البترون pattern فهو عبارة عن أجزاء القوالب التي تأخذ أشكالاً ثنائية البعد يتم خياطتها مع بعضها البعض وفق مواصفات محددة ودرجة ملائمة متعلقة بنوع القماش وتستخدم بشكل أساسي لجعل القماش ثنائي البعد يتوضع بشكل صحيح على الجسم ثلاثي الأبعاد للحصول على قطعة ملابس مطابقة للمواصفات (Thiel S., 2020)، وبما يخص مصطلح الماركر فهو يمثل التوضيح الدقيق للباترون من أجل طلبية معينة، وعملية إعداد الماركر تتطلب اكتشاف الترتيب الأكثر كفاءة للباترون من أجل نمط معين من القطع الملابس، وقماش معين، وقياسات معينة، وتتطلب هذه العملية وقت ومهارة وتركيز عالي من قبل العاملين عليها من أفضل كفاءة (Haque M. , 2016) ويجب أن يتضمن الماركر بنود أساسية خاصة بعدد القطع التي سيتم تنفيذها عند قص طبقة واحدة من القماش،

وطول طاولة القص، وتخطيط عملية الإنتاج (Coril R., 2020) ويتم تحديد عرض الماركر على حسب عرض القماش ولذلك يجب معرفة عرض القماش قبل البدء بعملية الترتيب وفي حال اختلاف عرض القماش في الرصة الواحدة فيجب العمل على أقل عرض موجود وهذا ما يسبب هدر في باقي العرض. أما بما يخص طول الماركر فهو متعلق بكمية الإنتاج المطلوبة، فيفترض أن يكون الماركر بأقل طول ممكن وهذا يتم تحديده حسب كفاءة ترتيب وتداخل القوالب مع بعضها ومهارة القائم على هذه العملية وللوصول إلى أقل طول ممكن يجب أن يقوم المسؤول بقسم التصميم بوضع أكثر من أسلوب لتوضع أجزاء القوالب في حدود عرض القماش حتى يصل إلى أفضل أسلوب في الترتيب. ويبدأ الماركر بما يسمى خط البداية والذي يكون على الجانب الأيسر له وعمودياً على الحواشي. وينتهي بخط يوازي خط البداية ويكون على الجانب الأيمن، وعادة ما يتم ترتيب القطع من الأكبر إلى الأصغر لتخفيف من الهدر أثناء تجميع القطع من بعضها. والشكل (11) يوضح الماركر وكيفية توزيع القوالب بداخله.



الشكل (11) توزيع القوالب ضمن الماركر

3-3-2-متطلبات تخطيط الماركر Marker Planning Requirements

• خصائص القماش

يختلف تخطيط الماركر بحسب نوع القماش، في حال كان القماش متناظر (أي لا يوجد فروقات بين الوجه الامامي والخلفي للقماش) لا يحتاج إلى متطلبات خاصة أثناء تخطيط الماركر. أما في حال الأقمشة غير المتناظرة كالأقمشة المخملية، الأقمشة ذات الزغب والمطبوعة فهي تحتاج إلى معاملة خاصة من حيث تخطيط الماركر تجنباً لحدوث أخطاء في القطع الملبسية الجاهزة وعيوب مظهرية جسيمة. حيث يتم إعطاء أجزاء القوالب أرقام تعبر عن عدد القوالب لكل قطعة ملبسية واحدة والتي يتم التعبير عنها بواسطة الحروف والأرقام. ومن أجل الحصول على ماركر فعال يجب أن يكون عرض القماش المراد فردة بشكل مسطح بالإضافة إلى عدد قطع البترون التي سيتم تضمينها ضمن خطة المسار لجميع القياسات معروفة مسبقاً.

(Zhong T., Naveed Y., 2020)

3-3-2-4-طرق تخطيط الماركر Marker Planning Method

1- التخطيط التقليدي للماركر

وهي طريقة شائعة وقديمة، ولا تزال مستخدمة في صناعة الملابس حيث يتم صف القوالب بشكل يدوي وهي عملية تستغرق وقت طويل وجهد للحصول على الشكل النهائي للماركر، وفي حال الحاجة لإعادة إنتاج الطلبية ذاتها يتم إجراء نسخ متعددة من الماركر عن طريق نسخ الكربون، ولكن عددها قليل قد تصل إلى 8 نسخ قبل بداية انهيار الماركر الأساسي.

2- التخطيط المحوسب للماركر

وهي طريقة حديثة نسبياً تتضمن نظام متكامل يشمل على استخدام الحاسب بعملية إعداد البترون وتعديله والحصول على كافة القياسات بالدقة المطلوبة وهي طريقة مرنة جداً وذلك من أجل سهولة إجراء التعديلات والحصول على ماركرات مختلفة حسب الطلبات المختلفة.

2-3-5- كفاءة الماركر Marker Efficiency

ويشير مصطلح كفاءة الماركر إلى إجمالي القماش المستخدم وهي نسبة استهلاك القماش ويعبر عنها كنسبة مئوية من إجمالي القماش المستخدم الفعلي وتتناسب مع طول القماش بشكل عكسي، حيث كلما حصلنا على طول أقل كلما زادت الكفاءة (Payvandy M., 2015). ويتم حسابها من خلال نسبة المساحات المشغولة بأجزاء القوالب إلى المساحة الكلية حسب المعادلة (1) (Ondogan Z., 2018)

$$\text{Efficiency} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{L * W} \quad \text{المعادلة (2)}$$

حيث أن: P_i : تعبر عن أجزاء القوالب.

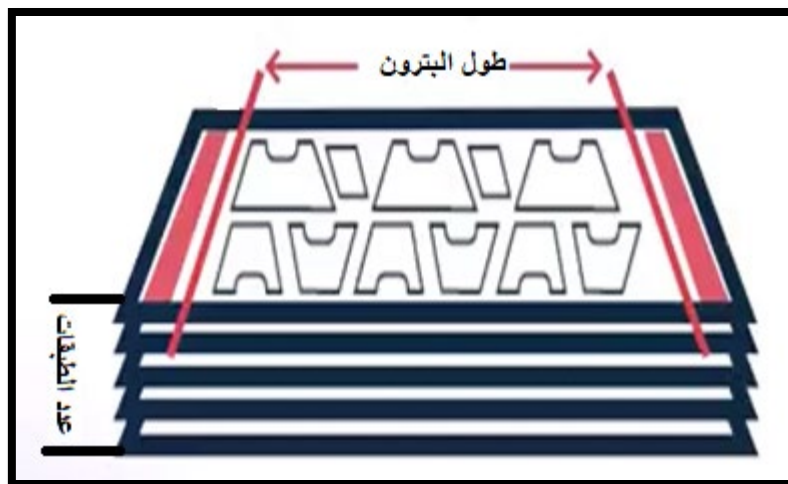
N : عدد القطع الملبسية المراد الحصول عليها.

L : طول المدة.

W : عرض المدة.

2-4- عملية فرد القماش

تعرف عملية فرد القماش ب fabric spreading وهي عبارة عن فرد عدد معين من طبقات القماش على طاولة القص وفقاً لخطة أمر القص المحددة مسبقاً وذلك ليتم فرد البترون على سطحها ليكون مرجع لعملية القص. والشكل (12) يوضح شكل المدة النهائية.



الشكل (12) المدة النهائية

أما بالنسبة لعدد طبقات القماش فهي تتعلق بعدة عوامل:

- مقاس سكينه القص: يتم تحديد الطبقات بالاعتماد على طول سكينه المقص الكهربائي.
- عدد القطع المطلوبة: ويحدد حسب كمية الإنتاج المطلوبة.
- نوعية القماش: كلما كان القماش سميك كلما كانت عدد طبقات القماش أقل، وأحياناً القماش يكون ذات سماكات منخفضة ولكن يصعب التحكم به كالشيفون ولذلك يفضل مده بطبقات قليلة.

2-4-1- أهداف عملية فرد القماش

1- فرز مطاوي القماش لمراعاة فروقات التظليل فيما بينها

أثناء عملية فرد القماش يمكن استخدام أكثر من مطواة قماش من أجل إنتاج الكمية المطلوبة وبالتالي تمكن ظهور تباين في الظل من مطواة لأخرى وبالتالي يجب فصل المطاوي عن بعضها بواسطة أوراق بنية مما يساهم في تحديد وفصل الطبقات بسهولة عند التجميع.

2- تصحيح ثنيات الشد

والمقصود بها الضغط الذي يخضع له القماش أثناء فردة فإذا كان القماش مفرد بضغط عالي سيحافظ على ثباته عالية في القاعدة ولكن عند قص الأقمشة سوف تتغير الأبعاد ويحدث انكماش والنتيجة الحصول على قياسات غير منتظمة للقطع الملابس، أما عند فرد القماش بضغط منخفض سيصبح ذلك تشكل حواف غير منتظمة وثنيات تؤثر على الأبعاد فيما بعد (Raaz N., 2020) وعادة ما يتم فرد المدة وتركها فترة زمنية وذلك للتخلص من الشد والاجهادات التي خضعت لها.

2-4-2- طرق فرد القماش

ويتم فرد القماش وفق عدة أنماط حسب نوع القماش واستخدامه (Jahanara E., 2017):

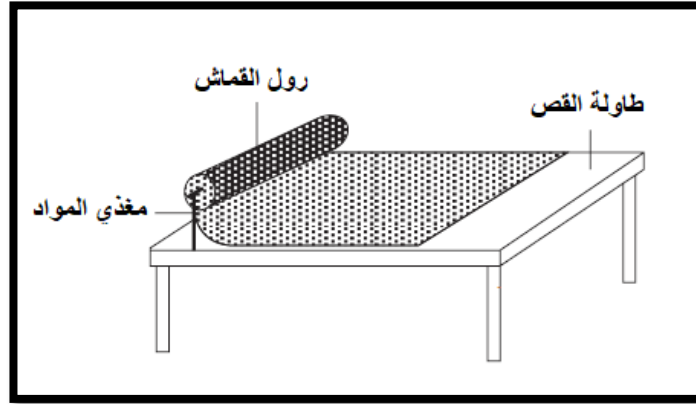
2-4-2-1- طريقة يدوية

يستعمل للإنتاج حيث يقوم عاملان بمسك طرف القماش وفرده على طول طاولة القص، غالباً ما يتم استخدام القص اليدوي للتعامل مع الأقمشة المزخرفة بشكل معقد حيث تكون تكلفة المعدات التقنية منخفضة مقارنة بالفرد الآلي، ولكن الإنتاجية ضعيفة. وتعتمد سرعة الفرد وجودته على خصائص القماش ومهارات وخبرات العمال، ليست هناك حاجة لمعدات خاصة في الفرد اليدوي. يمكن وضع جميع أنواع الأقمشة ولكن

العملية عالية المهارة وتستغرق وقتاً طويلاً، يستخدم الفرد اليدوي في الشركات الصغيرة أو عندما تكون هناك حاجة، في حالة الشركات الكبيرة، إلى فرد الأقمشة بأنواع مختلفة من الأنماط المعقدة. وفي بداية عملية الفرد يتم وضع طبقة ورق سفلية على الطاولة لسهولة نقل المدة على طول الطاولة أثناء عملية القص. وبعد الانتهاء من الفرد يتم طباعة الماركر الورقي ووضعه على الطبقة العلوية ويتم تثبيته على الجوانب بواسطة لواقط.

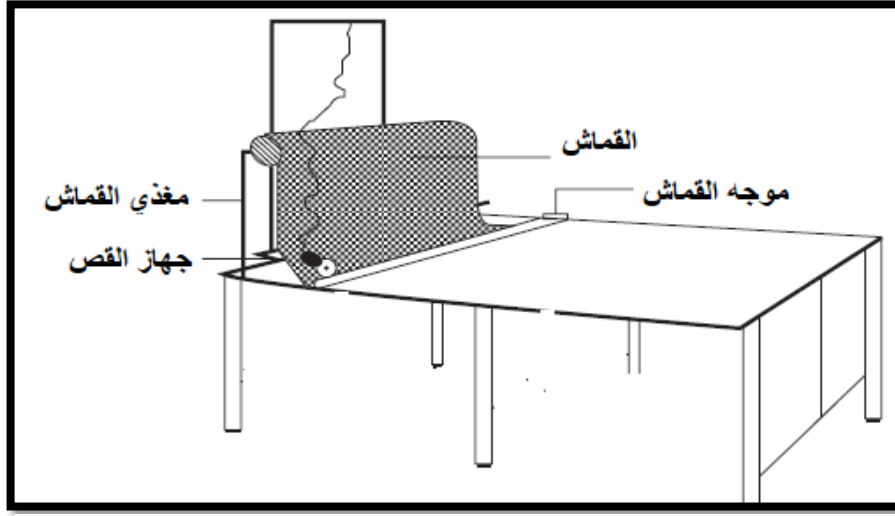
2-2-4-2- طريقة ميكانيكية

تتم عملية الفرد على طاولة القص ذات السطح الأملس بواسطة أدوات فرد ميكانيكية وهي عبارة عن عربة فرد يوجد فيها مكان لوضع ثوب القماش ومكان آخر لوقوف العامل وتتحرك هذه العربة على طول طاولة القص. ويتم تثبيت وحدة تغذية القماش على الطاولة كما في الشكل (13)



الشكل (13) فرد القماش اليدوي A

أو قد تكون قائمة بشكل مستقل بجوار طاولة القص كما في الشكل (14). ويعتبر الطول المثالي للمدة في حالة الفرد الميكانيكي حوالي 4-7 متر.



الشكل (14) فرد القماش اليدوي B

2-4-3- الطريقة الآلية:

إنّ آلية الفرد اليدوي تتطلب الكثير من الوقت والجهد، ومع تطور الإنتاج الضخم، لم تعد عملية الفرد اليدوي توفر الإنتاجية اللازمة وظهرت الحاجة للآلات المتخصصة التي كانت قادرة على تنفيذ الفرد بسرعة أعلى بكثير. حملت آلات الفرد الأولى لفة من القماش فوق الطاولة وأجريت عملية الفرد ميكانيكياً. وقد تم تطوير أنظمة وتقنيات جديدة منذ ذلك الحين. منذ أن تم استخدام تكنولوجيا الكمبيوتر لإنشاء وتخزين البترونات، أصبحت عمليات الفرد مؤتمتة بالكامل، ولقد زادت أنظمة الفرد الآلية بشكل كبير من إنتاجية عملية الفرد ولكنها لم تغير مبادئ عملها الرئيسي والشكل (15) يوضح طريقة الفرد الآلية.



الشكل (15) الطريقة الآلية

أما بما يخص عملية الفرد المؤتمتة بالكامل: يتم استخدام هذه العملية للأقمشة عالية الجودة التي يمكن فردها بسهولة، حيث يقوم عامل التشغيل بتعيين البارامترات الضرورية (طول الطبقة، وسرعة الانتشار، وشد القماش، وما إلى ذلك)، وهي تتكون من الأجزاء التالية (Sarkar P., 2018):

1. رأس الفرد.
2. أسطوانة الفرد.
3. جهاز تغذية رول القماش.
4. حساس مزدوج ضوئي: يتألف من عدد من الخلايا الكهروضوئية التي تساعد على ضبط حواشي القماش على طاولة الفرد حيث تتحسس هذه الخلايا الكهروضوئية على كامل مسار القماش مع عرض البترون.
5. الموزع (رأس الجهاز): يضمن أن تكون سرعة تقدم القماش (سرعة التوريد) على طاولة الفرد متناغمة مع سرعة التوزيع (سرعة تحرير القماش) من أسطوانة التغذية المركبة خلف الطاولة (الرول).
6. البرج: مهمته سحب القماش من الرول بسرعة معينة ويكون مجال ازاحته للأمام والخلف 15 سم تقريباً.
7. أداة القص: وتكون أوتوماتيكية بالإضافة لشاحذ أوتوماتيكي لشحذها، حيث يجب أن تكون أداة القص منسجمة مع ارتفاع الفرشة ويجب أن يكون هناك حساس يضمن عدم تلامس الفرشة مع طاولة القص عند وصول السكين للطبقة الأخيرة من القماش. ويوضح الجدول (1) مقارنة بين الفرد اليدوي والفرد الآلي:

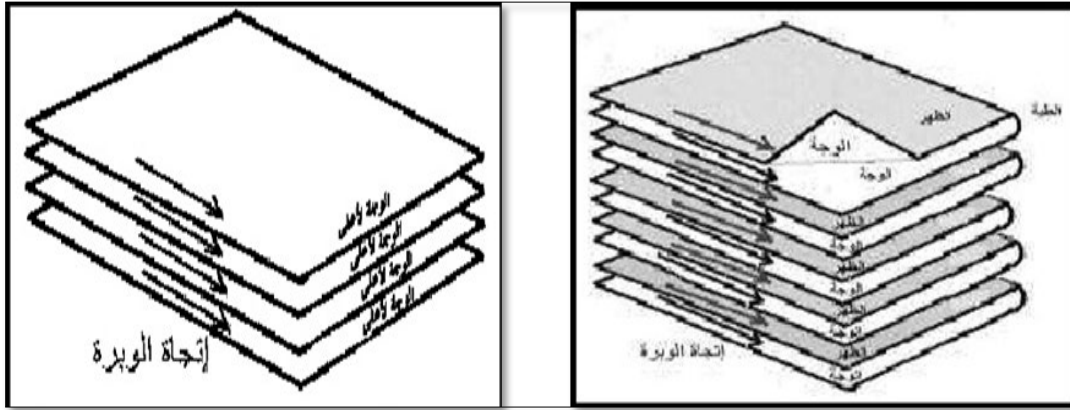
الجدول (1) مقارنة بين الفرد اليدوي والفرد الآلي

البارامترات	الفرد الآلي	الفرد اليدوي
تجهيزات عملية الفرد	طاولة فرد - آلة فرد	طاولة فرد - مغذي قماش - جهاز قص
مبدأ الفرد	نشر عدد محدد مسبقاً من الطبقات وتحديد العيوب الظاهرة من قبل العامل	نشر عدد محدد مسبقاً من الطبقات وتحديد العيوب الظاهرة من قبل العامل
طريقة الفرد	طريقة مؤتمتة بالكامل	طريقة يدوية
مميزات طريقة الفرد	إنتاجية عالية - تحتاج إلى عامل واحد فقط ولا يتحمل العامل عبء كبير	القدرة على فرد جميع المواد - تكلفة منخفضة
مساوئ طريقة الفرد	تكلفة عالية - لا تستطيع فرد الأقمشة ذات الأنماط المعقدة	إنتاجية منخفضة - تحتاج إلى عاملين يتحمل العامل عبء كبير

2-4-3-آليات فرد القماش

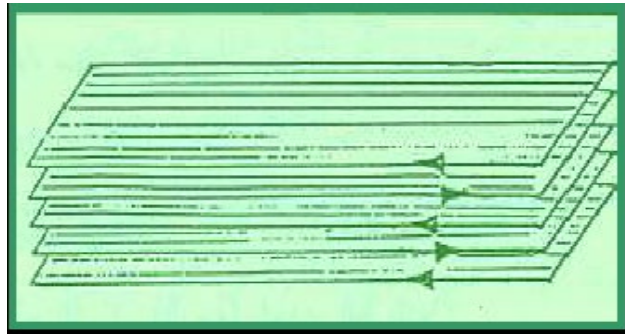
يتم فرد القماش وفق آليتين حسب توضع طبقات القماش (Kashem A., 2020)

1- طريقة وجهه باتجاه واحد (Face-one-way) f/o/w: يتم فرد طبقة القماش وقصها ومن ثم العودة إلى بداية الطاولة والفرد من جديد كما هو موضح بالشكل (16)، وتسمى هذه الأقمشة بالأقمشة غير المتناظرة وهي التي تحتاج إلى العناية أثناء الفرد كالأقمشة المطبوعة.



الشكل (16) فرد القماش وجه واحد

2- وفق وجهه لوجهه (Face To Face) f/f: يتم فرد طبقات القماش بشكل مستمر دون القص كما هو موضح بالشكل (17) وهذا الأسلوب يتناسب مع القماش المتماثل الذي ليس له اتجاه ويكون الفرد أسرع وأرخص بالنسبة لتكاليف الفرد.



الشكل (17) فرد القماش وجه لوجه

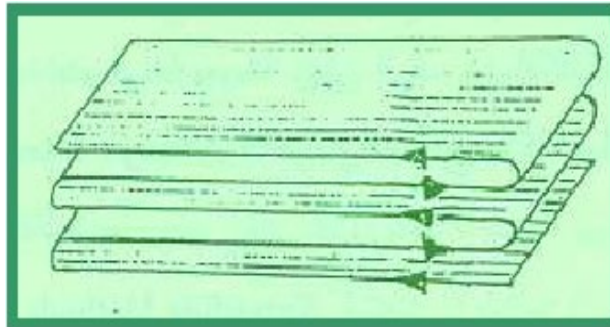
أما في حالة الأقمشة الخاصة فهي تعامل معاملة خاصة بسبب تركيبها كأقمشة الوبرة الموضحة في الشكل (18) :



الشكل (18) فرد الأقمشة الخاصة

ويفضل أن تكون الأثواب جميعها ذات عرض واحد حتى نتجنب الهدر قدر الإمكان وذلك لأن عرض البترون المصمم يكون حسب العرض الأقل وباقي العروض تعتبر عوادم قص. يتم تثبيت القماش من طرف واحد ضمن طاولة القص للحفاظ على أبعاد ثابتة وعدم انزياح بالطبقات اثناء عملية الفرد، أما بالنسبة للبترون يتم تثبيته أعلى الطبقات المفردة وفق طريقتين:

1- وضع المشابك حول حواف الحيز لتثبيته في مكانه كما هو موضح في الشكل (19)



الشكل (19) طريقة الخرز

2- وضع الغراء على الوجه السفلي من الأطراف، ويتم تثبيتها بخفة على الطبقة العليا باستخدام مكواة ذات قاعدة كبيرة خاصة.

2-4-4-طاولات الفرد

يوجد عدة أنواع لطاولات فرد القماش:

2-4-4-1-طاولة الفرد المسطحة

تتطلب عملية فرد القماش سطحاً أملساً لضمان عملية فرد قماش صحيحة وعادة يجب أن تكون طاولة الفرد أعرض من القماش بحوالي 10 انش، ومزودة بقضبان معدنية بالجزء العلوي من الطاولة للتحكم بالموزع أثناء تحركه على طول الطاولة، كما هو موضح بالشكل (20).

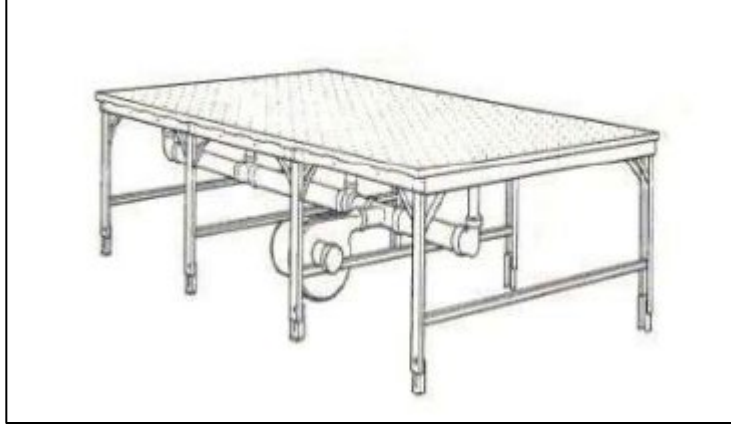


الشكل (20) طاولات الفرد المسطحة

ومع تطوير هذه الآلية تم تزويد الطاولات المسطحة بمنصة خاصة بالعامل ليتمكن من الحركة أثناء عملية الفرد. وقد تكون هذه الطاولات مصممة يتم تثبيت القماش عليها بواسطة ملاقط لإمساك أطراف القماش، أو مثقبة ومزودة من الأسفل بصف من المسامير تخرج من الثقوب الموجودة بالطاولة لإمساك القماش وغالباً ما يتم استخدام هذه الطريقة بالتثبيت للحصول على توضع دقيق للقماش، ومطابقة النمط في حالة التكرار كالأقمشة ذات المربعات أو الأقسام.

2-4-4-2-طاولات الشفط الهوائي:

هذا النوع من الطاولات تكون مزودة بثقوب صغيرة أسفلها جهاز خلخلة هواء الذي يعمل على تفريغ الهواء الموجود بين طبقات القماش، وتثبيتها أثناء عملية القص، ومن جهة أخرى تساعد على سهولة تحريك طبقات القماش ونقلها دون حدوث أي تغيير فيها حيث تعمل طبقة الهواء التي تنشأ بين القماش والطبقة السفلية من الورق على تقليل الاحتكاك وسهولة النقل ويوضح الشكل (21) طاولات ذات الشفط الهوائي.



الشكل (21) طاولات ذات الشفط الهوائي

2-4-4-3- الطاولة القابلة للاستدارة

يتميز هذا النوع بالقدرة على الحركة بحيث تصبح رأسية ويتم الفرد عن طريق التعليق وبعد الانتهاء يتم إعادة الطاولة إلى الوضع الأفقي، وعملية الفرد بهذه الطريقة يتم اعتمادها للطبقات القصيرة.

2-5-5- قص القماش

وتعرف عملية القص على أنها: تحويل مساحات القماش إلى قطع صغيرة حسب شكل البترون المطلوب، ويشكل البترون المقترح الخط العريض الذي يجب أن يسير وفقها سكينه القص. وفي نهاية عملية القص، يتم فحص القطع المقصوفة الناتجة لتحديد القطع المعيبة وفي حال تم العثور على قطع معيبة، فنحن أما احتمالين:

- تصحيح العيب في حال مكن ذلك.
 - إعادة القص من جديد وذلك من الفضلات الناتجة عن الأقمشة عند التتخير.
- وتعتبر مرحلة قص القماش من أهم مراحل تصميم الألبسة الجاهزة حيث أن جودة القص تؤثر على عمليات الإنتاج التالية وبالتالي على جودة المنتج النهائي وتؤثر على تكلفة المنتج النهائي.

2-5-1- أساليب القص

2-5-1-1- المقص اليدوي العادي

يستخدم في أغلب حالات القص إذا كان المطلوب تنفيذ قطعة واحدة أو حجم إنتاج قليل جداً.

2-1-5-2-المقص الكهربائي الدائري

وهو عبارة عن مقص صغير كهربائي يحتوي على سكين مستديرة ويصلح لقص عدد قليل من الطبقات ويناسب العمل في الورشات الصغيرة ويقوم السكين الدائري بقص طبقات القماش باتجاه واحد ويدور بعكس عقارب الساعة.

ويوضح الشكل (22) المقص الكهربائي الدائري.



الشكل (22) المقص الكهربائي الدائري

كيف يتم التحكم بجودة القص في المقص الدائري؟

- قطر المقص الدائري
- سرعة المحرك الدائري.

2-1-5-3-المقص الكهربائي الرأسي

تكون أداة القص الرئيسية عبارة عن سكين رأسية تتحرك عن طريق موتور كهربائي بحركة ترددية للأعلى والأسفل ويقوم العامل بتحريكها على خطوط البترون المرسومة. والشكل (23) يوضح الشكل العام للمقص الكهربائي وهو النوع الأكثر شيوعاً واستخداماً.



الشكل (23) المقص الكهربائي الرأسي

ويتم التحكم بجودة القص: - شكل حافة السكين

- نوعية سكينه القص (خشن - ناعم) ونوع المادة المصنوع منها.
- سرعة ضربات المقص.
- سرعة القص أفقياً.

وتختلف أبعاد المقص الدائري حسب الاستخدام كما هو موضح في الجدول (2)
الجدول (2) مقاسات السكين الدائري

مقاس المقص	الاستخدام
مقص دائري مقاس 2.5	تستخدم لقص طبقة واحدة كقص العينات والبالات أو الملابس الخاصة
مقص دائري مقاس 4	يستخدم في قص الرصة التي لا تتجاوز ارتفاعها 2.5 سم لأنها تعطي دقة في القص

2-5-1-4-المقص الآلي

وهو أداة حديثة يعتمد على التعليمات القادمة من برنامج حاسوبي يحتوي على البتروم الموجود حيث يتلقى الأوامر ويقوم بالتنفيذ تلقائياً دون أي تدخل. وهو عبارة عن آلية بسيطة يتم توضيحها بالشكل (24) ويتكون من:

1- طاولة قص خاصة مزودة بطبقة من الشعيرات من مادة بلاستيكية لا تتأثر بسكينه القص

2- جهاز قص أوتوماتيك يتحرك وفق مسارين x و y ويعطي حركة ترددية لسكينه القص بواسطة كامات محددة ويوجد ضمن رأس المقص الآلي حجري جليخ يقوم بجليخ السكينه بشكل منتظم خلال عملية القص وذلك لضمان عدم حدوث أخطاء وعيوب أثناء عملية الجليخ.

3- جهاز لتثبيت فرشاة القماش يقوم بمد طبقة من البلاستيك الشفاف البولي ايثيلين على وجه القماش لإتمام عملية التثبيت مع وجود شفط هوائي.

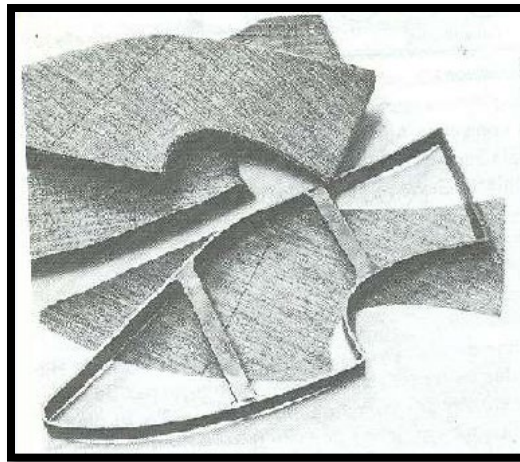
4- لوحة الكترونية مرتبطة براسم الماركر.



الشكل (24) المقص الكهربائي

2-5-1-5-القص بالقوالب Fabric Die Cutting Machine

القوالب عبارة عن سكين على شكل محيطات لأجزاء النموذج المختلفة موضحة بالشكل (25) وهي اقتصادية بالنسبة للأجزاء الصغيرة. ومن ميزات هذه الآلة: أنها تستخدم في قص الأجزاء الصغيرة مثل الجيوب وأجزاء الملابس الداخلية الصغيرة، وسرعة قص أكبر من القص بالسكين لنفس العمق مع دقة عالية في القص. أما عيوب هذه الآلة: هي أنه لا يمكن سن القوالب المستخدمة فيها، ويوجد أنواع منها يمكن سنها لكنها غالية الثمن.



الشكل (25) قوالب القص

أنواع آلات القص بالقوالب

1- مكبس القالب الهيدروليكي: وهو يحتوي على ذراع قص مدعم بواسطة عمود في نهاية الآلة وهو يدفع بقالب القص المعدني عبر طبقات الرصة، وبالنسبة لضربة القص للرصة يجب التحكم فيها جيداً بحيث تصل الى آخر طبقة من الرصة دون ان تخترق وسادة القص ويوضح الشكل (26) مكابس الضغط الهيدروليكية



الشكل (26) مكابس الضغط الهيدروليكي

2- القوالب التصادمية الضاغطة: يتم وضع كتل القماش فوق المنضدة القص، وضع القالب فوق القماش، ومن ثم إنزال المكبس، وأخيراً رفع الكتلة المقصوفة وكذلك القصات ويوضح الشكل (27) القوالب التصادمية الضاغطة



الشكل (27) القوالب التصادمية الضاغطة

2-5-2-2 الأساليب الحديثة للقص

وظهرت أجيال متطورة لجهاز القص الحاسوبي حيث تم استبدال سكينه القص الصلبه بنظم جديدة مختلفة حسب الحاجة:

2-5-2-1-2 أجهزة قص باستخدام الليزر Fabric Laser Cutting Machines

آلية القص هي شعاع من الليزر بدلاً من السكين، بحيث يتم إنتاج الليزر على شكل شعاع يركز في نقطة صغيرة جداً (0.25 مم) لإنتاج طاقة عالية تقوم بزيادة موضعية في درجة الحرارة، وتتم عملية القص عن طريق الحرق والتذويب. ولكن مثل هذه الأجهزة تستخدم لقص طبقتين كحد أقصى وهذا هو العيب الوحيد في هذا النوع من الأجهزة وهي موضحة بالشكل (28)



الشكل (28) آلية القص بالليزر

2-5-2-2-2 أجهزة القص بالبلازما Plasma Cutting Machines

تعرف البلازما بانها غاز مؤين جزئياً أو كلياً له عدد متساوي تقريباً من الجسيمات موجبة وسالبة الشحنة. وتعتبر البلازما الحالة الرابعة للمادة فهي ليست غازية أو سائلة فإن خصائصها مماثلة لخصائص كل من الغازات والسوائل يمكن أن تتدفق البلازما مثل السائل. وعادة ما يتم استخدام الهيليوم والأرغون والأكسجين والنيتروجين والهواء ومخاليط من النيتروجين/الهيدروجين والأرغون. أما عملية القص في آلة البلازما الموضحة بالشكل (29) فهي تتم باستخدام شعلة البلازما حيث يتم ضخ غاز خامل غالباً يستخدم الهواء المضغوط بسرعة عالية من الفوهة وفي نفس الوقت يتم تشكيل قوس كهربائي من خلال هذا الغاز من الفوهة الى السطح الذي يتم قطعه مما يؤدي الى تحويل بعض هذا الغاز الى بلازما. ويتم التحكم في هذه المشاعل بواسطة الحاسب وتقطع حتى سمك 150 مم البلازما ساخنة لدرجة كافية لإذابة المادة المراد قطعها.



الشكل (29) آلية القص بالبلازما

2-5-2-3 آلات القص باستخدام الموجات فوق الصوتية Ultrasonic Fabric Cutting Machine

يتم استخدامها في الأقمشة المنسوجة وغير المنسوجة، وظهر هذا الأسلوب كحل بديل للقص، وتمتاز هذه الآلية بمستوي عالٍ من الدقة والجودة بحيث تضمن نهاية نظيفة دون تلف أطراف القماش وكأمثلة لها في الأقمشة المنسوجة الأشرطة - الأحزمة، وفي الأقمشة غير المنسوجة مثل المرشحات، الأقنعة الواقية للوجه. ويوضح الشكل (30) آلات القص باستخدام الموجات فوق الصوتية.



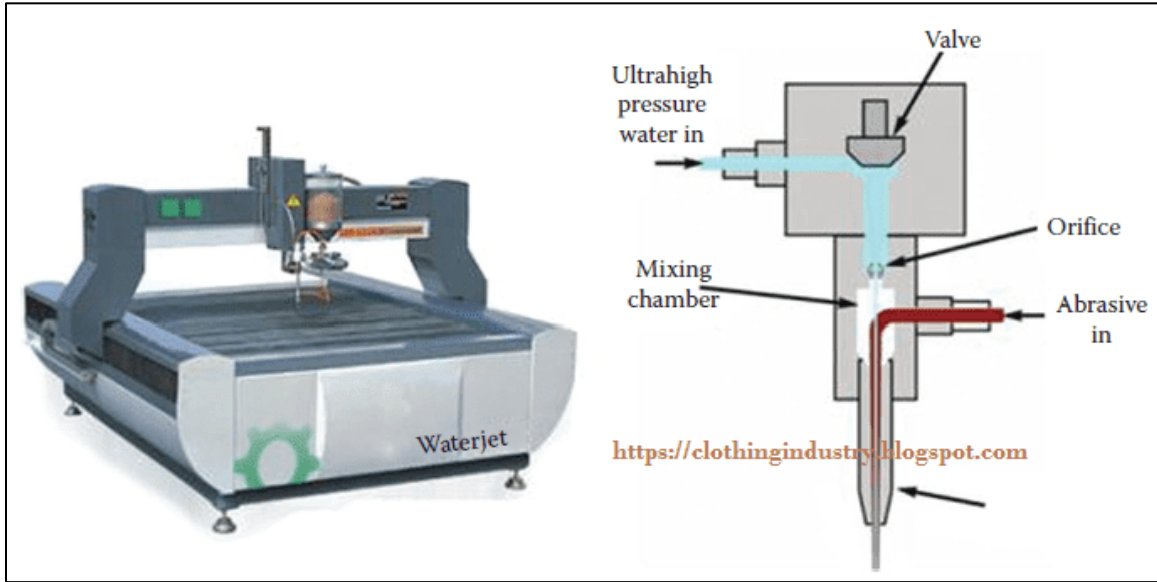
الشكل (30) آلات القص باستخدام الموجات فوق الصوتية

ومن ميزات هذه الآلية: عملية القص تتم بدقة وجودة عالية، وتعطي نظافة مثالية عند القطع، ولا تحتاج إلى مواد استهلاكية أو لاصقة مثل الغراء، صيانتها بسيطة، وتعتبر هذه العملية عملية صديقة للبيئة بالمقارنة بالطرق الأخرى.

2-5-2-4 أجهزة القص باستخدام الماء

تتم عملية القص بواسطة هذه الأجهزة عن طريق توليد تيار ماء عالي السرعة بقطر صغير وضغط عالي كما هو موضح بالشكل (31) وتكون وسيلة القص هي نفث الماء عالي الضغط لقص القماش عن طريق تمزيق

الألياف عند الاصطدام، وعندما تخترق المياه النفاثة طبقات القماش تقل الطاقة وبالتالي تقل القدرة على القص، وتصبح نقطة القص أوسع في الطبقات السفلى مما يسبب حدوث مشاكل في اكتشاف الحواف الرطبة وجود قطع غير متسقة.



الشكل (31) آلية القص باستخدام الماء

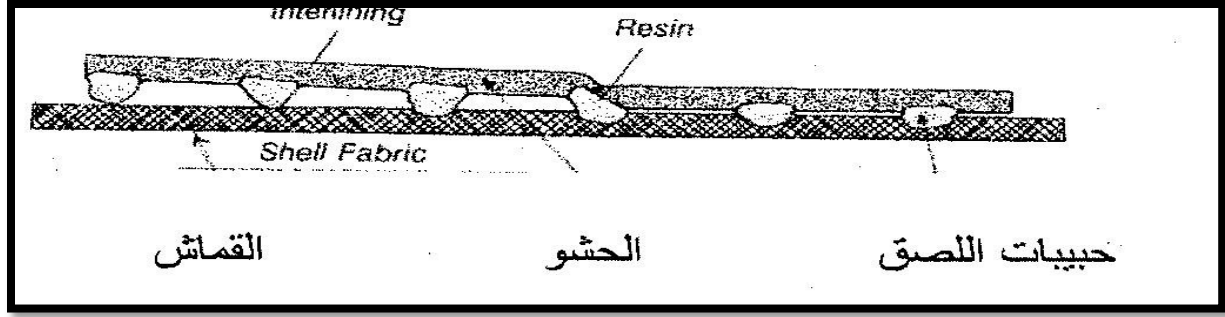
2-5-3- العيوب الشائعة في عملية القص

- 1- حدوث نقص أو زيادة في القصة وهذا يعتمد اعتماداً كلياً على مهارة العامل.
- 2- قد يكون ارتفاع الرصة لا يتناسب مع قوة المقص المستخدم وبهذه الحالة نلجأ إلى تقليل عدد الطبقات.
- 3- في الأقمشة الممزوجة والتي تحتوي على خيوط صناعية قد يؤدي الاحتكاك بينها وبين سكينه القص مما يزيد الحرارة والكهرباء الساكنة وعادة لتقادي حصول ذلك يتم الحرص على التزييت الدائم لسكينه القص.
- 4- حدوث كسرات للبترول أثناء عملية الانشاء بحيث تتسبب هذه التكسيرات إلى حدوث نقص في الجزء الواقعة فيه.
- 5- حدوث تغير في الأبعاد نتيجة الشد غير المناسب أثناء فرد القماش.

2-6- آلية حشو القماش

تستخدم أقمشة الحشو اللاصق لتقوية بعض أجزاء المنتج وإعطائه المظهرية الجيدة، ومن أجل مراعاة المظهرية الجيدة للملابس التي تحتوي على حشوات داخلية يجب الاهتمام بالطريقة المستخدمة للصق الحشوة بحيث نحصل على حشو جيد ومنتظم عند جميع النقاط حتى لا تظهر عيوب انسلاخ الحشو من القماش في بعض النقاط وحدث تكسير بالقماش ومظهرية سيئة للمنتج بعد تنظيفه ويوضح الشكل (32) المفهوم العام لعملية اللصق. يتم تحميل الآلة بالأجزاء المطلوب لصقها وتوضع على حصيرة الآلة التي تتحرك أفقياً لتوضع بين مكبس العلوي والسفلي والموجود بها السخانات الكهربائية حتى يتم اللصق كالتالي:

- 1- الضغط يقع على الأجزاء رأسياً ومرة واحدة على جميع النقاط وجهاز الضغط يعمل هيدروليكيًا.
- 2- بعد خروج القطع من المكبس يتم تركها فترة للتبريد قبل رفعها.



الشكل (32) مفهوم لصق الحشو

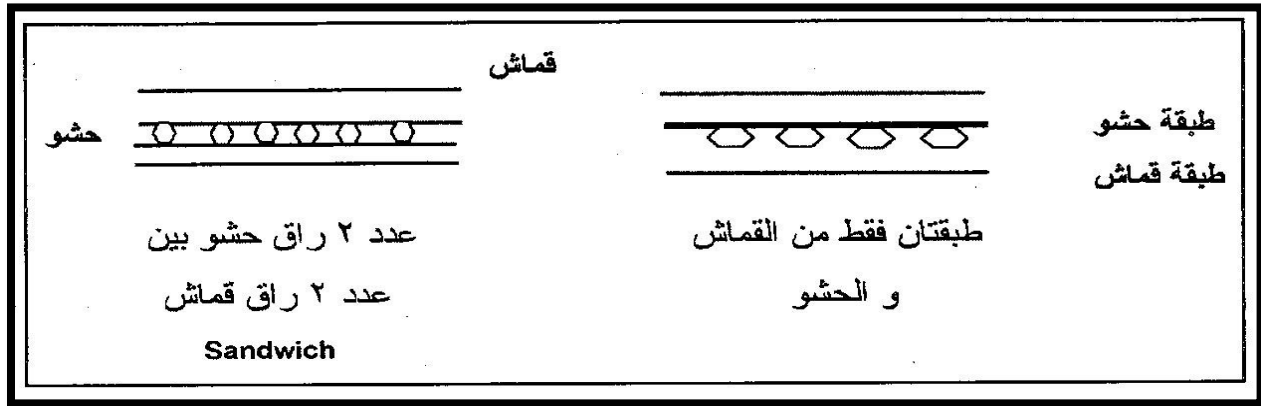
أجزاء الآلية

1- منصة تحميل الأجزاء Loading station

وهو الجزء الأول من الآلة يتم وضع الأجزاء المراد لصقها على المنصة ويتم ذلك وفق نظامين:

1- نظام المفرد أي وضع طبقة قماش عليها طبقة من الحشو اللاصق.

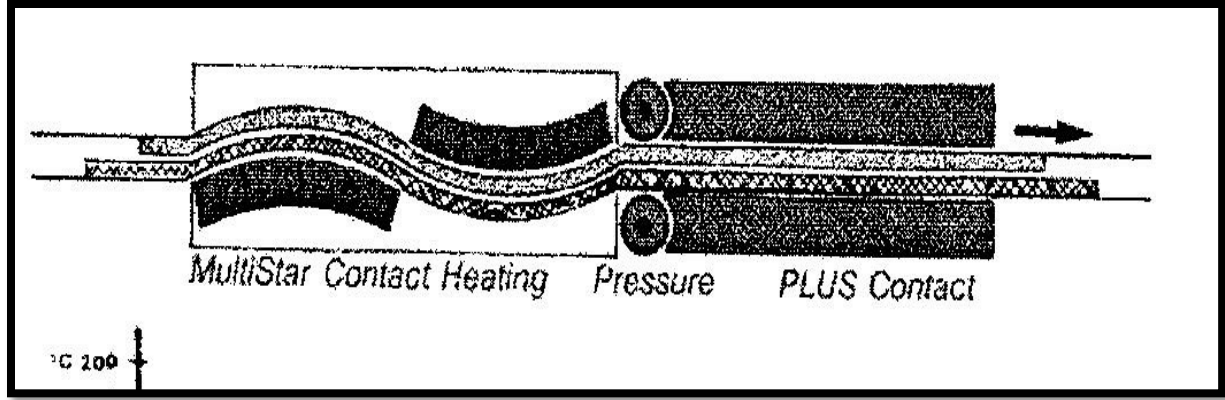
2- نظام الساندويش يتم وضع طبقتان من الحشو بين طبقتان من القماش ويوضح الشكل (32) أنظمة تحميل الأجزاء.



الشكل (33) أنظمة تحميل الأجزاء

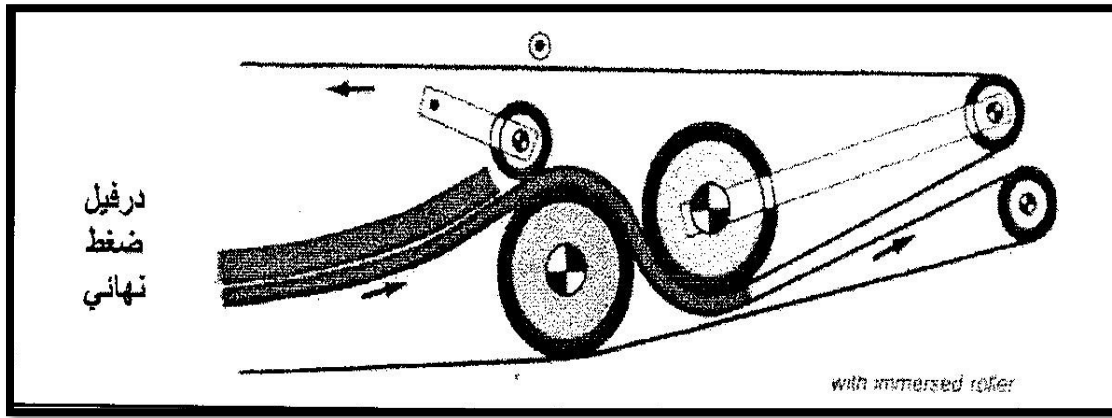
2- منطقة السخانات Heating System

تتكون هذه المنطقة من: سخان علوي وسخان سفلي متقابلان تمر بينهما الطبقات المراد لصقها من الحشو والقماش بهدف رفع درجة حرارة المادة اللاصقة إلى درجة الانصهار بشكل تدريجي، وهي الطريقة أفضل للحفاظ على الأقمشة، ويوضح الشكل (34) منطقة السخانات.



الشكل (34) منطقة السخانات

3- منطقة الضغط Pressure System يتم الضغط باستخدام درافيل دائرية مغطاة بالكاوتشوك عدد 4، زوجان منها للضغط الابتدائي وزوجان للضغط النهائي ويتم ضبط ضغط كل منهما على حدى -0 N/cm^2 ، وتكون الدرافيل تكون مغطاة بمادة من السيليكون المطاطية وبنسبة صلابة تعطي شريط من الضغط المنتظم على القماش ووجود هذه النظام يمنع حدوث كرمشة للقماش وخاصة في حال الأقمشة التي تتمتع بنسبة امتطاطية، ويوضح الشكل (34) منطقة الضغط.



الشكل (35) منطقة الضغط

4- منطقة التبريد Cooling Station

يمر السير الحامل للقطع المحشوة على مبرد يعمل بالهواء أو الماء لإجراء عملية خفض لدرجة حرارة الأجزاء قبل أن يتم تداولها يدوياً.

5- منطقة الرص Stacker Station

يوجد ضاغط أوتوماتيك في نهاية الماكينة وبعد منطقة التبريد لالتقاط الأجزاء ورصها على شكل وجبات مع بعضها.

يتكون السير الناقل على كامل الآلة من مادة التيفلون حتى يستطيع تحمل درجات الحرارة العالية ولا يتأثر بالمادة اللاصقة ويمر على درافيل صغيرة من أجل إجراء عملية مسح وتنظيف له من المواد اللاصقة التي تتسرب من خلال عملية لصق الحشو.

2-6-1- بارامترات اللصق الجيد

1- درجة الحرارة

يتم ضبط درجة الحرارة لكل سخان على حدى بواسطة ثرموستات بدقة 1% بحيث تتراوح درجة الحرارة بين 160-200 درجة مئوية حسب نوع القماش المستخدم، ويتم صهر المادة اللاصقة بواسطة انتقال الحرارة من السخان العلوي إلى الحشو والسخان السفلي ومنه إلى القماش، والسخانات مزودة بعوازل لمنع تسرب الحرارة بعده طبقات عازلة وبالتالي توفير 40% من الطاقة ويقل من درجة حرارة سطح الآلة بنسبة 45%.

2- الضغط

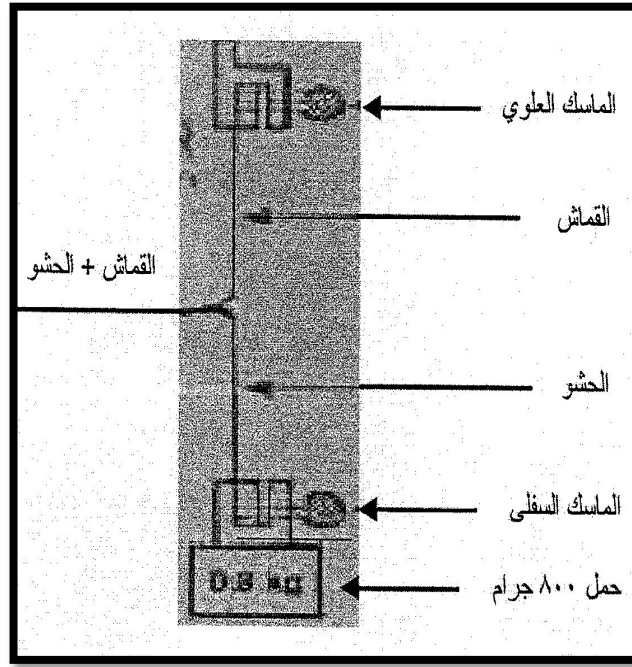
يوجد مؤشرات للضغط يوضح كل منهما الضغط الابتدائي والضغط النهائي، والمراقبة الجيدة لهذه المؤشرات يضمن الحصول على عملية لصق جيدة.

3- الزمن

وهو الزمن اللازم لعملية اللصق ويتم تحديد بداية من 5 ثواني حتى 32 ثانية.

2-6-2- اختبار قوة اللصق بين الحشو والقماش

يتم استخدام جهاز قوة شد يدوي لضبط قوة اللصق بين الحشو والقماش، ويستخدم في هذه الاختبار 5سم شريط من القماش بعد لصقه مع الحشو كما هو موضح في الشكل (36) ويتم تحميل العينة بحمل 800 g وإجراء الاختبار، وهذا الاختبار ضروري للتأكد من سلامة اللصق الذي يمكن ان يتأثر بوجود مواد تجهيز مثل مواد التطرية.



الشكل (36) جهاز اختبار لصق الحشو

2-6-3- أساسيات عملية لصق الحشو:

- 1- وجود سخانات بالماكينة لرفع درجة حرارة المادة اللاصقة سواء كانت البولي ايثيلين أو بولي أميد إلى درجة الانصهار تدريجياً.
- 2- وجود نظام جيد لتوزيع ضغط منتظم على الحشو والقماش في جميع النقاط لضمان حدوث لصق جيد.
- 3- وجود نظام زمني قابل للتعديل لتحديد زمن الصهر والضغط اللازم حسب المادة اللاصقة المستخدمة.
- 4- وجود نظام تبريد يعطي الفرصة لخفض درجة حرارة الحشو مع القماش بعد اللصق ليسهل عملية نقل القماش بعد اللصق.

2-7- التقييم

يتم تقييم الأجزاء من أجل ضمان خياطة وتجميع جميع مكونات القطعة الواحدة من نفس طبقة القماش، وكذلك من أجل تجنب وجود اختلاف الظل في الثوب الواحد، وذلك كون أنّ مكونات القطع الملبسية يمكن أن تمر على مراحل تجهيز أخرى مثل الطباعة، والتطريز وغيرها، وبالتالي يوجد إمكانية كبيرة لخلط الأجزاء مع بعضها. وبالتالي فإنّ عملية الفحص للتأكد من خياطة المكونات الصحيحة فقط مع بعضها.

2-8- مرحلة الخياطة والتجميع

خط الخياطة هو الترتيب المتسلسل لآلات الخياطة حسب العمليات التي ينطوي عليها نمط معين من الملابس. تخطيط الملابس يوجه تدفق المواد والعمل في العملية من البداية حتى اكتمالها ويدمج مناولة المواد والمعدات. يمتلك التصميم الفعال المرونة التي يجب تغييرها للوفاء بمتطلبات خط الإنتاج وجداول التسليم والحجم المتوقع. السلامة هي الاعتبار الرئيسي في تخطيط خط الخياطة. يجب أن تؤخذ العوامل التالية في الاعتبار أثناء تخطيط قسم الخياطة:

- تقليل تكلفة التصنيع.
- تغذية المواد وقطع الغيار بأقصى سرعة ممكنة وفي اتجاه واحد دون أي تراجع أو تداخل في تدفق المنتجات / المواد.
- تقليل نقل العمل بين العمليات من قبول المواد الخام حتى تسليم المنتج النهائي بمساحات محددة بشكل صحيح لكل عملية.
- الحد من الاختناقات للحفاظ على تدفق سلس للمواد بهدف ضمان المنتجات المناسبة بالكمية المناسبة من الجودة الصحيحة

قبل البدء بعملية تجميع القطع وخياطتها للحصول على المنتج النهائي يتم إجراء دراسة عمل مع تحليل عناصر التكلفة المبدئية، والقصود بإجراء دراسة العمل هو وجود فريق عمل لدراسة وتحديد الوقت الزمني اللازم لكل عملية وأداء الحركة على الماكينات ثم اجراء التوازن اللازم للعمليات وذلك من أجل تحقيق الاستفادة القصوى من طاقة الماكينات وتحديد العدد اللازم من الماكينات لكل عملية إنتاجية، ويجب قبل البدء في الدراسة التأكد من سلامة وتصميم مكان العمل وإعداده من أجل تحقيق أفضل أداء وكمحلة أخيرة يتم تحديد الزمن

اللازم لتنفيذ العملية الإنتاجية وهذه خطوة هامة جداً من أجل تحديد الحركات اللازمة لكل عملية والزمن الخاص بها (Cordeiro D., 2021). ويتم تصميم جدول خاص بتوازن العمليات بعد تحديد زمن كل عملية وبالتالي تحديد عدد الماكينات اللازمة ونسبة استخدام الماكينات وعدد العمال والزمن اللازم المتوقع لإنجاز القطعة كما هو موضح بالشكل (37)

عدد الماكينات والعمال - ٢٢ ماكينة															موديل : جاكيت
															الزمن الكلي : ٢٢٩٦ ثانية
															عدد العمال : ١٥
															كثافة الخط : ١٠٠%
الرقم	اسم العملية	الماكينة والدليل	الزمن	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
١	سرفلة موسرة الجاكيت	504	٨٥												
٢	كس الموسرة اول دور	Iron	١٥٠												
٣	دز الموسرة مع تثبيت جبرو الباقية	301	٢٤٠												
٤	كس الموسرة قبل نيشان الجيب	Iron	٨٥												
٥	لمسح حشو داخلي فوق غطاء الجيب الشمال	Iron	١٠٠												
٦	تصميم عدد ٢ غطاء جيب صدر	Press	٧٠												
٧	تحضير عدد ٢ غطاء جيب صدر	301	١٢٢												
٨	قلب عدد ٢ غطاء جيب صدر	Manual	٤٦												
٩	تعريض غطاء الجيب قبل التركيب	Manual	٤٦												
١٠	دز غطاء الجيب	301-301	١٥٠												
١١	كس عدد ٢ غطاء الجيب	Press	٤٦												
١٢	نيشان عدد ٢ جيب صدر	Man. (JIG)	١٢٠												
١٣	ثني الحرف العلوي لجيب الصدر	Iron (JIG)	٥٠												
١٤	كس جيب الصدر	Iron (JIG)	١٢٠												
١٥	خياطة عدد ٢ حرف علوي لجيب الصدر	301	٧٥												
١٦	تركيب جيب الصدر	301-301	٤٠٠												
١٧	تركيب غطاء الجيب	301	١٢٠												
١٨	دز غطاء الجيب بعد التركيب	301-301	٢٠٠												
١٩	كس الجيب بعد التركيب	Press	٦٠												
اسم العملية :															
الإنجاز :															
الاجور الاساسي :															
الاجور الإضافي :															
نسبة الاجر الإضافي :															
رقم العملية :															

الشكل (37) دراسة عمل لخط جاكيت

في أنظمة التصنيع التقليدية تقوم المنشآت بتصميم مكان العمل بحيث تكون الآلات المتشابهة في مجموعات مع بعضها وهذه الطريقة في تصميم المصنع تتطلب أن يتحرك الإنتاج تحت التشغيل من مجموعة من الآلات إلى أخرى بشكل متكرر خلال المصنع أو حتى إلى مبنى آخر، مما يؤدي إلى زيادة تكاليف مناولة المواد، وتكوين مخزون إنتاج تحت التصنيع كبير وتأخير غير ضروري، فالمصنع التقليدي يقوم بمهام إنتاجية متعددة ومزيج إنتاجي واسع غير متجانس، احياناً تكون النتيجة هي عدم القدرة على المنافسة بنجاح. أما في نظم الإنتاج الحديثة فإن كل الآلات اللازمة لتصنيع منتج معين غالباً توجد مع بعضها على شكل خلايا تصنيع في موقع واحد. وهذه الطريقة في ترتيب الآلات في المصنع تخلق مصنعاً صغيراً متمركزاً لكل منتج على حده داخل المصنع الكبير مما له انعكاس على تكلفة المناولة تخفيض التكاليف.

3 الفصل الثالث: الذكاء الصناعي (الخوارزميات الجينية)

3-1 تمهيد في الذكاء الصناعي

ظهرت تكنولوجيا الذكاء الصناعي نتيجة للتقدم العلمي الهائل والتسارع الذي تشهده التكنولوجيا في ظل الظروف الراهنة، حيث ركزت التجارب في الذكاء الصناعي بشكل تقليدي على محاولة تكرار تصرفات الإنسان (وهو أدكى الكائنات الحية) وتطبيقها في مجال البرمجيات، وقد استطاعت هذه المقاربة نوعاً ما أن تحقق نجاحاً ملحوظاً. ويُعرف على أنه علم يحتوي على برامج حاسوبية تتمتع بخصائص معينة تجعلها تحاكي القدرات الذهنية البشرية، ومن أهم هذه الخصائص القدرة على التعلم، بحيث تصبح لدى الحاسوب المقدرة على حل المشكلات واتخاذ القرارات بأسلوب منطقي ومرتبّ وبنفس طريقة تفكير الدماغ البشري.

3-2 أصناف الذكاء الصناعي

يمكن تصنيف الذكاء الصناعي تبعاً لما يقوم به من قدرات إلى ثلاث أنواع مختلفة: (MIRA A., 2019)

3-2-1- الذكاء الصناعي المحدود

ويتم في هذا النوع القيام بمهام محدودة وواضحة كالسيارات ذاتية القيادة وعربات المناولة في الشركات التي تساعد في العملية الإنتاجية وأنظمة مراقبة المنتجات حيث تكون محصورة بقيود معينة لا تستطيع الخروج عنها

3-2-2- الذكاء الصناعي العام

وهذا النوع يمكن أن يعمل بقدرات تشابه إلى حدٍ ما قدرة الانسان من حيث التفكير، إذ أنه يركز على جعل الآلة قادرة على التفكير والتخطيط بشكل مشابه للتفكير البشري، وتعد الشبكات العصبونية طريقة من أكثر الطرائق شيوعاً واستخداماً، وذلك لأنّ نظامها مشابهاً للشبكات العصبية التي يحتويها جسم الانسان.

3-2-3- الذكاء الصناعي الفائق

وهو الذكاء الذي يفوق مستوى ذكاء البشر، والذي يستطيع القيام بالمهام الموكلة إليه أفضل مما يقوم بها الانسان المتخصص ذو الخبرة. إن اختراع تقنيات الذكاء الصناعي فتح أبواباً جديدة وشكل قفزة نوعية في علوم الحاسوب وهذا ما أدى إلى تنوع تعاريف الذكاء الصناعي وتعددتها، لكن مهما اختلفت تعاريف الذكاء الصناعي، فإن المضمون واحد وجوهره هو الخبرة والمعرفة والذاكرة، فكل تطبيقاته تتمحور حول مفهوم الأمثلة (Optimization) ومعرفة الحل الأنسب للمشاكل المطروحة بطريقة فعالة. وتُعرف الأمثلة على أنها عملية معالجة مسألة ما بطريقة مضبوطة بهدف التوصل إلى أفضل النتائج الممكنة، وبدأت الحاجة إلى استخدامها عند طرح مشكلات معقدة، وغير قابلة للحل بالطرق الحسابية وذلك كونها ذات مخرجات معقدة. وانطلاقاً من

أهميتها في حل المشاكل، تعد الأمثلة من أهم فروع علم الحاسوب، والهندسة والعديد من الأنظمة الأخرى، والتي تعددت وسائل تطبيقها وتطورت مع الزمن، وصولاً إلى تقنيات التطور (Evolutionary Strategies) والخوارزميات الجينية (Genetic Algorithm) اللتان أصبحتا معاً تشكّلان ما يسمى الحوسبة التطورية. (Evolutionary Computation)

وبسبب الدافع المستمر لتحسين أداء النظم الحاسوبية، بدأت الحوسبة التطورية تتصدر اهتمامات الباحثين وعلى وجه الخصوص الخوارزميات الجينية مما جعلها حلاً مناسباً من أجل حل بعض مسائل الأمثلة التي لم يكن من الممكن حلها بزمّن معقول باستخدام بقية الطرق التقليدية.

3-3 تطبيقات الذكاء الصناعي

3-3-1- الأنظمة الخبيرة

هو "برنامج حاسوب مصمم لنمذجة الخبرة لدى الإنسان في حل المشكلات " ولكي يستطيع النظام الخبير إنجاز هذا الهدف لابد أن يكون لدى النظام كل من قاعدة المعرفة (والتي تعرف بأنها المعرفة المتخصصة لمجال الخبرة المتراكمة التي يقوم بتجهيزها الخبير) وآلية الاستدلال (وهي عبارة عن عملية معالجة تقوم بالتقريب بين المعلومات المتاحة من المشكلة المعطاة مع المعرفة المخزنة في قاعدة البيانات ومن أهم خواص هذه الأنظمة:

- استخدام أسلوب مقارن للأسلوب البشري في حل المشكلات.
- تتعامل مع الفرضيات بدقة وسرعة عالية وبشكل متزامن.
- وجود حل مخصص لحل كل مشكلة ولكل فئة متجانسة.
- يتطلب بناؤها كماً هائلاً من المعارف الخاصة.
- تعالج البيانات من خلال عمليات التحليل والمقارنة الشخصية.

3-3-2- الشبكات العصبونية Artificial Neural Networks

وهي إحدى تطبيقات الذكاء الاصطناعي حيث تمثل جوهرها بعملية محاكاة البيانات للوصول إلى نموذج لها بغرض التحليل أو التصنيف أو التنبؤ دون الحاجة إلى نموذج مقترح لهذه البيانات وذلك بأسلوب يحاكي الشبكة العصبية "النظام العصبي البشري". وتستعمل الشبكات العصبية الاصطناعية في العديد من المجالات منها:

التنبؤ، الهندسة، الطب، بحوث العمليات وإدارة المخاطر وغيرها... الخ. (Ashour M. A., 2020) وتعد الشبكات العصبية الاصطناعية ANN حالة ذكية من نظرية الشبكات (وهي دراسة العلاقات بين المتغيرات عن طريق الرسم البياني الممثل بالعقد والحواف) في عملية التعلم على نموذج البيانات وخزن وبث المعلومات في الشبكة العصبية الاصطناعية. وهناك عدة تعاريف للشبكات، سيتم طرح التعاريف المعتمدة بالآتي:

- عرف العالم Nilsson الشبكات العصبية على انها نظام حسابي مكون من عدد من وحدات المعالجة Processing units المترابطة فيما بينها وتتصف بطبيعتها الديناميكية والمتوازية في معالجة البيانات الداخلة اليها.

- عرف العالم Nigrin الشبكة العصبية في عام 1993 على انها دائرة مؤلفة من عدد كبير جدا من عناصر المعالجة النشيطة التي تعتمد النظام العصبي. كل عنصر يعمل فقط على المعلومات المحلية وإضافة لذلك كل عنصر يعمل بشكل غير متزامن ولذلك ليس هنالك نظام شامل على مدار الساعة.

3-3-3 التعلم الآلي Machine Learning

من أجل الوصول إلى الذكاء البشري فليس الأصل محاكاة ذلك الذكاء ولكن معرفة آلية التعلم عند البشر ومن ثم السعي نحو الذكاء، فكما يتعلم الإنسان القراءة والكتابة بالتدريج، وينتقل بالقراءة من الكتب البسيطة إلى الكتب الصعبة، وهذا ما يمثله جوهر التعلم الآلي، تغذية خوارزمية بالكثير من البيانات والسماح لها بمعرفة الأشياء. تحتاج خوارزميات التعلم الآلي إلى التدريب على كميات كبيرة من البيانات، وكلما زاد عدد البيانات التي توفرها للخوارزمية، كان ذلك أفضل (Thakur V., 2021).

3-3-4 الخوارزمية الجينية

تعد الخوارزمية الجينية Genetic Algorithm أحد أساليب الذكاء الصناعي، إذ برزت أهميتها في حل المسائل المعقدة، فهي تمتلك كماً هائلاً من الحلول البديلة، والحل الناتج من تطبيق الخوارزمية الجينية في أغلب الأحيان يكون حلاً قريباً إلى الحل الأمثل. فهي تعتمد على آلية الانتقاء الطبيعي ونظام الجينات الطبيعي وأفكار الهندسة الوراثية التي تهتم بتكوين أفراد ذوي صفات جيدة، وعلى هذا الأساس تقوم الخوارزمية الجينية بانتخاب الحلول الأفضل من بين عدد كبير من الحلول، وإجراء تداخلات وتبديلات بين هذه الحلول من أجل تكوين الحل الأفضل (Shaban R., 2008).

3-4-4 مفهوم الخوارزميات الجينية

3-4-1-4 المفهوم البيولوجي للخوارزميات

كل الكائنات الحية تتألف من خلايا، حيث يوجد في كل خلية نفس مجموعة من الكروموسومات، وهي عبارة عن سلاسل من DNA وبالتالي فهي بمثابة نموذج يمثل الكائن كله. يتألف كل كروموسوم من عدد من الجينات، وبشكل أساسي يمكن القول أن كل جين يرمز لصفة معينة في الكائن الحي وكمثال على ذلك لون العينين، ولكل جين ضمن الكروموسوم موقع خاص به ويدعى هذا الموقع ب locus. تدعى المجموعة الكاملة من المادة الجينية (أي كل الكروموسومات) بالجينوم genome وتدعى مجموعة محددة من الجينات ضمن الجينوم بالجينوتايب genotype الذي يتحول بدوره في الكائن الحي إلى فينوتايب phenotype، الذي يمثل بدوره الخواص الفيزيائية المدركة في الكائن الحي، مثل لون العينين، الذكاء..... الخ (Hermawanto D., 2013)

3-4-2-4 المفهوم العام للخوارزمية الجينية

ركزت التجارب في الذكاء الصناعي بشكل تقليدي على محاولة تكرار تصرفات الإنسان (أذكى الكائنات الحية) وتطبيقها في مجال البرمجيات، وقد استطاعت هذه المقاربة نوعاً ما أن تحقق نجاحاً ملحوظاً، لكن عملية المحاكاة السابقة للسلوك البشري، كانت محدودة نوعاً ما، حيث وقفت عاجزة عن حل بعض المسائل التي يعرف معظم الناس حلها مسبقاً (Yang X., 2021)، ومن هنا بدأت تظهر فكرة الطرائق الذكية الحاسوبية التي زودت الحاسب بإمكانية حل المسائل المعقدة دون الاعتماد على خبرة الإنسان مثل الحوسبة التطورية، وإنما حاولت الاستفادة من آلية التطور وتحويلها لنموذج حاسوبي كإجرائية للأمثلة، فكما في الطبيعة، فإن عملية التطور في الكائنات الحية تهدف للتكيف مع البيئة المحيطة بهدف النجاة، فعملية التطور تتجه دوماً نحو ما هو أمثل وأفضل للكائن الحي، ومثال عليها تطور الزرافات بحيث استطالت أعناقها لتستطيع الوصول لغذائها المتمثل في أوراق الأشجار العالية إذ أن البقاء للأقوى. ولم تلبث الأفكار السابقة حبسية المختبرات، حيث تم فعلياً طرح فكرة الخوارزميات الجينية التي هي جزء من الحوسبة التطورية، بشكل رسمي في الولايات المتحدة عام 1970 من قبل بروفيسور في علوم الحاسب يدعى John Holland's وقد كان قد بدأ بالعمل عليها منذ بدايات الستينيات، وكان هدفه تطور فهم إجرائية التطور الطبيعية وتصميم نظم صناعية لها مميزات مشابهة للنظم الطبيعية (Affenzeller M., 2009) بهدف تطوير العمليات الإنتاجية وذلك عن طريق التعبير عن المشكلات بواسطة سلاسل ثنائية.

وعرف الخوارزمية الجينية على أنها خوارزمية للبحث، تبدأ بعشوائية وتتسق تدريجياً، وصولاً إلى الحل الأمثل الذي يحقق الهدف المرجو. فعند محاولة حل مشكلة ما، يكون لدينا عدد من الحلول المقترحة المبنية على آراء القائمين على العمل وغالباً تكون حلول عشوائية وليست مثالية، ولكن في حال تم مكاملة هذه الحلول مع بعضها يصبح بالإمكان الحصول على الحل الأمثل. (Omran K., 2021) وبالتالي أي اجتماع لعدد من الحلول معاً سيكون الحل الأمثل مبعثراً فيما بينها وبآلية دمج معينة لهذه الحلول سيتم توليد الحل الأمثل في أي لحظة.

3-5 خصائص الخوارزمية الجينية

- (1) تعمل الخوارزمية الجينية مع ترميز مجموعة البارامترات، وليس البارامترات نفسها ويتم بعد ذلك ترجمة الرموز للحصول على الحلول المقترحة (Roetzela W., 2020).
- (2) تبدأ الخوارزمية الجينية بحثها من مجموعة من النقاط، وليس نقطة واحدة، حيث أن بناء قاعدة صحيحة الناتجة عن مجموعة قيود شاملة للمشكلة ينتج عنها حلول مثالية للمشكلة المقترحة.
- (3) تستخدم الخوارزمية الجينية معلومات عن تابع الكفاءة بشكل أساسي، وليس المشتقات.
- (4) تستخدم الخوارزمية الجينية قواعد توالد احتمالية، وليس قواعد حتمية.

3-6 مجالات تطبيق الخوارزميات الجينية

تم تطبيق الخوارزميات الجينية في عدد كبير من المجالات، منها العلمية، المسائل الهندسية، وفي مجال الأعمال والألعاب والروبوتات... الخ. بعض التصنيفات الرئيسية التي استخدمت فيها الخوارزميات الجينية:

- 1- مسائل الأمثلة **Optimization**: بما فيها الأمثلة العددية والحسابية مثل مسألة البائع المتجول TSP، والتصميم الصناعي مثل مسائل آلة تقطيع الخشب، جدولة أعمال التسوق، أمثلة جودة الصوت والفيديو.
- 2- البرمجة الاوتوماتيكية: حيث تم استخدام الخوارزميات الجينية لتطوير برامج حاسوبية بهدف تنفيذ مهام محددة، ولتصميم بنى حاسوبية أخرى مثل شبكات الفرز sorting network .

3- تعليم الروبوتات والآلات: تم استخدام الخوارزميات الجينية في كثير من تطبيقات تعلم الآلة

(machine –learning) ومن ضمنها التصنيف، والتنبؤ.

4- النماذج الاقتصادية Economic models

تم استخدام الخوارزميات الجينية لنمذجة آليات ابتكار وتطوير استراتيجيات المزايدة، وفي مجال انشاء الأسواق الاقتصادية.

5- التفاعل بين التطور والتعلم: حيث تم استخدامها لدراسة التأثير المتبادل بين تعلم الأفراد وتطور الأنواع.

6- نماذج للأنظمة الاجتماعية: تم استخدامها لدراسة جوانب تطور النظم الاجتماعية، مثل تطور التعاون، والاتصالات، وسلوك القافلة لدى النمل. وتكون بشكل عام الخوارزميات الجينية مفيدة وفعالة في أحد الحالات التالية:

- عندما يكون فضاء البحث كبير جداً ومعقد إلى حد ما وغير مفهوم بشكل واضح.
- المعلومات، أو بالأحرى المعرفة في المجال المدروس نادرة، أو أنه من الصعب ترميز في المجال المدروس بهدف تضيق فضاء البحث.
- لا يوجد طرائق تحليل رياضي معروفة لحل المسألة.
- فشل طرائق البحث التقليدية لحل المسألة. (Jean Philippe R., 2000)

3-7 عناصر الخوارزمية الجينية

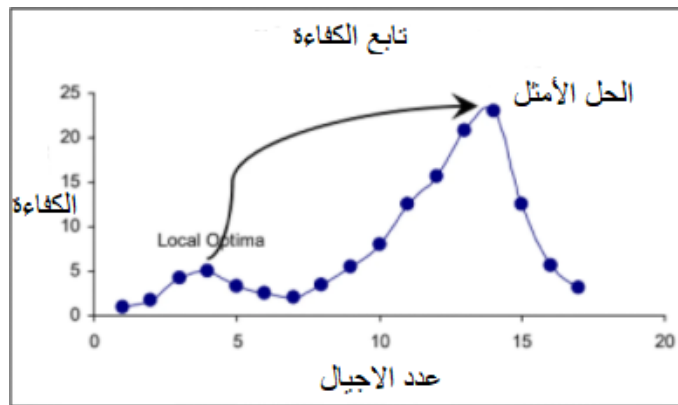
إن عملية محاكاة المفهوم التطوري البيولوجي هو إيجاد الربط بين العملية الإنتاجية وبين الخوارزمية الجينية من خلال عناصر مهمة وهي:

3-7-1- الكروموسوم

هو العنصر الأساسي في العملية الجينية ويحتوي على عدد من الجينات التي تأخذ كل منها موقعاً محدداً، وهو مخزن يتم حفظ المعلومات الجينية بداخله وهو يمثل الكائن الحي بالكامل، وهي عبارة عن سلاسل DNA التي تتشكل منها الخلية التي تقوم بدورها بتشكيل الكائن الحي. وكل كروموسوم يتألف من عدد من الجينات، وكل جين يمثل صفة معينة في الكائن الحي، ومجموعة الكروموسومات ككتلة واحدة تمثل الجينوم Genome، وهو يمثل إحدى الحلول المبدئية المقترحة والتي بمجموعها تمثل المجتمع الأولي الذي سيتم انتقاء الحل الأفضل منها عن طريق عدة عمليات سيتم عرضها لاحقاً. (Nopiah Z., 2010).

3-7-2- Fitness Function تابع الكفاءة

ويستخدم هذه التابع لتقييم الحلول، وهو يمثل الرابط الأساسي بين المشكلة والخوارزمية، ووجود مجموعة من الحلول المقدمة يتطلب آلية فعالة ومدرسة تتوجه نحو الحل الأمثل من بين مجموعة من الحلول المطروحة، حيث أن وظيفتها الأساسية أخذ كل كروموسوم لوحده وتقييم أدائه في حل المشكلات بإعطائه قيمة معينة وكلما كانت هذه القيمة كبيرة كلما كان الكروموسوم أكثر كفاءة وعملية الانتقال للجيل التالي تسمى عملية الانتقاء selection operation يوضح الشكل (38) تغيرات تابع الكفاءة بدلالة تغير الأجيال للوصول إلى الحل الأفضل. (Sourabh K., 2020)



الشكل (38) تغيرات الكفاءة بدلالة تغير الجيل

3-7-3- العمليات الجينية Genetic Operation

أهم العمليات الجينية التي تخضع لها الخوارزمية المذكورة (MIRA A., 2019):

- الانتقاء Selection

- التصلب crossover

- الطفرات mutation

3-7-3-1- الانتقاء Selection

وهو عبارة عن خوارزميات معينة، تسهم في جعل الخوارزمية تتخذ قرارها باختيار زوج الكروموسومات الأفضل لإجراء عملية التصلب، وبالتالي يعود أساس الخوارزميات الجينية إلى مبادئ الاختيار الأمثل. يوجد عدة طرائق لتحديد كيفية اختيار الكروموسوم الأمثل:

• مبدأ بولتزمان Boltzmann selection

• مبدأ عجلة الروليت Roulette wheel Selection

• مبدأ الحالة المستقرة Steady state selection

وفيما يلي شرح لمبدأ عجلة روليت

وهي عبارة عن عجلة مقسمة إلى قطاعات مختلفة المساحة بحسب قيم الكفاءة، وعند تحريك العجلة عشوائياً، فإنها سوف تستقر بحيث يدل المؤشر على أحد القطاعات. في هذه الخوارزمية، يتم الاختيار بالاعتماد على القطاع المشار إليه من قبل المؤشر، بحيث أن مساحة كل قطاع تتناسب طردياً مع قيمة الكروموسوم الممثل بهذا القطاع p_s وبالتالي الكروموسوم صاحب قيمة الكفاءة الأعلى سيحظى بالقطاع الأكبر مساحةً وبالتالي ستكون فرصة اختياره أكبر. بالاعتماد على العلاقة الرياضية التالية:

$$p_s(x) = \frac{f(x)}{\sum_{j=1}^n f(j)} \quad \text{المعادلة (3)}$$

حيث أن $f(x)$ تعبر عن قيمة تابع الكفاءة

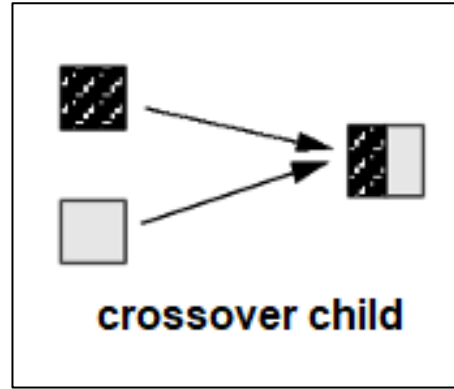
n عدد الكروموسومات

بعد تشكيل المجتمع الابتدائي، تقوم الخوارزمية الجينية بحساب قيمة كفاءة كل كروموسوم، ومن ثم قيمة الكفاءة لاختيار كل فرد من العلاقة السابقة. يتم تدوير العجلة واختيار الكروموسوم الذي أشار المؤشر على القطاع الخاص به، وبالتالي الكروموسوم صاحب قيمة الكفاءة الأعلى سيحظى بالقطاع الأكبر مساحةً وبالتالي ستكون فرصة اختياره أكبر من أجل التصلب.

3-7-3-2- التصلب Crossover

وهو مرحلة مهمة جداً كونها المسؤولة عن تجهيز المجتمع الجديد الذي بدوره يحتوي على حلول أفضل من سابقتها والذي يقترب نحو الحل الأمثل ذي تابع الكفاءة الأعلى، وهي تعتمد على إنتاج أفراد جدد انطلاقاً من

كروموسومين (صبغين) من الجيل الحالي وهو جيل الآباء لتعطي بشكل عام Two Offspring اثنين من جيل الأبناء كما هو موضح بالشكل (39)



الشكل (39) مفهوم التصالب

ويوجد عدة أساليب للتصالب حسب الترميز المستخدم:

- التصالب بنقطة واحدة Single Point Crossover

يتم في هذا النوع تحديد نقطة تصالب واحدة، ومن ثم نسخ الجينات من بداية الكروموسوم حتى نقطة التصالب للوالد الأول والبقية يتم نسخها من الوالد الثاني، وينتج الابن الثاني وفق توافق السابق كما في الشكل (40)



الشكل (40) التصالب بنقطة واحدة

- التوصال بنقطتين Two Point Crossover

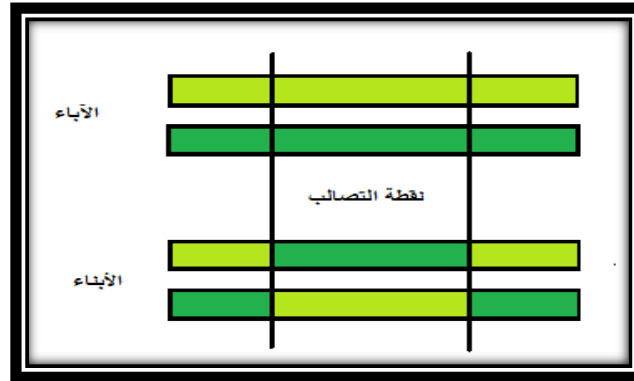
يتم اختيار نقطتي التوصال وفق المخطط التالي كما هو موضح بالشكل (41)



الشكل (41) التوصال بنقطتين

- التوصال الموحد Uniform Crossover

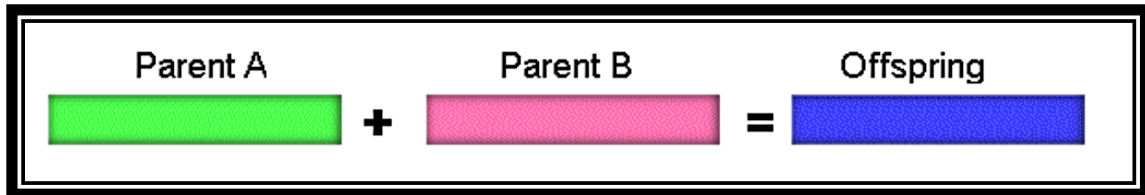
يتم اختيار بتات عشوائية ونسخها من الوالدين للابن كما هو موضح بالشكل (42)



الشكل (42) التوصال الموحد

- التوصال الحسابي Arithmetic Crossover

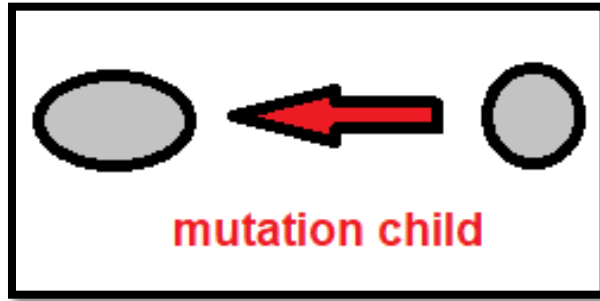
في هذا النوع يتم إنجاز بعض العمليات الحسابية لإنشاء أبناء جدد كما هو موضح بالشكل (43)



الشكل (43) التوصال الحسابي

3-3-7-3 الطفرات Mutation

هي عملية إجراء تبديل (تغير فجائي) على بعض جينات كروموسوم ما. وهي من العمليات التي لا يمكن الاستغناء عنها على الرغم من أهمية عملية التصلب، ويعود سبب هذا أن الحل المطلوب قد لا يتواجد في تجمع كبير في حال اعتمدت على التصلب بشكل أساسي. وهنا يتمثل دورها في توفير ضمان بأن خوارزمية البحث ليست محصورة على المستوى المحلي الأمثل. قد يتوقف تسلسل عمليات الانتقاء والتصلب في أي مجموعة متجانسة من الحلول في ظل هذه الظروف، تكون جميع الكروموسومات متطابقة، وبالتالي لا يمكن تحسين متوسط قيمة الكفاءة لكل الكروموسومات. ومع ذلك، قد يبدو الحل الأمثل، أو بالأحرى الأمثل محلياً (أي داخل المجتمع المعني)، فقط لأن خوارزمية البحث غير قادرة على الاستمرار. الطفرة تعادل البحث العشوائي، وتساعد في تجنب فقدان التنوع الجيني وهي موضحة بالشكل (44)



الشكل (44) مفهوم الطفرة

3-3-7-4 أهمية عملية التصلب والطفرات

تشكل عملية التصلب في الخوارزميات الجينية العملية الأساسية، بالإضافة إلى الطفرات التي تشكل تنوع وراثي كبير ضمن التجمع، والتي تفيد بإيجاد الحل المطلوب في التجمعات الكبيرة بشكل أكبر في حال الاعتماد على التصلب فقط. لذلك فإن الطريقة المثلى للحصول على الحلول الأفضل في حال المجتمعات الكبيرة حيث يكون فضاء العينة كبير جداً ومعقد إلى حد غير مفهوم هي المزج بين العمليتين بهدف الحصول على المطلوب بأسرع طريقة ممكنة.

3-8 الترميز

وتختلف طرق التعبير عن الكروموسومات بحسب المسألة المطروحة حيث أن إعداد الترميز البرمجي الأنسب لهذه الحلول يساعد على تسريع عمل الخوارزمية للوصول إلى الحل الأفضل. ويوجد عدة طرق للترميز سيتم ذكر أشهرها:

3-8-1- الترميز الثنائي

ويعد من أشهر الطرائق المستخدمة في تمثيل الحلول في الخوارزميات الجينية، وتتبع شهرته لكونه أول أسلوب تم استخدامه في ترميز الحلول، حيث يتم هنا ترميز كل حل (كروموسوم) على شكل سلسلة من البتات 0 أو 1. والجدول (3) يوضح شكل كروموسوم يستخدم التمثيل الثنائي:

الجدول (3) الترميز الثنائي

Chromosome A	101100101100101011100101
Chromosome B	111111100000110000011111

3-8-2- ترميز التباديل

في هذا النوع من الترميز كل كروموسوم يمثل سلسلة من الأعداد -أو الرموز- غير المتكررة، والمتموضعة وفق تتالي ما، كما هو موضح بالجدول (4) شكل كروموسوم A يستخدم ترميز التباديل باستخدام الأعداد، والكروموسوم B باستخدام الأحرف. ويستخدم هذا الترميز عادة في مسائل الترتيب Ordering Problems.

الجدول (4) الترميز التباديل

Chromosome A	11 5 3 2 6 4 7 9 8
Chromosome B	L I G H T

3-8-3- ترميز القيمة

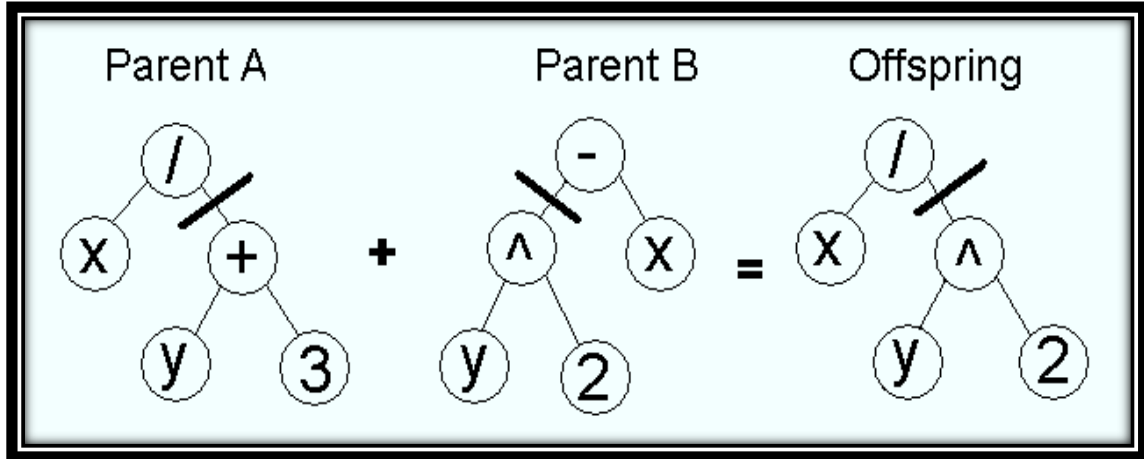
يتم التعبير عن كل كروموسوم بسلسلة من القيم المرتبطة بمسألة ما (سلاسل أرقام - أعداد - محارف.....). ويستخدم ترميز القيمة لإيجاد مجموعة الأوزان للشبكات العصبونية.

الجدول (5) ترميز القيمة

Chromosome A	1.2654	5.489	2.657	0.3218
Chromosome B	L I G H T	H A L C	A D W E	D R O E
Chromosome C	(right)	(back)	(foward)	(left)

3-8-4-ترميز الشجرة

يستخدم هذا النوع بشكل أساسي للتعبير والبرامج التطورية، حيث يتم تمثيل كل كروموسوم بمثابة شجرة من بعض الأغراض (objects) مثل التوابع والأوامر في اللغات البرمجية كما هو موضح في الشكل (45)



الشكل (45) ترميز الشجري

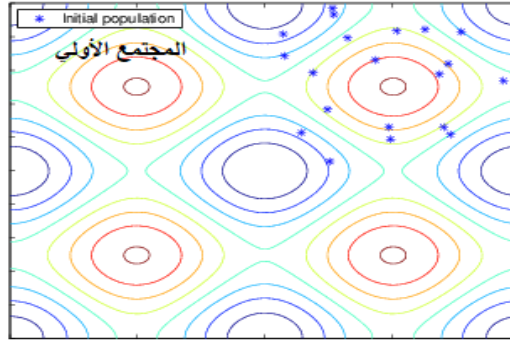
3-9 آلية عمل الخوارزمية الجينية

عندما يتم تحديد المسألة المراد حلها، تبدأ الخوارزمية عملها وفق المراحل التسلسلية:

3-9-1- المجتمع الابتدائي

تقوم الخوارزمية في هذه المرحلة بتشكيل مجتمع ابتدائي يحوي على عدد من الكروموسومات والتي تمثل مجموعة من الحلول المقترحة للمشكلة المدروسة وفق عدد يتم تحديده حسب القيود وميزة هذه الحلول أن كل منها يحتوي على جزء ولو بسيط من حل المشكلة الأساسية. وعادة ما تكون هذه الحلول موزعة حول الحل الأفضل وفق مسافات تحدد مستوى التنوع في البيانات ويوضح الشكل (46) توزيع كروموسومات المجتمع

الأولي



الشكل (46) المجتمع الأولي

3-9-2- تشكيل المجتمع الوسيط

يبدأ تشكيل هذا المجتمع وفق عدة مراحل:

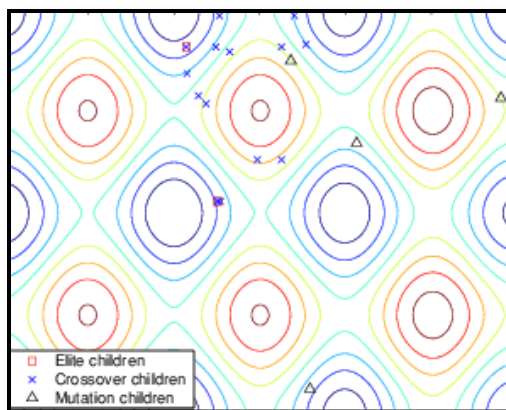
- عملية الانتقاء Selection يتم في البداية تحديد تابع الكفاءة التي سيتم من خلالها تقييم كل كروموسوم من الكروموسومات الموجودة في المجتمع الابتدائي، وعند الانتهاء من عملية التقييم يتم اختيار الكروموسومات ذات قيم الكفاءة العالية والتي تقترب بدورها من الحل الأمثل واستبعاد الكروموسومات الضعيفة لأن وجودها قد يؤدي إلى حدوث خلل في العملية الجينية.
- تبدأ بعد عملية الانتقاء Selection تبدأ عملية التصالب Crossover بين الكروموسومات المختارة بعد تحديد نقطة التصالب وفق إحدى القواعد المذكورة سابقاً. وبالنتيجة يتم الحصول على كروموسومات جديدة والتي بدورها تبدأ بتشكيل المجتمع الوسيط والذي قد يطرأ عليه تغييرات عشوائية بسبب حدوث طفرات في إحدى السلاسل والتي قد تؤدي إلى تغيير النتائج والحلول التي يتم الحصول عليها والحصول على حلول جديدة. ويجب التنويه على أن الطفرات تقوم بإحداث تغييرات في الصيغة الصبغية والتي قد تساعد بالوصول إلى الحل الأمثل بشكل أسرع، وتقاطع عمليتي التصالب والطفرات مع بعضهما يمكن

من استخراج أفضل الجينات من أفراد مختلفين وإعادة دمجهم مع المجتمع الأصلي. ويوضح الشكل (47) التغيرات التي تحصل على الأفراد بعد إجراء عمليتي التصلب والطفرة.

✕ الأفراد الناتجين عن عملية التصلب.

△ الأفراد الناتجين عن أحداث الطفرات.

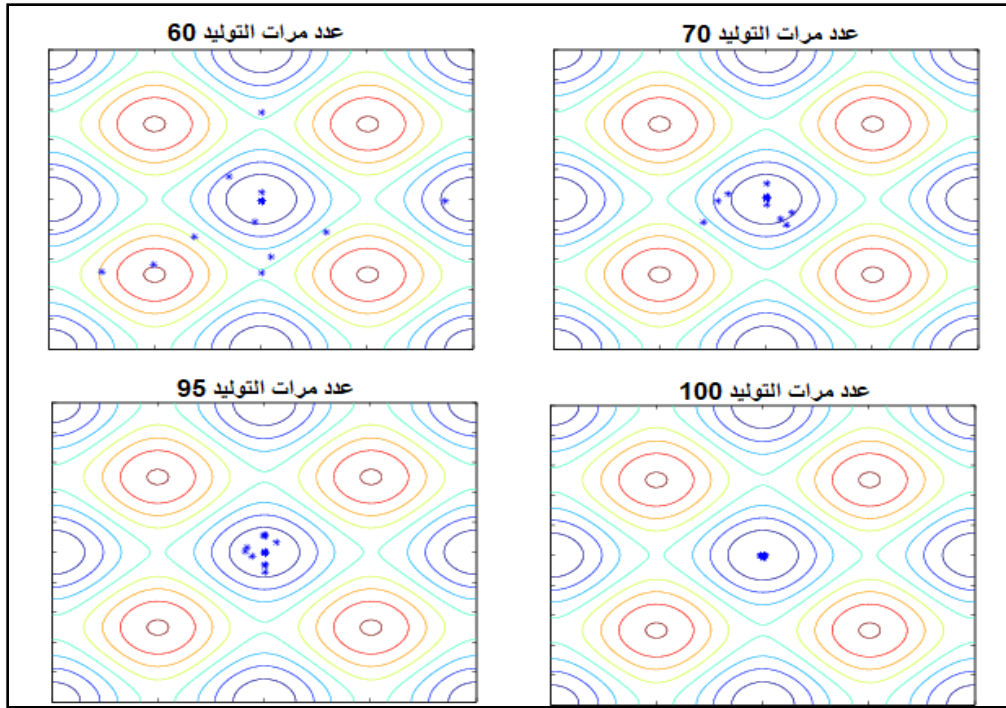
□ أفراد النخبة (Count-Elite)



الشكل (47) مفهوم التصلب والطفرة

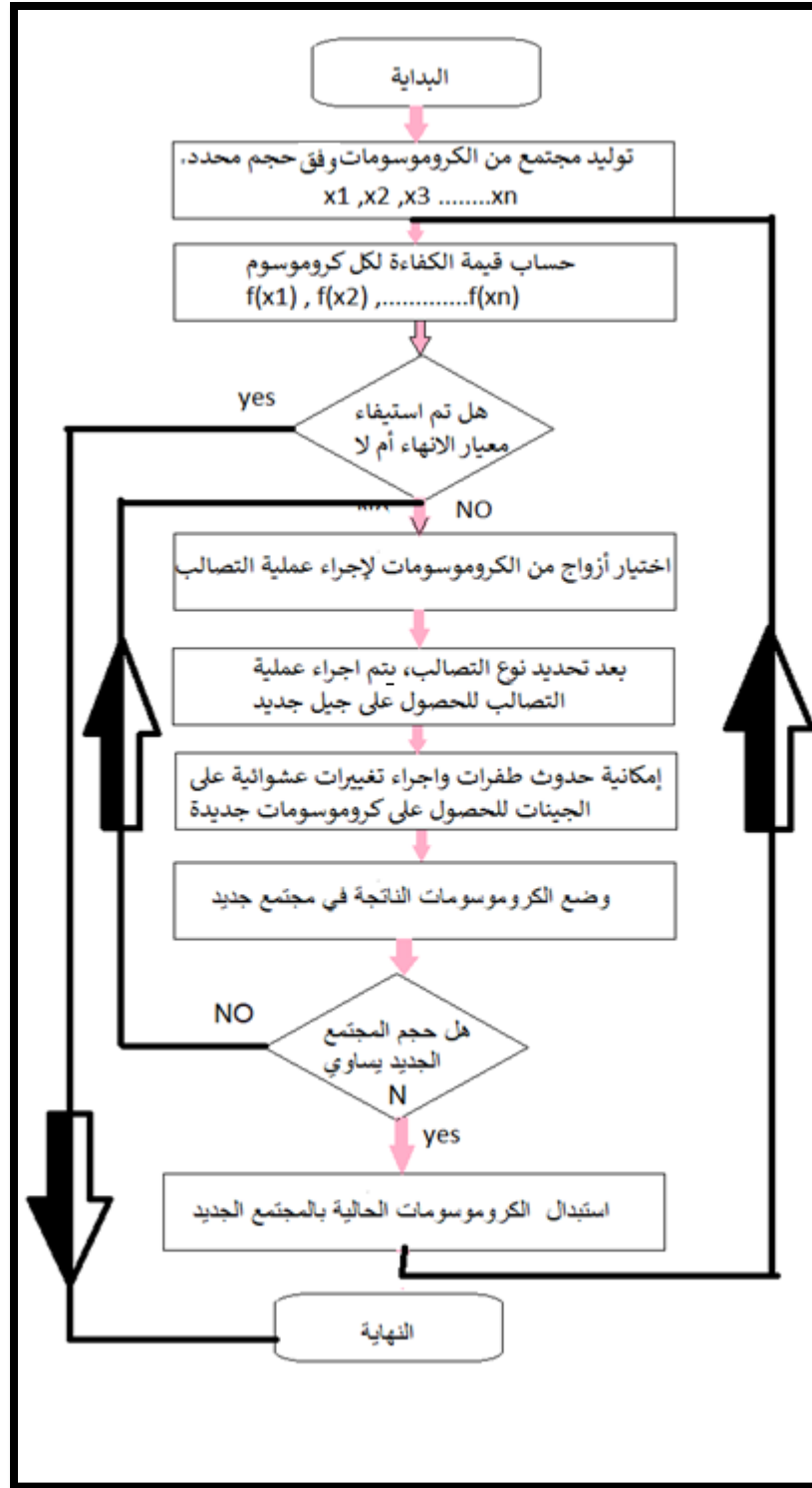
3-9-3- توليد مجتمعات جديدة

من خلال هذه المرحلة يتم الحصول على مجتمعات جديدة تقترب أكثر فأكثر من الحل المثل ويتم تحديد نهاية عمل الخوارزمية وفق عدة معايير سيتم ذكرها لاحقاً. ويوضح الشكل (48) عمليات توليد متلاحقة واقترب الحلول من الحل المثل في عملية التوليد الأخيرة



الشكل (48) مراحل الوصول إلى الحل الأمثل

وفي الشكل (49) مخطط تدفقي يوضح المراحل السابقة



الشكل (49) خطوات عمل الخوارزمية الجينية

3-10 شروط إيقاف الخوارزمية الجينية

بعد أداء الخوارزمية الجينية لدورها باختيار الحل الأفضل للمشكلة المطروحة كان لا بد من وجود معايير أو طرق لإيقاف عمل هذه الخوارزمية ويتم ذلك باستخدام إحدى الطرق التالية:

1- تحديد العدد الأعظمي لمرات التوليد (max generation) حيث تتوقف الخوارزمية عن العمل عندما يصل عدد الأجيال إلى عدد محدد مسبقاً.

2- تحديد الوقت الأعظمي لإجراء الاختبار (max time) تتوقف الخوارزمية بعد التشغيل لفترة من الوقت مقدرة بالثواني.

3- تحديد الحد الأعلى لتابع الكفاءة (fitness limited) تتوقف الخوارزمية عندما تكون قيمة تابع الكفاءة لأفضل كروموسوم في المجموعة الحالية أقل من أو تساوي قيمة محددة مسبقاً تسمى بحد الكفاءة fitness limited. وهناك معايير أخرى خاصة بحل المشاكل ذات القيود غير الخطية مثل Max Stall Generation - Function Tolerance - Max Stall Time. وجميعها تعتمد على معدل التغير النسبي لتابع الكفاءة. وتتوقف الخوارزمية عن العمل بمجرد استيفاء أي من هذه الشروط المذكورة وتعطي الحل الأمثل.

3-11 مزايا وعيوب الخوارزمية الجينية

هناك العديد من المزايا للخوارزميات الجينية على خوارزميات التحسين التقليدية. اثنان من أبرزها:

1- القدرة على التعامل مع المشاكل المعقدة بشكل متوازي. يمكن أن تتعامل الخوارزميات الجينية مع أنواع مختلفة من التحسين، سواء كان تابع الكفاءة ثابت أو غير ثابت (تتغير بمرور الوقت)، خطية أو غير خطية.

2- يمكن للمجتمع (أو أي مجموعة فرعية) استكشاف مساحة البحث في العديد من الاتجاهات في وقت واحد. هذه الميزة تجعلها مثالية لموازنة الخوارزميات للتنفيذ. يمكن معالجة المعلومات المختلفة وحتى المجموعات المختلفة من السلاسل المشفرة في نفس الوقت.

ومع ذلك، فإن الخوارزميات الجينية لها أيضاً بعض العيوب. فهي تحتاج إلى دقة كبيرة في انتقاء تابع الكفاءة، وتحديد حجم المجتمع واختيار البارامترات الهامة مثل قيمة الطفرة وتحديد نوع التصلب المناسب، ومعايير الاختيار للمجتمعات الجديدة. وبالتالي أي خيار غير مناسب سيجعل من الصعب على الخوارزمية أن تتقارب أو ستؤدي ببساطة إلى نتائج لا معنى لها.

3-12 مثال عملي لآلية عمل الخوارزمية الجينية

وسيتم توضيح مبدأ العمل من خلال النموذج الرياضي التالي :

بفرض لدينا التابع $f(x) = 15x - x^2$ والمطلوب إيجاد أكبر قيمة يحققها المتغير x في هذا التابع ضمن المجال $x \in [1 - 15]$ باستخدام الخوارزميات الجينية.

حسب الخطوات السابقة :

- 1- تحديد حجم المجمع من المسألة المطروحة وهنا حجم المجمع يساوي 15
 - 2- ترميز الكروموسومات الموجودة ضمن المجمع وفق الترميز الثنائي المبين بالجدول (6) حيث كل قيمة حقيقية تقابل ترميز ثنائي خاص به.
- الجدول (6) ترميز الكروموسومات

الترميز الثنائي	العدد الصحيح	الترميز الثنائي	العدد الصحيح	الترميز الثنائي	العدد الصحيح
1011	11	0110	6	0001	1
1100	12	0111	7	0010	2
1101	13	1000	8	0011	3
1110	14	1001	9	0100	4
1111	15	1010	10	0101	5

- 3- تحديد بارامترات وقيود الخوارزمية الجينية من أجل ضمان نجاح عمل الخوارزمية وهي:
 - احتمال التصلب $P_c = 0.7$ (Crossover).
 - احتمال الطفرة $P_m = 0.001$ (Mutation).
 - عدد لأفراد الجدد $N = 6$ (Generation Population).
 - سيتم اختيار نوع التصلب بنقطة واحدة مع الحفاظ على طول الكروموسوم نفسه وهو الخيار الأفضل كون أن الكروموسوم قصير الطول وهو 4 جينات.
 - تابع الكثافة الاحتمالية Pdf (probability density function) من أجل الكروموسومات الداخلة في عملية التصلب ونحصل عليها من خلال تحويل تابع الكفاءة إلى نسبة مئوية من المجموع الكلي.
- ولتشكيل المجمع بناءً على عدد الأفراد وهو $N = 6$ فإننا بحاجة إلى 6 كروموسومات وكل كروموسوم يحتوي على 4 جينات، أي 24 قيمة عشوائية تؤخذ بشكل عشوائي مبينة في الجدول (7).

الجدول (7) ترميز القيم العشوائية

العدد العشوائي		العدد العشوائي		العدد العشوائي		العدد العشوائي		العدد العشوائي		العدد العشوائي	
0.963	1	0.209	0	0.570	1	0.509	0	0.745	1	0.576	1
0.384	0	0.419	0	0.331	0	0.148	0	0.710	1	0.719	1
0.489	0	0.733	1	0.971	1	0.656	1	0.907	1	0.426	0
0.010	0	0.256	0	0.672	1	0.123	0	0.145	0	0.720	1

ويعبر كل عمود من الترميز الثنائي في الجدول السابق يمثل كروموسوم يقابله عدد صحيح من الجدول (8)

الجدول (8) قيم المتغيرات الصحيحة

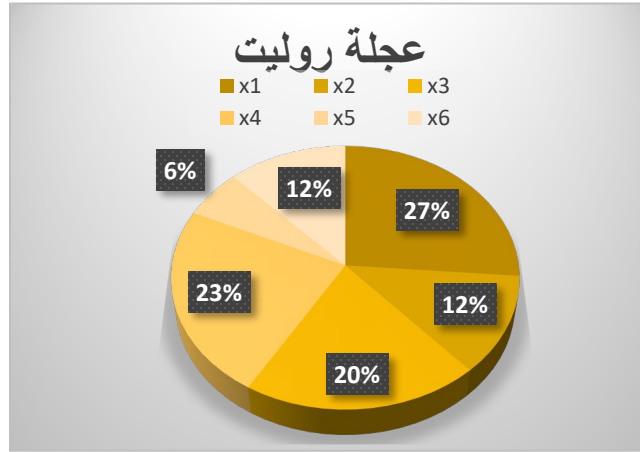
القيمة الصحيحة المقابلة	الترميز الثنائي	المتغير
8	1000	X1
2	0100	X2
11	1011	X3
10	1010	X4
14	1110	X5
13	1101	X6

4- بعد ترميز المدخلات يتم حساب تابع الكفاءة fitness value لكل كروموسوم، والقيمة التي تم الحصول عليها تمثل مقدار احتمال بقاء هذا الكروموسوم في البيئة والانطلاق باتجاه المجتمع الجديد. ويوضح الجدول (9) قيم الكفاءة للمجتمع الجديد

الجدول (9) قيم الكفاءة الجديدة

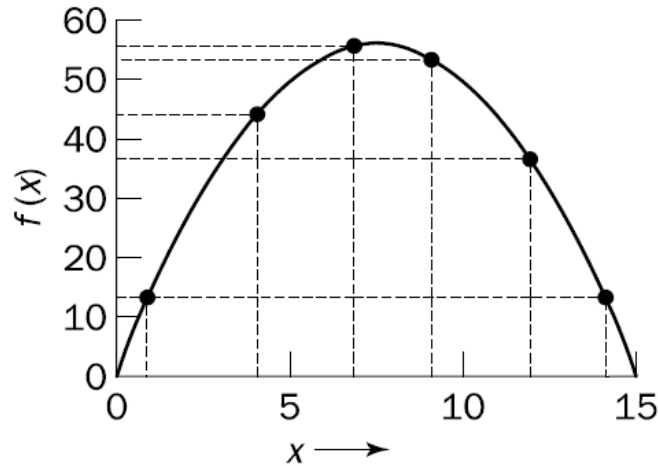
P.d.f	$f(x)$	الترميز الصحيح	المتغير
0.26	56	8	X1
0.12	26	2	X2
0.20	44	11	X3
0.23	50	10	X4
0.060	10	14	X5
0.12	26	13	X6

ويتم تمثيل الكروموسومات على عجلة روليت كما في الشكل (50)



الشكل (50) عجلة روليت

بعد اختيار الكروموسومات وتشكيل مجتمع جديد يخضع لعمليات التصلب والطفرات في حال وجودها لتشكل مجتمع نهائي يحوي على الحل الأمثل وهو $x = 7.5$ بأعلى قيمة كفاءة ويمثل الشكل (51) توزيع الجيل الأخير على المخطط.



الشكل (51) تمثيل الحل النهائي

4 الفصل الرابع: القسم العملي

4-1 التمهيد

في هذا الفصل سيتم توضيح الخطوات المتبعة للوصول إلى أمر إنتاج مثالي من حيث:

- 1- التخطيط الصحيح لأمر القص من جهة.
- 2- التخطيط المؤتمت للماركر (ويعرف الماركر بأنه قطعه من الورق التي يتم ترتيب الأجزاء المكونة لقطعة واحدة أو أكثر من الألبسة وفق طريقة منظمة بحيث يتم استغلال المساحة المتاحة بأكبر فعالية ممكنة) وسيتم ذلك وفق أربع مراحل:
- المرحلة الأولى سيتم إنجازها باستخدام طريقة النمذجة الحاسوبية لتوزيع أمر القص بتطبيق معادلات وخوارزميات رياضية لضمان توزيع أمر الإنتاج على الماركرات بشكل رياضي باستخدام البرمجة الجينية على برنامج (MATLAB (Matrix Laboratory للحصول على العدد المطلوب دون زيادة أو نقصان، وذلك لتلافي مشاكل التوزيع غير الفعال لأمر الإنتاج، وهدر المواد الخام الذي ينجم عن الطريقة التقليدية تبعاً لخبرة المصمم الموجود.
- المرحلة الثانية إنشاء خوارزمية تعتمد على تخطيط الماركر بالشكل المثالي عن طريق توزيع القوالب وفق الخوارزمية الأولى بهدف الحصول على أفضل تشويق ممكن للقوالب بشكل متراس للحصول على كفاءة عالية لاستهلاك القماش وضبط الفاقد.
- المرحلة الثالثة سيتم اختبار جودة خوارزمية البحث المقترحة عن طريق مقارنة النتائج مع عينة مدروسة في الشركة قيد الدراسة.
- المرحلة الرابعة إجراء اختبارات إحصائية لخوارزمية تخطيط أمر القص باستخدام برنامج SPSS (Statistical Package For The Social Sciences) لبيان مدى صلاحيتها وصحة استخدامها من خلال دراسة تأثير بارامترات محددة على الطريقة المقترحة.

4-2 التخطيط التقليدي لأمر القص المتبع في شركات الألبسة الجاهزة السورية

إن الهدف الرئيسي من تخطيط أمر القص هو تحديد عدد القطع الملبسية التي يجب إنتاجها من كل قياس حسب أمر الإنتاج المقدم وتظهر أهمية هذه العملية في أوامر الإنتاج ذات الطلبات الموحدة (كالأوامر الخاصة باللباس الموحد للشركات الخاصة - اللباس الموحد للمدارس والمنظمات الأخرى). حيث تكون ماهية هذه

الأوامر غير واضحة بسبب اختلاف الاعداد المطلوبة والذي سيؤثر بدوره على التوزيع على الماركات للحصول على العدد المطلوب.

4-2-1- دراسة واقع قسم القص في الشركة قيد الدراسة ومراقبة سير العملية الإنتاجية

تبدأ عملية تصنيع الألبسة الجاهزة ابتداءً من لحظة طلب الزبون واستلام الطلبية، حيث يتم أولاً تصميم المسطرة الأولية وإجراء بعض الحسابات التكنولوجية والتصميمية وذلك لتحديد احتياجات الموديل المطلوب من المواد الأولية، والمواد المساعدة والاكسسوارات وغيرها من اللوازم الأخرى، بعد الانتهاء من تجهيز المسطرة يتم تقديمه للعميل، وإجراء أي تعديل حسب الرغبة. وعند الانتهاء من التجهيزات الأولية تبدأ عملية تخطيط أمر الإنتاج من قبل المصمم المسؤول في قسم التصميم، يبدأ بتجهيز البترون الأساس حسب الطلبية المقدمة والتي تتضمن المقاسات المطلوبة، والعدد المطلوب من كل قياس، عدد الماركات وعدد طبقات القماش لكل ماركر للحصول على العدد المطلوب، ويتم تجهيز الماركات على برنامج التصميم الحاسوبي غيربر Gerber Technology الذي يقوم بسحب البترون بتقنية 2D & 3D ومد الماركات وتصديرها للطباعة. ومن خلال الاطلاع على الطلبيات المقدمة للشركة خلال فترة الدراسة لوحظ وجود أسلوبين أساسيين للعمل في الشركة:

1- الأسلوب التقليدي الذي لا يحتوي على مشاكل بحثية يمكن العمل عليها وهو الأسلوب المتبع أثناء إنتاج الشركة طلبات داخلية لها تابعة لنقاط بيعها الأساسية وهي تحت ماركة BIG BLUE حيث لا تظهر مشاكل جوهرية تنتظر حلاً بحيث أن كل ما يتم إنتاجه سيتم إيجاد قنوات توزيع له عن طريق نقاط البيع الخاصة بالشركة فلا يوجد هنا أي أهمية لعدد وألوان ومقاسات القطع المنتجة.

2- الأسلوب الاحترافي الذي يتم إتباعه عند استلام طلبية خارجية (الألبسة الموحدة الخاصة وهي الألبسة الخاصة بشركات الحماية أو المدارس الخاصة وغيرها التي تعتني بالألبسة الخاصة وفق أعداد محددة وقياسات مختلفة) المطلوب تنفيذها بمقاسات وأعداد محددة مسبقاً وهنا ظهرت المشكلة البحثية التي ذكرت سابقاً وهي " دراسة موضوع ارتفاع تكاليف أوامر القص ذات الطلبيات الموحدة التي تحتوي على كميات مختلفة من مقاسات قطع الملابس لأصناف قماشية مختلفة". تعتبر عملية التخطيط ضرورية جداً لاستيعاب الأداء العالي للإنتاج وبالتالي تكاليف إنتاج منخفضة. وعند إجراء عملية التخطيط من قبل المصمم فهو أمام عدة احتمالات:

- الحصول على قطع ملابسية إضافية من قياسات مختلفة نتيجة التوزيع غير جيد وبالتالي يتم تحميل هذه التكلفة الإضافية على المنتج.

- وجود نقص في الكمية المطلوبة وبالتالي يتم معالجة هذا الأمر من خلال تجهيز القطع الملبسية الناقصة بشكل يدوي.

وفي كلا الحالتين سواء الزيادة أو النقصان يوجد هدر في المادة الأولية من جهة، وتكاليف إنتاج غير مرغوب بها. ومن خلال الشكل (52) الذي يمثل طلبية مأخوذة من الشركة قيد الدراسة يوضح من خلاله عدد القطع المطلوبة ووصف كامل للموديل المطلوب، يمثل الشكل (52) طلبية منفذة بالشركة حيث يوضح العمود الأول (الكمية الأساسية) عدد القطع المطلوبة والعمود الثاني (مع الزيادة) يمثل القطع التي تم إنتاجها بالاعتماد على المصمم الموجود ضمن الشركة.

الشكل (52) أمر الإنتاج 1

تحميل تكاليف إضافية للقطعة الملبسية الواحدة موضحة بالجدول (10)

القياس	الكمية (قطعة)	الأساسية	الكمية (قطعة)	المنجزة
XXS	37		40	
XS	37		40	
S	94		101	
M	154		167	
L	186		199	
XL	186		199	
XXL	155		166	
XXXL	94		101	

وبالإشارة إلى مثل هذه الأوامر تم أخذ عينة من الشركة موضحة في الشكل (53) حيث تم في هذا الأمر تحقيق كمية القياسات المطلوبة من حيث العدد وفق 5 ماركات لإتمام العدد المطلوب

NEW HABI TEX		35/2020		يوهياي نكس	
For Cotton Goods		PRODUCTION ORDER		إنتاج الألبسة القطنية	
نموذج رقم HQF-1		CUSTOMER NAME :		رقم الإصدار: 2	
Customer Order#:		ديجيتال نت		1/16/2021	
REF Number :		NEW		تاريخ أسرار الإنتاج: 3/17/2020	
الكمية المطلوبة للعميل 153				تاريخ التسليم للتعبئة: 153	
التعليق		البليل		المواصفات	
نفس القياس ضمن كروية نظامية		10 S 65 M 34 L 32 XL 8 2XL 2 3XL 2 4XL		بولو شيرت رجالي نصف كم القبة وأساوور الأكمام تريكو من لون البن، الخفيفة من الداخل وسجافة الظهروتيب القبة لون سماوي مع زرين، فتحات جانبية رشة إيرتن للدابر، مع تطريز على الصدر اليسار	
الطابع		التطريز		حجم البن	
يلا		Digi Net		يرجى من قسم القص إرسال الكميات المطلوبة إلى التطريز بعد التثبيت	
		ليبل طباعة عليه: تركيب القماش + تعليقات العميل: (S.A.R)			
		المستودعات			
		إيرادات الخياطة			
		الطابعة			
		الرقم			
		رقم القص			
مدير الإنتاج				مكتب الإنتاج	
أمين العمور				علاء الرهبان	

الشكل (53) أمر الإنتاج 2

يوضح الشكل (53) أمر الإنتاج المأخوذ من الشركة حيث تم تنفيذ هذا الأمر على التوازي بين الشركة والباحث ومقارنة النتائج الناتجة، مع التنويه إلى أن أمر الإنتاج هو كنزة رجالي /نسائي لشركة معينة موضح



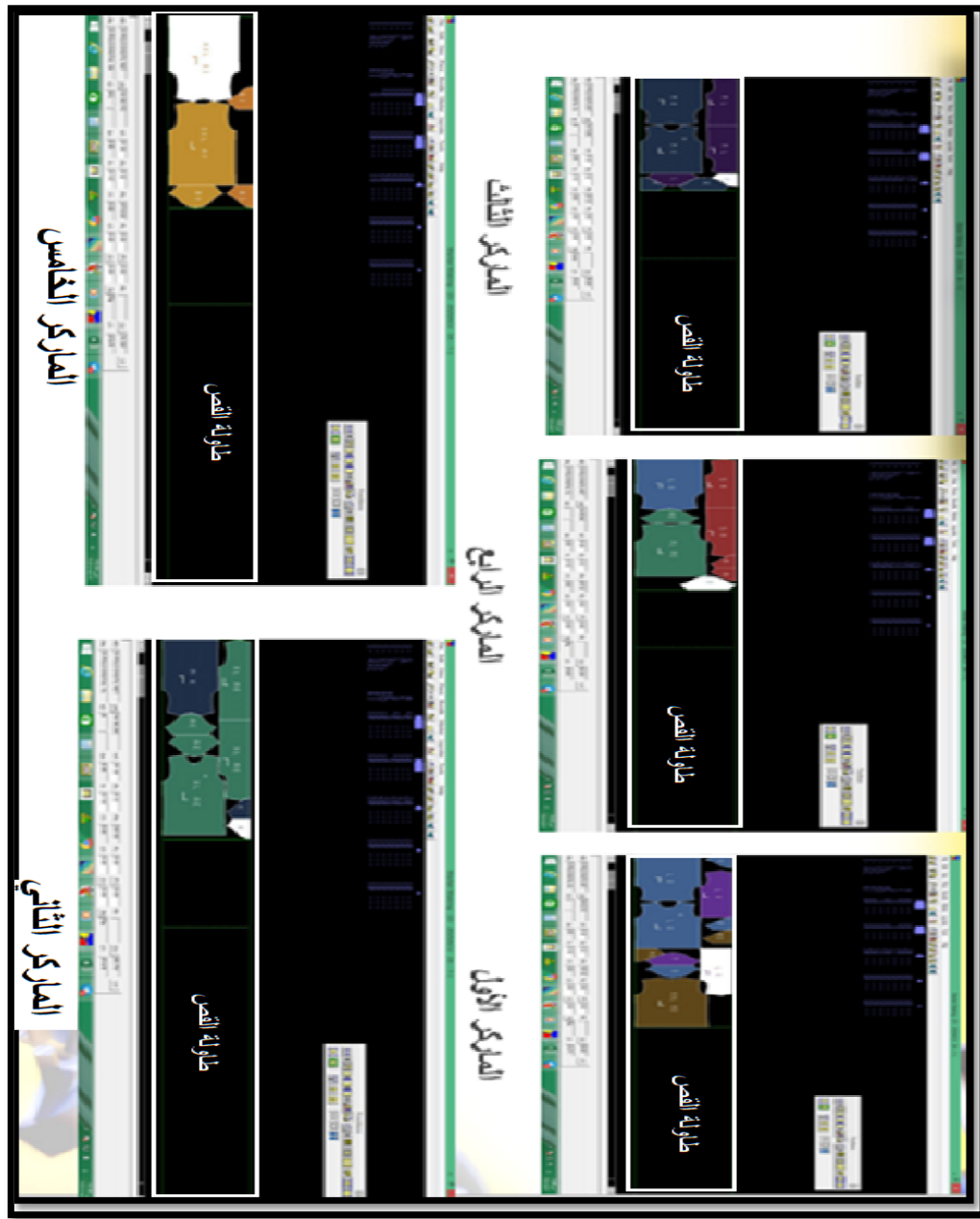
في الشكل (54)

الشكل (54) صورة أمر الانتاج

وتم تخطيط هذا الأمر وفق الجدول (11) الذي يمثل توزيع الطلبية على الماركرات وعدد الطبقات لكل ماركر. الجدول (11) التوزيع التقليدي

عدد الطبقات في كل مدة		القياسات الناتجة عن الشركة							Sum
		s	m	L	xl	2xl	3xl	4xl	
x1	30	0	2	1	1	0	0	0	
x2	10	1	0	0	0	0	0	0	
x3	5	0	1	0	0	0	0	0	
x4	4	0	0	1	0	0	0	0	
x5	2	0	0	0	1	4	1	1	
		10	65	34	32	8	2	2	153

يمثل الجدول (11) كمية الطلب بعد أن تم توزيعها على الماركرات، حيث تمثل X1 الماركر الأول الذي يحتوي على قطعه ملابسية واحدة من كل قياس XL - L وقطعتين من القياسات M بعدد طبقات قماش 30 طبقة.، وبعد تخطيط أمر الإنتاج يتم إدخال البارامترات على برنامج Gerber ومد الماركرات الموضحة في الجدول (11) كما هو موضح في الشكل (55).



الشكل (55) الماركرات المطلوبة للتوزيع التقليدي

يُلاحظ من خلال المثال المطروح أن عدد الماركرات كبير وهو 5 ماركرات تم توزيع القياسات المذكورة ضمن الجدول (11) ولا يتم استغلال المساحات المتوفرة في طاولة القص حيث يتم توزيع القياسات على جزء من الطاولة وليس على كامل الطاولة، وذلك بسبب الاعتماد على الخبرة الذاتية للمصمم، من خلال التعامل مع الطلبات السابقة. ولا يضمن هذا الأسلوب المتبع التخطيط الأمثل للعملية، وبمجرد أن يختبر المصممون عدم فعالية خططهم فإنهم يميلون إلى ضبط خططهم وفق نهج التجربة والخطأ والذي لا يعد منهجاً مفيداً في معظم الأحوال وبالتالي نحن بحاجة لنموذج رياضي يضبط عملية الجدولة بشكل مثالي.

4-3 تخطيط أمر القص باستخدام الخوارزمية الجينية

بعد دراسة موضوع ارتفاع تكاليف أوامر القص ذات الطلبات الموحدة والذي تم ذكره سابقاً ضمن مشكلة البحث وذلك بسبب عدم التخطيط الصحيح والحصول على القطع الملبسية المطلوبة دون زيادة أو نقصان، تم التركيز على موضوع إعداد أمر القص وتوزيع الطلبية على الماركات للحصول على عدد القطع المطلوبة واستخدام طريقة النمذجة الحاسوبية لتوزيع أمر القص بتطبيق معادلات وخوارزميات رياضية لضمان التوزيع الأمثل للقوالب ضمن الماركر، وذلك بهدف زيادة استثمار المواد الخام باستخدام برنامج MATLAB. ولحل هذه المشكلة تم تصميم خوارزمية جينية خاصة بهذا النوع من الطلبات حيث تكون مدخلات الخوارزمية معلومات الطلبية التي يتم تقديمها من قبل الزبون من حيث عدد القطع والقياسات المطلوبة. أما الخرج فهو عبارة علاقة رياضية تعبر عن تخطيط مثالي لأمر القص وتوزيع القوالب على الماركات لضمان الحصول على العدد المثالي بأقل عدد ماركات ممكن.

4-3-1- بناء الخوارزمية الجينية

تم بناء الخوارزمية المقترحة على برنامج MATLAB والتي تعتمد بجوهرها على العشوائية، ومن أجل بناء صحيح للخوارزمية يجب أن يتم ربط صحيح بين المشكلة المراد حلها وبين الخوارزمية وذلك عن طريق اختيار تابع صلاحية مناسب وهو الوصول إلى المصفوفة الصفرية لأمر الإنتاج. وبداية يتم تحويل أمر القص إلى مصفوفة رياضية من أجل سهولة التعامل معها حيث تعبر سطور المصفوفة عن كمية القياسات المطلوبة أما الأعمدة فتدل على عدد القطع الملبسية المطلوبة من كل قياس

$$A = [a, b, c, d, e, \dots]$$

والهدف الرئيسي لهذه الخوارزمية يتضح في نقطتين أساسيتين:

1- الحصول على مصفوفة صفرية (حيث أن المصفوفة الصفرية تعبر عن الفرق بين المصفوفة الناتجة

عن كل عملية والمصفوفة المطلوبة) أي الوصول إلى العدد المطلوب تماماً.

2- تحقيق العدد المطلوب بأقل عدد ماركات مطلوب.

تبدأ الخوارزمية عملها انطلاقاً من متطلبات المسألة الإنتاجية، ومن أجل ضمان سير العملية الجينية

كون أن جوهرها يعتمد على العشوائية في اختيار الحلول كان لابد من وضع قيود تحدد العملية

الإنتاجية وتميزها عن غيرها وذلك من أجل ضمان الحصول على نتائج مثالية وهذه القيود هي:

- عدد القوالب والذي يمثل عدد القطع الملبسية المطلوبة والتي يجب أن تتوضع ضمن الماركر الواحد، ويتم تحديد الحد الأدنى والحد الأعلى لعدد القوالب

الحد الأدنى	1 قالب
الحد الأعلى	13 قالب

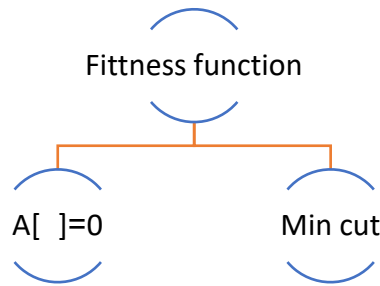
- طول طاولة القص في الشركة قيد الدراسة والذي يحدد طول الماركر المطلوب ويحتاج القالب إلى مايقارب 0.85 m من طول الماركر

طول الطاولة 11 متر
أي ما يقابل 13 قوالب

- ارتفاع سكينه القص والذي يحدد عدد الطبقات القماش المستخدم لأمر القص، ويتم تحديد الحد الأدنى والحد الأعلى لعدد الطبقات حسب الارتفاع المذكور

الحد الأدنى	1 طبقة
الحد الأعلى	45 طبقة

- ومن أجل تحقيق ذلك يجب تحديد الخصائص الأساسية اللازمة لإنشاء برنامج (Genetic Algorithms) GA:
- تحديد مدخلات العملية الجينية من متغيرات وثوابت لكي تشكل الكروموسومات (chromosome) البدائية التي ستقوم بدورها بتشكيل المجتمع الابتدائي والتي يتم توليدها عشوائياً وذلك بعد تحديد القيود اللازمة لإتمام نجاح العملية الجينية.
 - بعد تشكيل المجتمع يتم تقييم الكروموسومات من خلال تابع الكفاءة Fitness Function والذي يهدف إلى تقليص عدد القياسات المطلوبة حتى الوصول إلى مصفوفة قياس صفرية والتي تدل على توزيع كامل القطع الملبسية على الماركرات كما هو موضح بالشكل (56).



الشكل (56) تابع الكفاءة

- بعد تقييم الكروموسومات يتم اختيار الكروموسومات ذات القيم الأعلى وتعيينها كأباء والتي ستقوم بالتصالب فيما بينها للحصول على أجيال لاحقة وصولاً للهدف المطلوب.

4-3-2- شرط توقف الخوارزمية الجينية

حتى تقوم الخوارزمية بعملها بشكل صحيح يجب تحديد شرط توقف لعمل الخوارزمية وفي المسألة المطروحة تم اختيار شرط عدد مرات التوليد Generation Number وتم تحديده ب 30 مرة وذلك لتفادي زمن المعالجة الطويل كما هو موضح بالشكل (57)

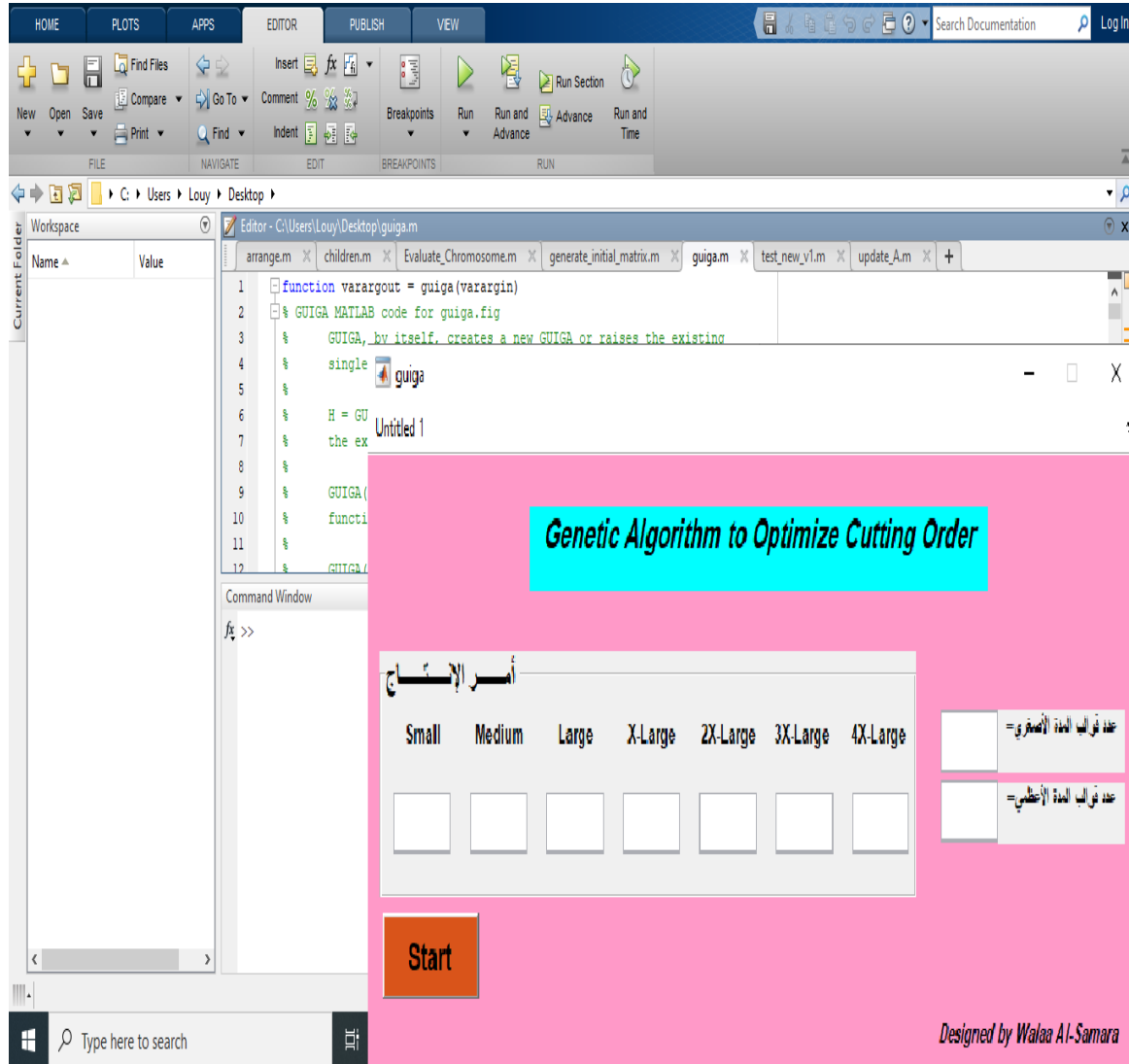
```

1 - clc
2 - clear
3
4 - A = [10 65 34 32 8 2 2]; % order
5
6 - Asize = size(A,2);
7 - pops = 20; %population size
8 - endloop=0;
9 - p=1; k =1; l=1;
10 - gen=1;
11 - %restQtyl=' ';
12 - gmax = 13;
13 - gmin = 1;
14 - Generations = 30;
15 - cut = 1; ch = 1;
16 - zeromat = zeros(1,Asize);
17 - Mat_Display = zeros(pops,Asize+2);
  
```

الشكل (57) شرط توقف الخوارزمية الجينية

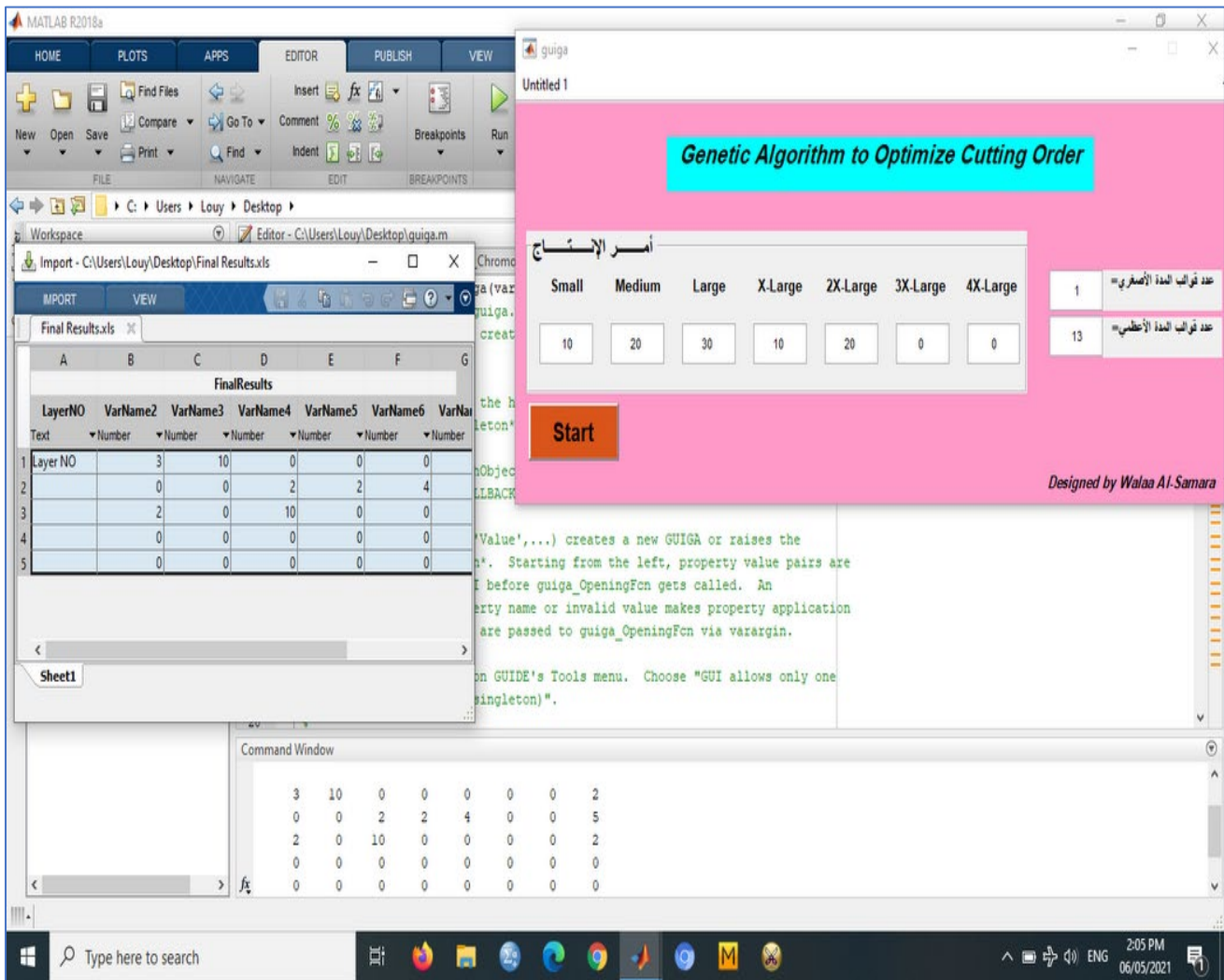
4-3-3- تشغيل الخوارزمية الجينية

بعد الانتهاء من تشكيل الكود البرمجي واختباره، وبغية تسهيل إجراء عملية المعالجة المطلوبة تم تصميم الواجهة الرسومية الموضحة بالشكل (58) من قبل الباحث، حيث زودت الواجهة الرسومية بالأزرار اللازمة لتسهيل عملية إدخال البيانات الخاصة بأوامر الإنتاج وبعد إتمام عملية المعالجة يتم تخزين المخرجات بملف إكسل (Excel) من أجل سهولة الوصول للمعلومات وتخزينها.



الشكل (58) الواجهة الرسومية 1

يتم تشغيل الخوارزمية وإدخال أمر الإنتاج 1 للخوارزمية مع مراعاة قيود الخوارزمية الخاصة بالأمر الإنتاجي وهي متبذلة بين شركة وأخرى لذلك تم تزويد الواجهة بأزرار خاصة يقوم المستخدم من خلالها بإدخال عدد القياسات المطلوبة حسب أمر الإنتاج ويتم إدخال عدد القوالب الأصغري والأعظمي حسب طول طاولة القص الموجودة في الشركة، وعند إعطاء الأمر من خلال الضغط على زر start تبدأ الخوارزمية عملها لتعطي النتائج على شكل ملف إكسل مستقل بالإضافة إلى ظهور النتائج في نافذة Command ضمن بيئة عمل الماتلاب.



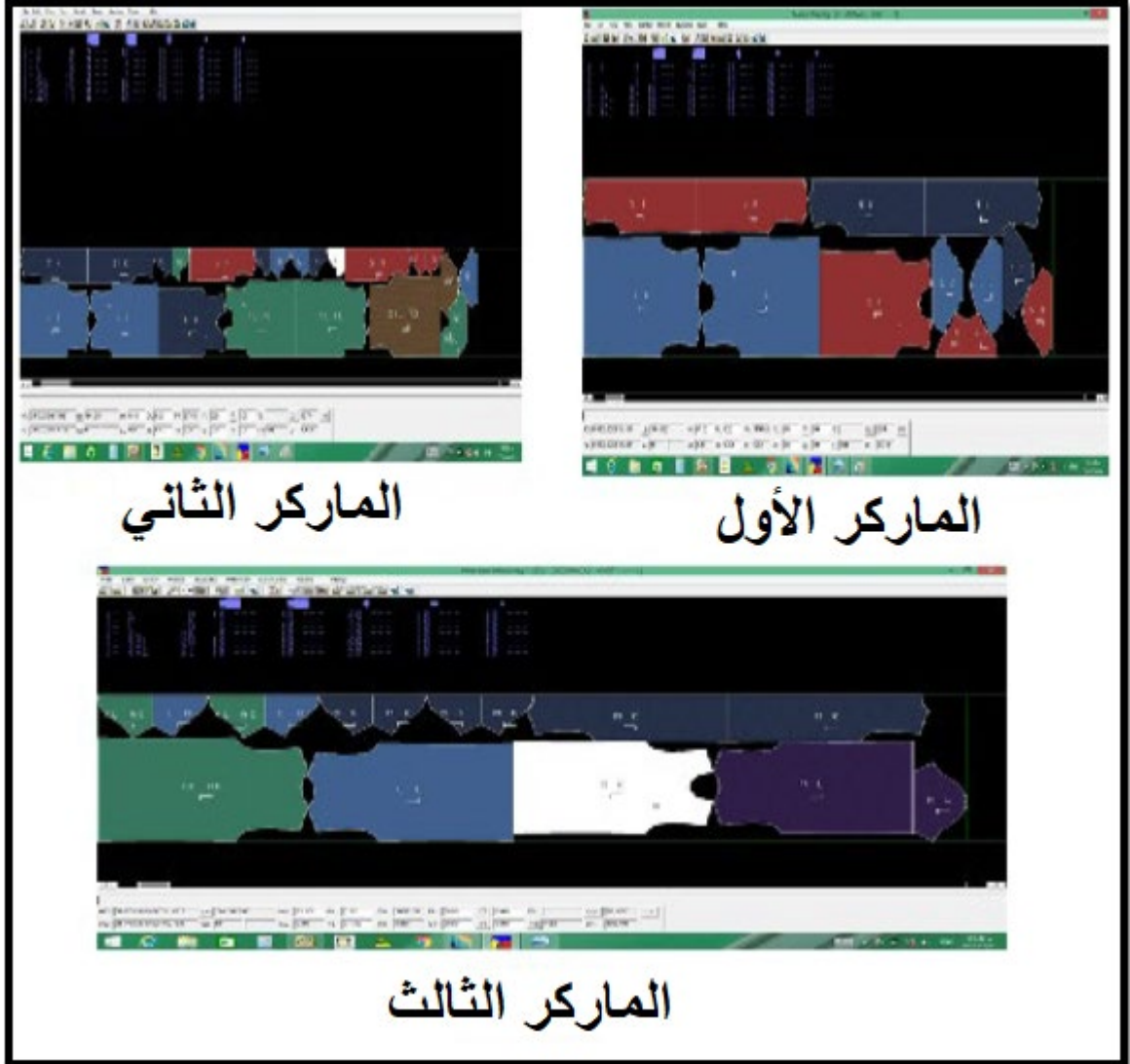
الشكل (59) الواجهة الرسومية الخاصة بتخطيط أمر الإنتاج

يُلاحظ أنَّ عملية تخطيط أمر الإنتاج بواسطة الخوارزميات الجينية قد حققت العدد المطلوب من القطع الملبسية ضمن الطلبية على عكس الأمر المنفذ يدوياً في الشركة والذي تم فيه تنفيذ كميات كبيرة من القطع الملبسية الجاهزة وهو موضح في الجدول (12).

الجدول (12) تخطيط أمر الإنتاج 1 المؤتمت

عدد طبقات الأقمشة في كل بترون		التوزيع بالطريقة المؤتمتة								مجموع القوالب
		XS2	XS	S	M	L	XL	XL2	XL3	
x1	3	0	0	1	0	5	2	0	4	12
x2	45	0	0	2	1	3	4	1	1	10
x3	37	1	1	0	3	1	0	3	1	10
عدد طبقات الأقمشة لكل مقاس		37	37	93	156	186	186	156	94	

وبعد إتمام عملية التوزيع تم إدخال البيانات إلى برنامج Gerber وفرد الماركات الثلاث المذكورة ضمن الجدول (12) كل منه على حدى وأخذ نسب استهلاك القماش وقيم الكفاءة للماركات من كل عملية مد والتي يتم انشاؤها وذلك من خلال البرنامج كما هو موضح بالشكل (60)



الشكل (60) تخطيط أمر الإنتاج 1 على Gerber

وبالنسبة لأمر الإنتاج 2 الموضح في الشكل (53) تم تنفيذه بنفس الطريقة ويوضح الجدول (13) الطريقة التي تم توزيع القطع على أساسها للحصول على أقل عدد ماركرات والعدد المطلوب من القطع الملبسية

الجدول (13) تخطيط أمر الإنتاج 2 المؤتمت

عدد الطبقات في كل مدة		القياسات الناتجة عن الخوارزمية الجينية							
		S	M	L	XI	2xl	3xl	4xl	
x1	16	0	3	1	1	0	0	0	
x2	1	2	1	2	0	0	2	2	
x3	8	1	2	2	2	1	0	0	
		10	65	34	32	8	2	2	153

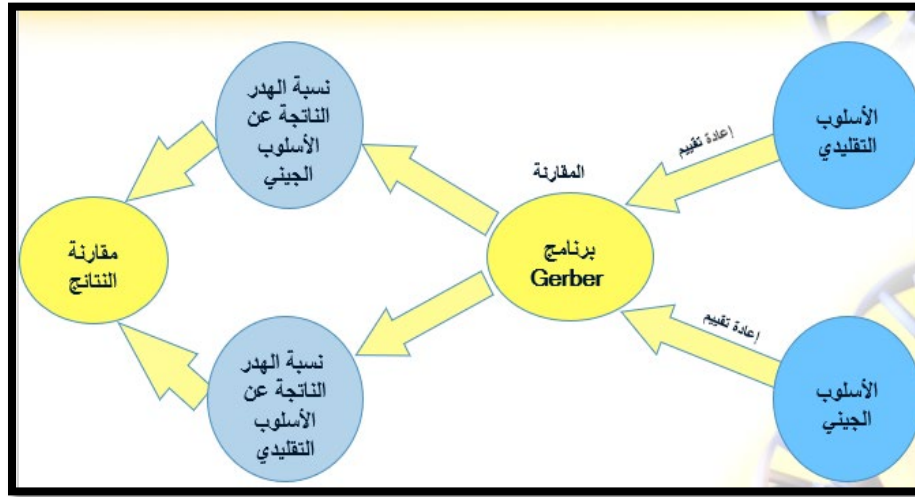
بعد الحصول على النتائج الموضحة في الجدول (13) يُلاحظ أنه تم الحصول على العدد المطلوب من القطع الملبسية ب 3 ماركرات فقط بدلاً من 5 ماركرات كما في التخطيط التقليدي. وبنفس الأسلوب تم إنشاء الماركرات على برنامج غيربر GERBER وأخذ البيانات بنفس الطريقة السابقة كما هو موضح بالشكل (61)



الشكل (61) تخطيط أمر الإنتاج 2 على Gerber

4-3-4- اختبار صحة خوارزمية تخطيط أمر القص

سيتم اختبار آلية العمل وفق الشكل الموضح (62)، حيث سيتم أخذ المعلومات الخاصة بعملية تخطيط الماركر التقليدية التي تم تطبيقها في الشركة من برنامج سحب القوالب والمد غيربر Gerber حيث بعد إتمام عملية المد يعطي البرنامج حسابات خاصة بالعملية الإنتاجية من نسبة استهلاك القماش، وطول الماركر، وعرضه، وعدد القطع التي تم إدراجها ضمن الماركر.



الشكل (62) آلية مقارنة النتائج

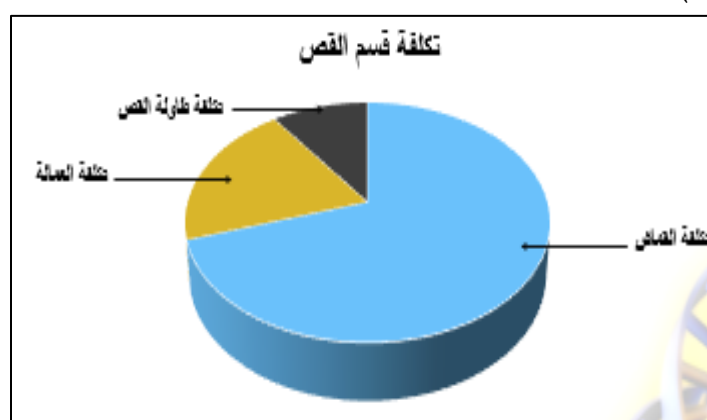
وبعد الانتهاء من التخطيط بواسطة الخوارزمية المقترحة يتم ادخال البيانات على البرنامج ومد الماركرات المطلوبة وأخذ المعلومات الإنتاجية الخاصة بها من أجل إجراء عملية مقارنة صحيحة بين الأسلوبين. تم أخذ نتائج مد الماركرات الناتجة عن الأسلوب التقليدي من برنامج غيربر Gerber وعرض النتائج ضمن الجدول (14)

الجدول (14) بارامترات التخطيط التقليدي

عدد الماركرات	عدد الطبقات لكل ماركر	طول القماش (m)	عرض البترون (cm)	نسبة الاستخدام (%)
x1	32	2.52	81	85.2
x2	8	1.68	81	73.78
x3	10	2.44	81	81.18
x4	2	2.55	81	84.39
x5	2	2	81	70.39

x6	2	1.94	81	87.2
Total	56	13.13		

ويوضح الجدول أهم البارامترات المتعلقة بكل ماركر على حدى وهي طول القماش المستهلك مع عدد الطبقات اللازمة، والبارامتر الأكثر أهمية هو نسبة استخدام القماش والذي سيتم المقارنة على أساسها وجميع هذه البارامترات يتم استخراجها من برنامج سحب القوالب غيربر. ويعتبر القماش هو العنصر الأكثر تكلفة ضمن عملية إنتاج الألبسة الجاهزة وذو قيمة عملية واضحة، حيث يشكل حوالي 70% من تكلفة المنتج كما هو موضح ضمن الشكل (63)



الشكل (63) تكلفة قسم القص

لذلك تم الاعتماد عليه كمرجعية أساسية للمقارنة بين الحلول المقدمة وكخطوة ثانية تم أخذ البارامترات الناتجة عن الحلول المقدمة من الخوارزمية المقترحة من عدد ماركرات وعدد طبقات وغيرها من البارامترات المهمة موضحة في الجدول (15)

الجدول (15) بارامترات التخطيط المؤتمت

الماركر	عدد الطبقات لكل ماركر	طول القماش (m)	عرض القماش (cm)	نسبة الاستخدام (%)
x1	16	3.26	81	81.49
x2	1	3.4	81	82.81
x3	8	5.9	81	85.76
Total	25	12.56		

ومقارنة النتائج المقدمة من كلا الأسلوبين تم توضيحها من خلال الجدول (16)

الجدول (16) مقارنة النتائج

النتيجة	الأسلوب المطور	الأسلوب التقليدي	
تقليل تكلفة تصنيع البترون باستخدام الأسلوب المطور	3	5	عدد الماركرات
تقليل تكلفة فرد القماش باستخدام الأسلوب المطور	25	56	عدد الطبقات
تقليل كلفة القماش باستخدام الأسلوب المطور	16.5	19.12	نسب الهدر (%)

يُلاحظ من الجدول أنَّ عدد الماركرات قد انخفض بمقدار 2 ماركر وبالتالي انخفاض في تكاليف تصنيع الماركر والوقت اللازم لإنشائه أما بما يخص عدد طبقات القماش اللازمة لإتمام الطلبية قد انخفض بمقدار 25 طبقة وساعد هذا الانخفاض على تقليل الوقت والجهد اللازم لفرد طبقات القماش، وأخيراً وبمقارنة العامل الأكثر أهمية وهو نسبة استخدام القماش قد ارتفعت بمقدار 3.2% والذي سينعكس بشكل مباشر على تكلفة القطع الملبسية.

4-3-5- الاختبار الاحصائي لخوارزمية تخطيط أمر القص وتعميم النتائج

بعد تطبيق خوارزمية تخطيط أمر القص على عينة من أوامر الإنتاج الموجودة في الشركة وملاحظة النتائج الإيجابية التي تم الحصول عليها كان لابد من ضرورة إجراء اختبار إحصائي لهذه الخوارزمية للتأكد من صلاحيتها وصحة استخدامها بهدف تعميم النتائج من أجل جميع الأوامر الإنتاجية. تم دراسة عينة من أوامر الإنتاج لشركة ألبيسة ومقارنة النتائج قبل وبعد تطبيق الطريقة المؤتمتة وإجراء اختبارات إحصائية عليها باستخدام برنامج (SPSS) لتوضيح مدى فعاليتها وصحة استخدامها من خلال دراسة ثلاث متغيرات وهي عدد الطبقات الأقمشة لكل ماركر، وعدد الماركرات، ونسب استهلاك القماش وتأثيرها على الطريقة المستخدمة، وتطبيق الخطوات التالية:

- 1- دراسة الأوامر الإنتاجية الموجودة في الشركة قيد الدراسة من حيث طريقة العمل وكيفية تطبيق الأوامر
- 2- إعادة تطبيق أوامر الإنتاج وفق طريقة النمذجة المقترحة وتعيين نسب الهدر وفق هذه الطريقة.
- 3- إجراء اختبارات إحصائية بعد وضع الفرضيات الإحصائية لبيان مدى فعالية طريقة النمذجة المقترحة وتأثيرها على نسب استخدام القماش.

4-3-5-1 منهجية العمل

تم جمع عدد من العينات والبالغ عددها (7) من الشركة قيد الدراسة وتحتوي الأوامر الإنتاجية على عدد القطع المطلوبة من كل مقاس، وعدد المقاسات المطلوب موضح في الجدول (17)، حيث سيتم التعبير عن كل أمر إنتاجي بمصفوفة من المقاسات المطلوبة لتسهيل التعامل معها.

الجدول (17) العينات المختبرة

المقاسات المطلوبة									رقم أمر الإنتاج
4XL	3XL	2XL	XL	L	M	S	XS	2XS	
2	2	8	32	35	65	10	0	0	1
37	94	155	186	186	156	94	37	37	2
0	115	193	233	233	194	115	46	46	3
57	57	144	192	192	192	144	57	57	4
0	76	120	155	155	129	76	31	30	5
5	7	20	80	87	163	25	0	0	6
0	97	73	72	90	96	97	73	0	7

يعبر الجدول (17) عن الأوامر التي وردت للشركة قيد الدراسة وهذه الأوامر تشترك بخاصية واحدة وهي اختلاف الأعداد المطلوبة من كل مقاس وهذا يسبب هدر كبير في استهلاك القماش نتيجة توزيع الماركر غير مناسب من قبل المصممين، حيث أن كل أمر يتضمن العدد المطلوب. وبعد تطبيق الطريقة المؤتمتة ومقارنة النتائج الخاصة بكل من الطريقتين من خلال برنامج سحب القوالب غيربر GERBER ، تم إجراء مقارنة بين النتائج قبل استخدام الطريقة المؤتمتة وبعد الاستخدام وتم توضيح النتائج من خلال الجدول (18)

الجدول (18) مقارنة نتائج الاختبارات قبل وبعد تطبيق الخوارزمية

رقم أمر الإنتاج	عدد طبقات الأقمشة (%)		نسبة استهلاك القماش (%)		عدد الماركرات (%)	
	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد
1	56	25	80.88	83.75	5	3
2	94	85	77.62	80.12	4	3
3	102	95	80.94	83.05	5	4
4	88	75	78.90	82.16	6	5
5	70	61	80.05	82.15	4	3
6	87	60	80.20	82.00	5	3
7	90	80	78.40	79.20	4	4

يُلاحظ من الاختبارات السابقة ان نسبة انخفاض في عدد الماركرات وذلك بمقدار 14.7%. وهذا يساعد على تخفيض في تكلفة ورق الطباعة المستخدم من جهة، وتقليل الوقت اللازم لفرد مدة جديدة. وسبب ذلك هو إعطاء القماش فترة زمنية كافية بعد عملية الفرد حتى يتمكن القماش من العودة إلى أبعاده الأصلية والتخلص من إجهادات الشد لمنع حدوث أي مشاكل في القياسات فيما بعد. ونسبة الانخفاض في عدد طبقات القماش 17.8% ويعود سبب ذلك إلى استغلال كامل مساحة طاولة القص الموجودة حيث تم تخفيض العدد بالنسبة لزيادة الطول وهذا العامل ساعد أيضاً على تقليل زمن المد اللازم. أما نسبه استخدام القماش فقد زادت بمقدار 2.7% وهذه تعتبر نسبة جيدة لتقليل الهدر الواقع في القماش نتيجة صف القوالب غير المنتظم.

4-3-5-2 الاختبار الاحصائي

1- مجتمع البحث

مجتمع البحث الذي تم اختياره هو شركة BIG BLUE للألبسة الجاهزة.

2- عينة البحث

نظراً إلى الحجم الكبير الذي يمثله مجتمع البحث والذي يمثل أوامر الإنتاج المنجزة في الشركة تم أخذ عينات منه وهذه العينات تتمثل بالطلبات الموحدة: وهي الطلبات التي تتميز بأعدادها المتباينة ومقاساتها المختلفة وهي الطلبات التي تظهر فيها مشاكل عديدة أثناء عملية الجدولة.

3- أسلوب جمع البيانات

تم جمع البيانات بواسطة أسلوب العينة: وهو أسلوب يعتمد على جمع المعلومات عن عدد محدود من المفردات، ثم تعميم نتائج هذه المفردات على المجتمع كاملاً ويتميز بتكاليف أقل وجهد أقل وكذلك الوقت. وهو يعتبر أسلوب جيد وشائع الاستخدام مقارنة مع أسلوب الحصر الشامل كونه يعتمد بالدرجة الأساسية على العشوائية، وبعد إجراء الاختبار يمكن تعميم النتائج على المجتمع كاملاً، حيث تم إدخال البيانات الخاصة بالطريقة التقليدية والطريقة المؤتمتة على برنامج الإحصاء SPSS من أجل اختبار الفرضيات.

4- الفرضيات

الفرض الصفري H_0 :

لا يوجد فروقات إحصائية بالتكلفة بين الطريقة التقليدية لتنفيذ أمر للقص والنمذجة الحاسوبية له.

الفرض البديل H_1 :

النمذجة الحاسوبية لأمر القص أقل تكلفة من التقليدية.

بعد إدخال البيانات إلى برنامج spss تم إجراء تحليل وصفي للبيانات ومن ثم معالجتها من أجل الحصول على المعلومات على شكل نتائج وصفية، والمقصود بالبيانات الخام هي البيانات التي يتم جمعها من المجتمع قبل معالجتها.

ويجب التنويه إلى أن الاختبار يتم وفق مستوى دلالة إحصائي $\alpha=5\%$ ويوضح هذا المؤشر أقصى احتمال لوقوع الخطأ.

5- الخطوات العملية لإجراء الاختبار:

- تحديد توزع العينة المأخوذة: يتم تحديد توزع العينة من خلال ملاحظة توزع المتوسطات الحسابية لأفراد العينة.
- تحديد جهة الاختبار: تحدد مجال قبول الفرضية العدم (الصفري) H_0 والاختبار القائم في هذا البحث هو اختبار من جهة واحدة من جهة اليمين وبالتالي سوف يتم أخذ مستوى الدلالة $\alpha=5\%$ كما هو.

- تحديد الحد الفاصل بين منطقة الرفض ومنطقة القبول: وفق قيم معيارية وقيمتة في هذا البحث 5% والاختبار سيتم من جهة واحدة فقط.
- إجراء الاختبار الإحصائي وتقييم النتائج: تم إجراء اختبار T test (اختبار ستودنت) لإجراء مقارنة بين عينتين غير مستقلتين وهما الأسلوب التقليدي والأسلوب المؤتمت واختيار الأمتل بينهما. وهو اختبار للعينات الصغيرة والتي لا تزيد عن 30 مفردة. وبداية تم تعريف المتحولات على برنامج spss كما في الجدول (19) وإدخال قيم الطلبات التي سيتم اختبارها.

الجدول (19) تعريف متغيرات الاختبار الاحصائي

المتحولات	النوع
أمر الإنتاج	Simple
نسبة استهلاك القماش	F. usage
عدد الطبقات	N. layer
عدد الماركر	N. marker

وبعد ذلك يتم إجراء اختبار T test للمقارنة بين العينات المأخوذة وهي تصنف بأنها عينات صغيرة غير مستقلة كون لها نفس الحجم ولكن بزمنين مختلفين (قبل وبعد) حيث سيتم إجراء ثلاث اختبارات:

العينه & نسبة الاستهلاك

العينه & عدد طبقات الأقمشة

العينه & عدد الماركر

وقد تم اختيار هذه البارامترات بشكل خاص كون لها تأثير كبير على عامل التكلفة في صناعة الألبسة الجاهزة

نتائج الاختبار الأول:

تم إجراء الاختبار على 7 عينات من الشركة قيد الدراسة، حيث أن الاختبار الأول كان بين المتغير المستقل وهو العينه (simple) ونسبة استهلاك القماش (F. usage) كمتغير مستقل كما هو موضح في الشكل (64).

T-Test

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
simple	14	1,5000	,51887	,13868
F.usage	14	80.6729	1.79966	.48098

One-Sample Test

Test Value = 0

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
simple	10.817	13	.000	1,50000	1,2004	1,7996
F.usage	167.726	13	.000	80.67286	79.6338	81.7119

الشكل (64) نتائج الاختبار الأول

بلغ المتوسط الحسابي للمتغير استهلاك القماش 80.7% وبانحراف معياري 1.8 وبلغت قيمة $\text{sig}=0.000$ < 0.05 وبالتالي فإن الفرضية الصفرية مرفوضة ونقبل الفرضية البديلة والتي توضح تحسن نسبة استهلاك القماش عند استخدام النمذجة الحاسوبية لتنظيم وتخطيط أمر القص.

نتائج الاختبار الثاني: وبنفس الأسلوب السابق تم اختبار العلاقة بين العينات المختبرة كمتغير تابع وعدد طبقات القماش قبل وبعد تطبيق النمذجة الحاسوبية وأظهرت النتائج المبينة في الشكل (65) أن المتوسط الحسابي لعدد الطبقات. بلغ 76.28 بانحراف معياري مقداره 20.4 وتطبيق اختبار T-test أثبتت قيمة ال sig أن تطبيق النمذجة الحاسوبية ساعد على تخفيض عدد طبقات القماش عن طريق الاستغلال الأمثل لكامل طول طاولة القص

T-Test

One-Sample Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
simple	14	1,5000	,51887	,13868	
N.layers	14	76.2857	20.45042	5.46561	

One-Sample Test					
Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference
					Lower Upper
simple	10.817	13	.000	1,50000	1,2004 1,7996
N.layers	13.957	13	.000	76.28571	64.4780 88.0934

الشكل (65) نتائج الاختبار الثاني

أما بما يخص الاختبار الثالث فقد درس العلاقة بين العينة وبين عدد البترونيات المستخدمة للحصول على أمر الإنتاج كاملاً ونتيجة اختبار T-test أظهرت النتائج المبينة في الشكل (66) دور النمذجة الإحصائية بتخفيض عدد البترونيات المستخدمة وبالتالي تحقيق وفر في الوقت المهدور ومواد الطباعة، وبما أن العينة تم أخذها بشكل عشوائي من ضمن مجموعة من الطلبيات فيمكن تعميم النتائج على المجتمع كاملاً. وبالتالي فإن النمذجة الحاسوبية لأمر الإنتاج يعتبر أفضل وأقل تكلفة من الطريقة التقليدية.

T-Test

One-Sample Statistics					
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
simple	14	1,5000	,51887	,13868	
N.layers	14	76.2857	20.45042	5.46561	

One-Sample Test					
Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference
					Lower Upper
simple	10.817	13	.000	1,50000	1,2004 1,7996
N.layers	13.957	13	.000	76.28571	64.4780 88.0934

الشكل (66) نتائج الاختبار الثالث

4-3-5-3 نتائج الاختبار الاحصائي

- إن تطبيق النمذجة الحاسوبية ساعد على تخفيض عدد طبقات القماش عن طريق الاستغلال الأمثل لكامل طول طاولة القص حيث أدى تطبيق خوارزمية التخطيط إلى تخفيض عدد طبقات القماش بنسبة 17.8% للعينات المأخوذة.
- انخفاض في عدد الماركرات بمقدار 14.7% وهذا يساعد على تخفيض في تكلفة ورق الطباعة المستخدم من جهة، وتقليل الوقت اللازم لفرد مدة جديدة وهو ينعكس بشكل إيجابي وكبير على تكلفة القطعة النهائية.
- حسن استخدام طريقة النمذجة الحاسوبية من نسبة استخدام القماش بمعدل 2-3% حسب الطلبية المختبرة وهي نسبة جيدة جداً كون أن تكلفة القماش تشكل حوالي 70% من تكلفة قسم القص وهي تنعكس بشكل كبير في حال تم تطبيقها على كامل الطلبيات في الشركة.
- استخدام الطريقة المؤتمتة قد خفض عدد الماركرات المستخدمة وبالتالي خفض الوقت الواجب لإتمام عملية الفرد حيث يأخذ تجهيز المدات عدة أيام حتى يتم إتمام عملية قص جميع القوالب حتى يتم الانتهاء من فرد القماش وإعطاءه الوقت اللازم ليعود للقماش خواصه الأساسية وتزول الاجهادات الناتجة عن الشد الزائد أثناء الفرد (Pamuk O., 2016). مما ينعكس على الوقت والجهد المبذولين وذلك عن طريق زيادة عدد طبقات الأقمشة في كل مدة باستغلال كامل المساحة المتوفرة من طاولة القص.

4-4 الأسلوب التقليدي لترتيب القوالب المتبع في شركات الألبسة الجاهزة السورية

تعرف عملية قص القماش بأنه تحويل مساحات القماش إلى قطع صغيرة حسب شكل الماركر المطلوب، وعادة ما يتم قص أجزاء القوالب من طبقات القماش المختلفة للحصول على قطع ملابس جاهزة، وينتج عن هذه العملية فراغات غير مستعملة في القماش نتيجة الشكل غير المنتظم لأجزاء القوالب، وتخفيض هذه العوادم هو عامل هام يحظى باهتمام من قبل مصنعي الألبسة لأنه يؤثر على التكلفة بشكل كبير. تتضمن عملية تخطيط الماركر عملية قص وتعشيق أجزاء القوالب فيما بينها للحصول على ماركر بأعلى كفاءة ممكنة. سيركز البحث على توضيح آلية تجميع الأشكال غير المنتظمة وهي أجزاء البترون والتي تعرف بالتعشيق في صناعة الألبسة الجاهزة.

4-4-1- دراسة واقع قسم القص في الشركة قيد الدراسة ومراقبة ترتيب القوالب

تمت دراسة واقع قسم القص في الشركة والتركيز على طريقة توزيع أجزاء القوالب على الماركر وتعتبر مرحلة أساسية كونها تقوم بتحديد كمية العوادم الناتجة عن قسم القص. تم أخذ أمر إنتاج من الشركة قيد الدراسة ومتابعة خطوات التنفيذ في قسم التصميم والقص، فبعد أن يتم تخطيطه وتوزيعه على الماركرات المطلوبة تبدأ عملية التوزيع من قبل الفني الموجود في الشركة بحيث تكون مدخلات هذه العملية هي:

- أجزاء القوالب وعددها وقياساتها.

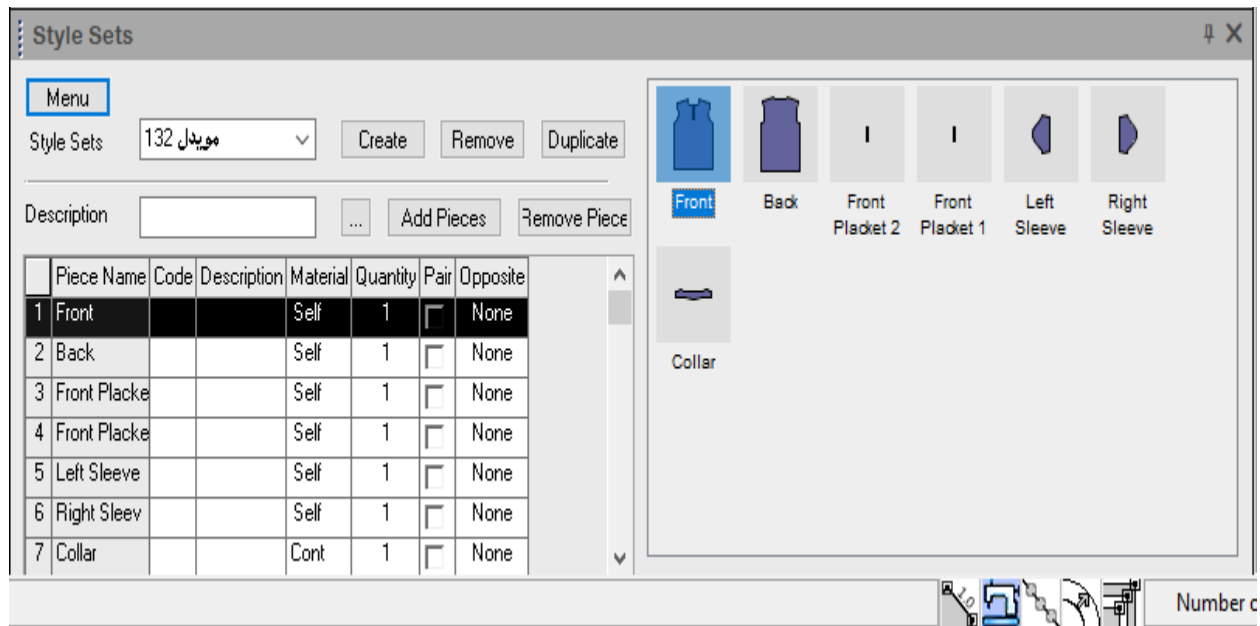
- عرض القماش المطلوب.

ويتم التوزيع على الماركر المطلوب وفحص كفاءة الماركر في كل سيناريو مقترح وإمكانية التعديل للوصول إلى كفاءة جيدة. يتم تحديد جودة الكفاءة وحسب جودة المنتجات التي يتم إنتاجها، وغالباً ما يتم قبول الماركر في حال كانت كفاءتها أعلى من 75% حسب طبيعة أمر الإنتاج [6]. وبالنسبة لأمر الإنتاج المأخوذ من الشركة أولاً سيتم عرض الموديل المطلوب وهو موضح بالشكل (67) وهو عبارة عن كنزة رجالي مطلوب وفق المقاسات التالية (S. M. L. XL. 2XL. 3XL. 4XL) حيث تتألف القطعة الواحدة من 7 أجزاء.



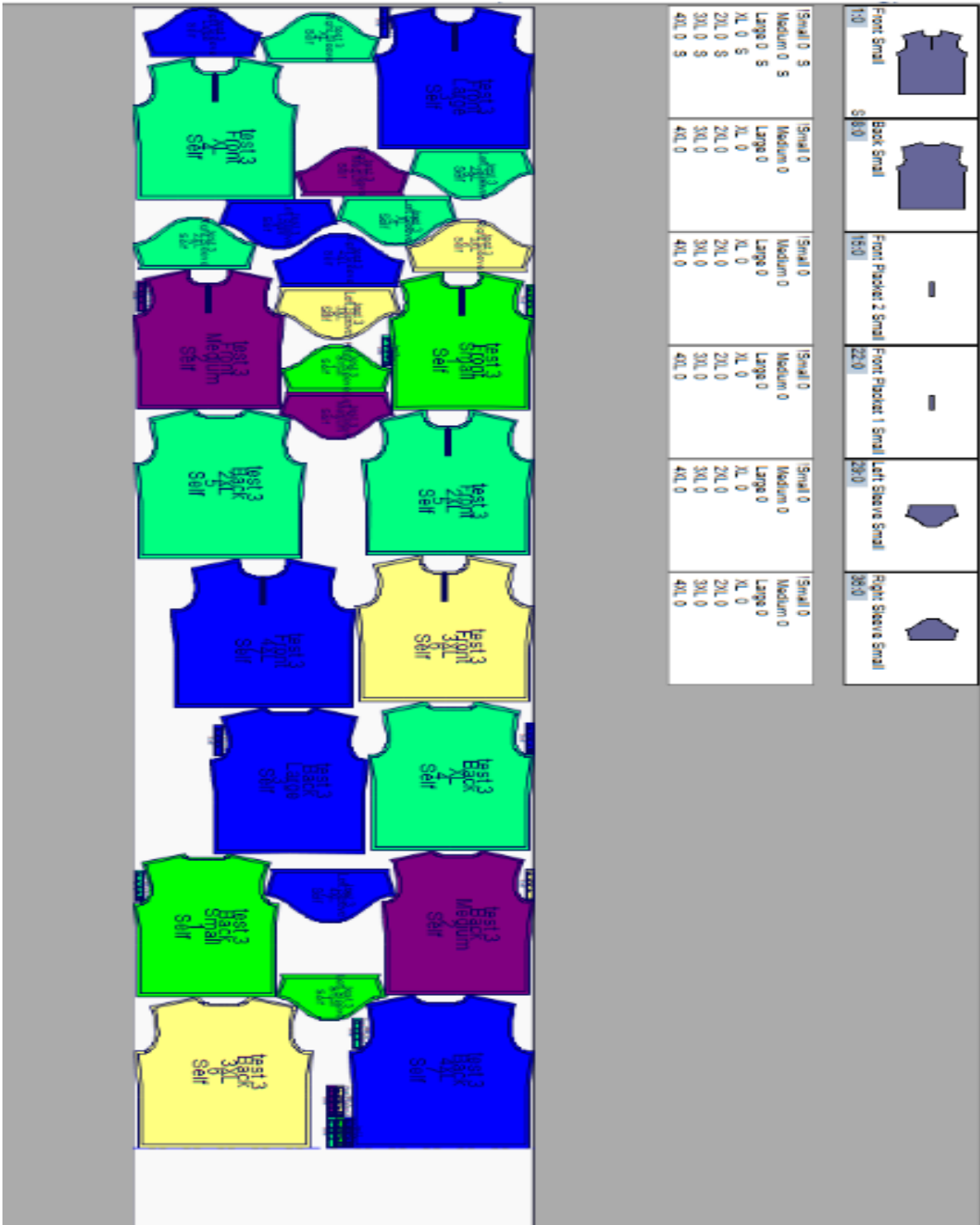
الشكل (67) الموديل المطلوب

يتم فردها على الماركر وفق عرض ثابت وهو متعلق بعرض القماش 155 cm بعد أن يتم تصميمها على برنامج Optitex وتحضير الأجزاء المكونة لها بدقة كاملة حسب المواصفات المطلوبة على برنامج سحب القالب Optitex PDS كما هو موضح بالشكل (68)



الشكل (69) النمط الخاص بأمر الإنتاج

من خلال أيقونة style sets يأخذ كل جزء من أجزاء القالب الخصائص الخاصة به وهي: الكود الخاص به، نوع القماش، وعدد القطع المطلوبة منه، وخيار الأزواج في حال كانت القطعة لها مثيل (كم يمين + كم يسار) وبعد الانتهاء من اعداد النمط الخاص بهذا القالب يتم استدعائه بالاسم حتى يتم فرد أجزاء القوالب على برنامج سحب القوالب Marker Optitex كما هو موضح في الشكل (70)



الشكل (70) توزيع الماركر بالأسلوب التقليدي

وعند إعطاء أمر المد تظهر سيناريوهات عديدة يتم اختيار الخيار الأمثل منها خلال 5 دقائق وحساب البارامترات المتعلقة بالماركر، وبعد الانتهاء من المعالجة وهي الطول العامل الذي تم فرد أجزاء القوالب عليه، ونسبة كفاءة الماركر، وعدد القطع التي تم مدها وعدد القطع الكلية. يتم عرض المخرجات أسفل الشاشة ومن أجل التوضيح تم ذكر أهم البارامترات في الجدول (20).

الجدول (20) مخرجات الأسلوب التقليدي

الواحدة	القيمة	البارامترات
Cm	155.00	عرض الماركر Marker Width
Cm	639.21	طول الماركر Marker Length
%	78.57	الكفاءة Efficiency
Cm	6566.22	طول القص Cut. Length
cm ²	7.7844	مجموع المساحات Sum. Area
قطعة	42	عدد الكلي للقطع Total Pieces
قطعة	42	عدد القطع التي توضع في الماركر Placed
طبقة	500	عدد الطبقات No. of Plies
	مفرد	طريق الفرد Layout

4-5 ترتيب أمر القص باستخدام الخوارزمية الجينية.

4-5-1- بناء خوارزمية ترتيب القوالب

تم تنفيذ الخوارزميات المطروقة في البحث بواسطة لغة C++ واستخدام التتابع الخاصة بالخوارزميات الجينية GA باستخدام برنامج MATLAB بهدف اختيار الحل الأمثل والأفضل من خلال مجموعة كبيرة من الخيارات والبالغ عددها 100 خيار بزمن مقداره 2 دقيقة في هذا البحث، مع ملاحظة إمكانية تغيير عدد مرات التوليد وزمن المعالجة حسب المسألة المطروحة.

وتكون مدخلات الخوارزمية المقترحة هي عبارة عن تنفيذ لخرج الخوارزمية الأولى والتي تحتوي على عدد من الماركرات بحيث كل ماركر منها يعتبر مدخل واحد للخوارزمية، مع كافة المعلومات الخاصة به من حيث عدد القطع وأبعادها والصورة الخاصة بها.

بداية يتم استخراج المعلومات الخاصة بالقالب المطلوب بعد تصميمه وسحبه على برنامج Optitex PDS كما في الخطوات المذكورة في الأسلوب التقليدي، وهذه المعلومات هي المساحات الخاصة بأجزاء القوالب المطلوبة موضحة بالشكل (71) والغرض من المساحات هو استخدامها ضمن الخوارزمية لحساب نسبة كفاءة الماركر.

Style file:		Polo Shirt.PDS				
Global Pieces Info:						
Piece name	Quantity	Area	Perimete	Material	Code	Piece description
Front	1	3.4370	2516.75	Self		
Back	1	3.6443	2242.23	Self		
Front Placket 2	1	0.0456	330.89	Self		
Front Placket 1	1	0.0456	330.89	Self		
Left Sleeve	1	0.7552	1004.01	Self		
Right Sleeve	1	0.7552	1004.01	Self		
Collar	1	0.3550	930.30	Contrast 1		

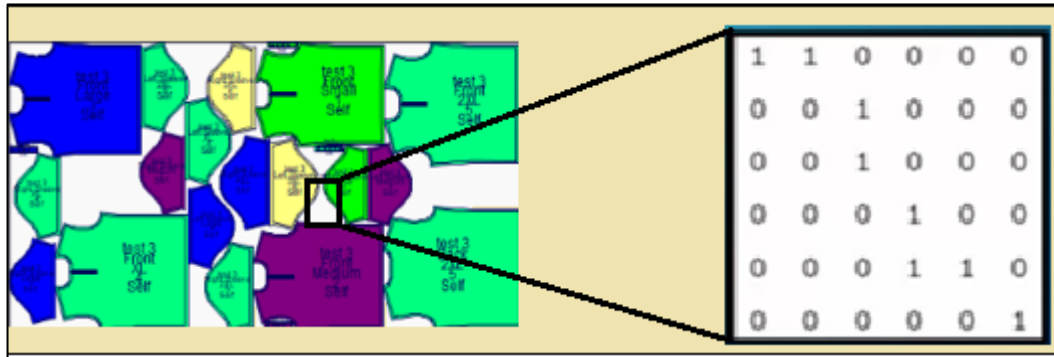
الشكل (71) بارامترات الخاصة بالموديل

وتم الاستعانة بتوابع معالجة الصورة Imread & Imshow كوسيلة للتوضيح أجزاء القوالب، حيث يتم التعبير عن كل جزء من أجزاء القوالب الموجودة والمشكلة للقطعة الملابس المطلوبة ضمن أمر الإنتاج على أنه صورة لها اسم محدد يتم استدعائها من خلاله وموضحة بالشكل (72)



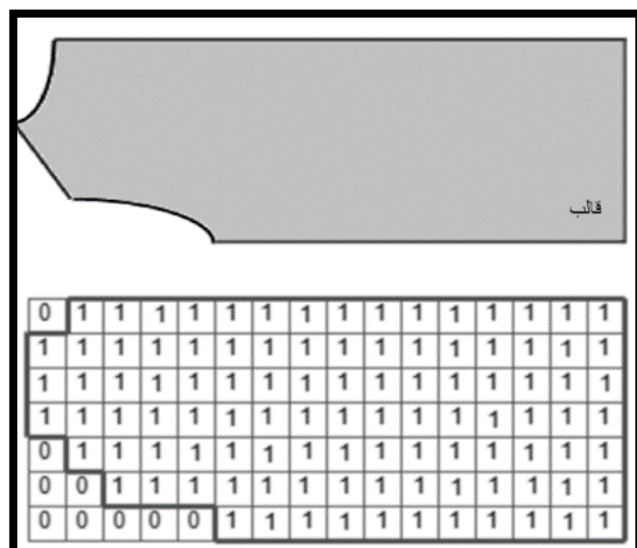
الشكل (72) الصور الخاصة بأجزاء القوالب

وكل صورة من الصور السابقة يتم معالجتها لتحويلها إلى صورة رقمية أحادية وكل صورة رقمية يعبر عنها بمصفوفة ببعدين حجمها $m \times n$ موضحة بالشكل (73) وكل بكسل ضمن الصورة يأخذ إما اللون الأبيض وهي قيمة 0 تعبر عن لون القماش أو الأسود وهو قيمة 1 يعبر عن لون الماركر



الشكل (73) تحويل الصورة الحقيقية إلى رقمية

وبأخذ كل جزء من القالب لوحده وجراء معالجة عليه باستخدام التابع السابقة وتحويله لصورة رقمية كما هو موضح في الشكل (74)

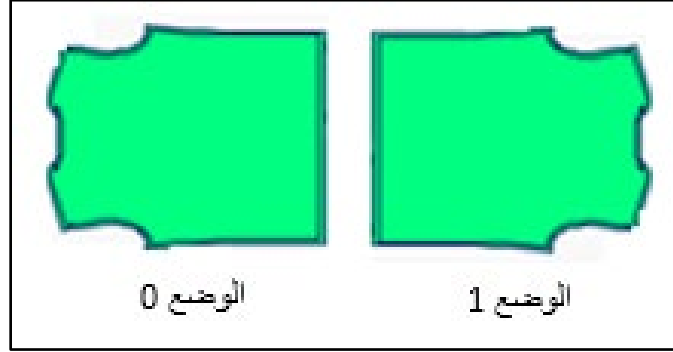


الشكل (74) تمثيل القوالب على شكل مصفوفة ثنائية

وبالاعتماد على نفس الأسلوب السابق يتم ترميز الماركر كاملا بواسطة مصفوفة ثنائية البعد تحتوي على نوعين من البكسلات: بكسل مشغول وبكسل غير مشغول. وتكون البكسلات المشغولة هي البكسلات المستخدمة من قبل أجزاء القوالب التي أخذت موضعها على الماركر أما غير المشغولة فهي البكسلات التي تكون متاحة للاستخدام من قبل الأجزاء اللاحقة. ويشترط أثناء عملية مد الماركر عدم تطابق بكسلات المشغولة الحاوية على رقم 1 في الصورة الرقمية مع بعضها وذلك يضمن عدم تداخل أجزاء القوالب أثناء عملية المد والتبديل بين القوالب للوصول إلى الماركر المناسب وتم توضيح هذا الشرط من خلال الشكل (75) الذي يتم من خلاله توضيح مراحل المد لأجزاء القوالب، حيث في القسم (أ) تتوضع الجزء الأول والقسم (ب) يأتي دور الجزء الثاني بحيث يتوضع على تماس مع الجزء الأول بدون التداخل الموضح في القسم (ج)

(a) الوضع 0: الحفاظ على الوضع الحالي لأجزاء القوالب.

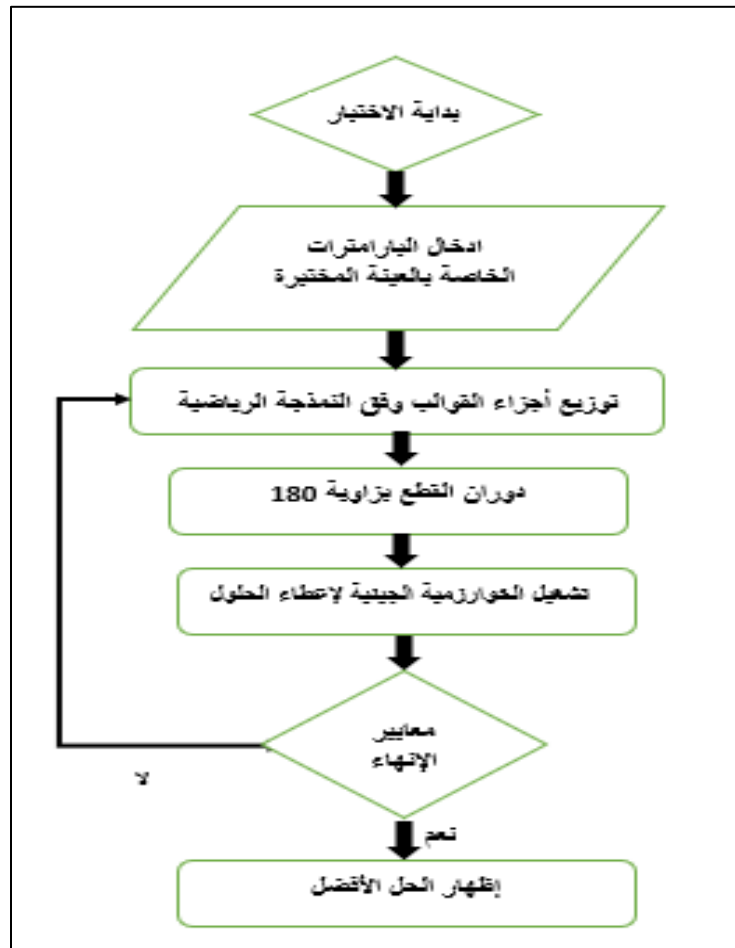
(b) الوضع 1: دوران بزواوية مقدارها 180 درجة.



الشكل (76) دوران أجزاء القوالب

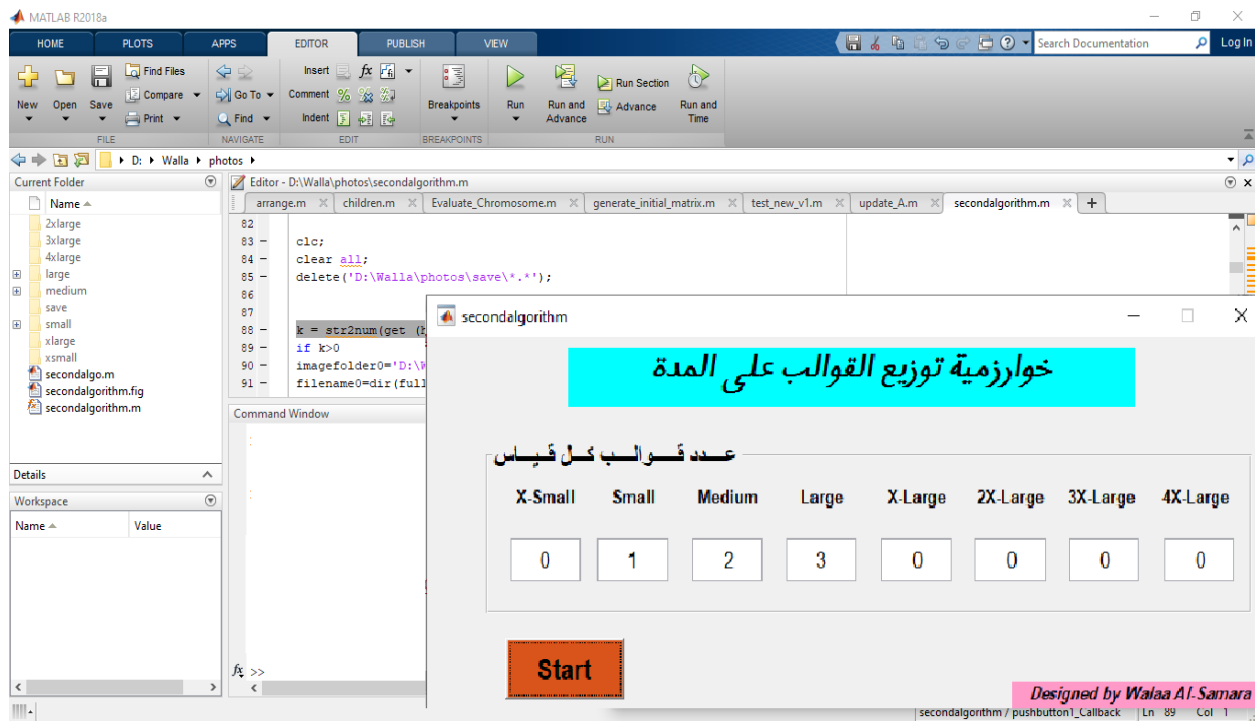
وتم اختيار الزاوية المذكورة فقط (180) لكي تتناسب مع جميع أنواع الأقمشة التي سيتم اختيارها حيث يمكن اختيار زوايا أخرى ويتبع ذلك للقماش المستخدم والموديل المطلوب ويمكن إضافة زوايا دوران أخرى كحالات خاصة ولأقمشة مخصصة. بعد عملية المعالجة والانتهاء من توالد الأجيال تبدأ مرحلة إظهار الحل المقترح على شكل شاشة مماثلة لوسيلة الإظهار المتبعة في برنامج التصميم وسحب القوالب في الشركة لتظهر الماركر المطلوبة. تزويد الحل المقترح من الخوارزميات الجينية بجدول يوضح البارامترات الخاصة بالحل المقترح:

- عرض الماركر وهو ثابت كما في الأسلوب التقليدي $w=const$
 - طول الماركر الناتجة L
 - نسبة استخدام القماش ويعبر عنها بكفاءة المد وهي تتناسب مع طول القماش بشكل عكسي، حيث كلما كان الطول أقل، زادت الكفاءة (Payvandy M., 2015).
- ويوضح الشكل (77) المنهجية التي تعمل وفقها خوارزمية الترتيب



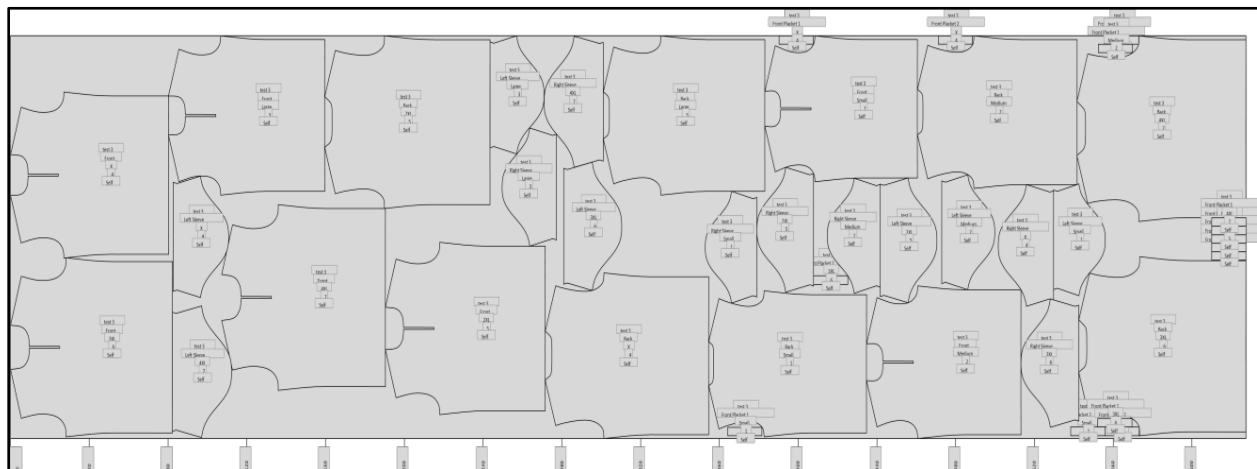
الشكل (77) منهجية العمل

ومن أجل سهولة التعامل مع الخوارزمية التي تم انشاؤها تم إنشاء واجهة رسومية موضحة بالشكل (78) يتم من خلالها إدخال البارامترات الخاصة بالماركر الواحد من عدد القطع المطلوبة لكل قياس وفي حال عدم وجود قياس محدد فتأخذ الخوارزمية قيمة الصفر تلقائياً. وعند الضغط على زر start تبدأ الخوارزمية بالعمل ليتم الحصول على نتائج العمل على شكل ماركر يحتوي على عدد القطع الملبسية المطلوب توزيعها على القماش.



الشكل (78) الواجهة الرسومية 2

ومن أجل اجراء مقارنة مع الأسلوب المقترح المعتمد على الخوارزمية الجينية، يتم تزويد البرنامج الذي تم إنشاؤه بالمدخلات ذاتها وتطبيق الخوارزمية وبعد الانتهاء من المعالجة والتي استغرقت حوالي 2 دقيقة واختيار الحل الأمثل تبدأ الخوارزمية باختيار بعض القطع بشكل عشوائي وإعطائها دوران π وبعدها يتم إظهار الحلول على شكل ماركر كما هو موضح في الشكل (79)



الشكل (79) مد الماركر بالأسلوب المطور

والجدول (21) يوضح المخرجات المرافقة للماركر وقد تم توحيد بارامترات النتائج التي حصلنا عليها من أجل سهولة التقييم.

الجدول (21) نتائج الأسلوب المطور

البارامترات	القيمة	الوحدة
Marker Width	عرض الماركر	155.00 (Cm)
Marker Length	طول الماركر	627.45 (Cm)
Efficiency	الكفاءة	80.04 (%)
Total Pieces	عدد الكلي للقطع	42 (قطعة)
Placed	عدد القطع التي توضع في الماركر	42 (قطعة)
No. of Plies	عدد الطبقات	500 (طبقة)
Layout	طريق الفرد	مفرد

4-5-4- اختبار صحة خوارزمية الترتيب.

تمت مقارنة النتائج بين الأسلوب التقليدي والأسلوب الجيني المطور الموضحين في الشكل (80) بعد توحيد البارامترات بين الأسلوبين لضمان صحة عملية الاختبار، تمت مقارنة النتائج من خلال عدة نقاط وكان أهمها هو مقارنة بين كفاءة مد الماركر في الأسلوب التقليدي والتي بلغت % 78.57 وهي نسبة مقبولة في قطاع صناعة الألبسة الجاهزة وكفاءة المد في الأسلوب المقترح والتي بلغت % 80.04 وباستخدام خوارزمية البحث المقترحة (من خلال حساب نسبة البكسلات البيضاء إلى البكسلات السوداء) يُلاحظ نسبة التحسين في كفاءة المد والتي بلغت % 1.47 وهي نسبة جيدة بالنسبة لصناعة الألبسة الجاهزة التي تعتمد على أسلوب الإنتاج الكمي وليس النوعي. ولعكس هذه النسبة وتحويلها لقيمة مادية ملموسة نستخدمها لحساب استهلاك القماش من خلال المعادلة التالية (Ondogan Z., , 2018):

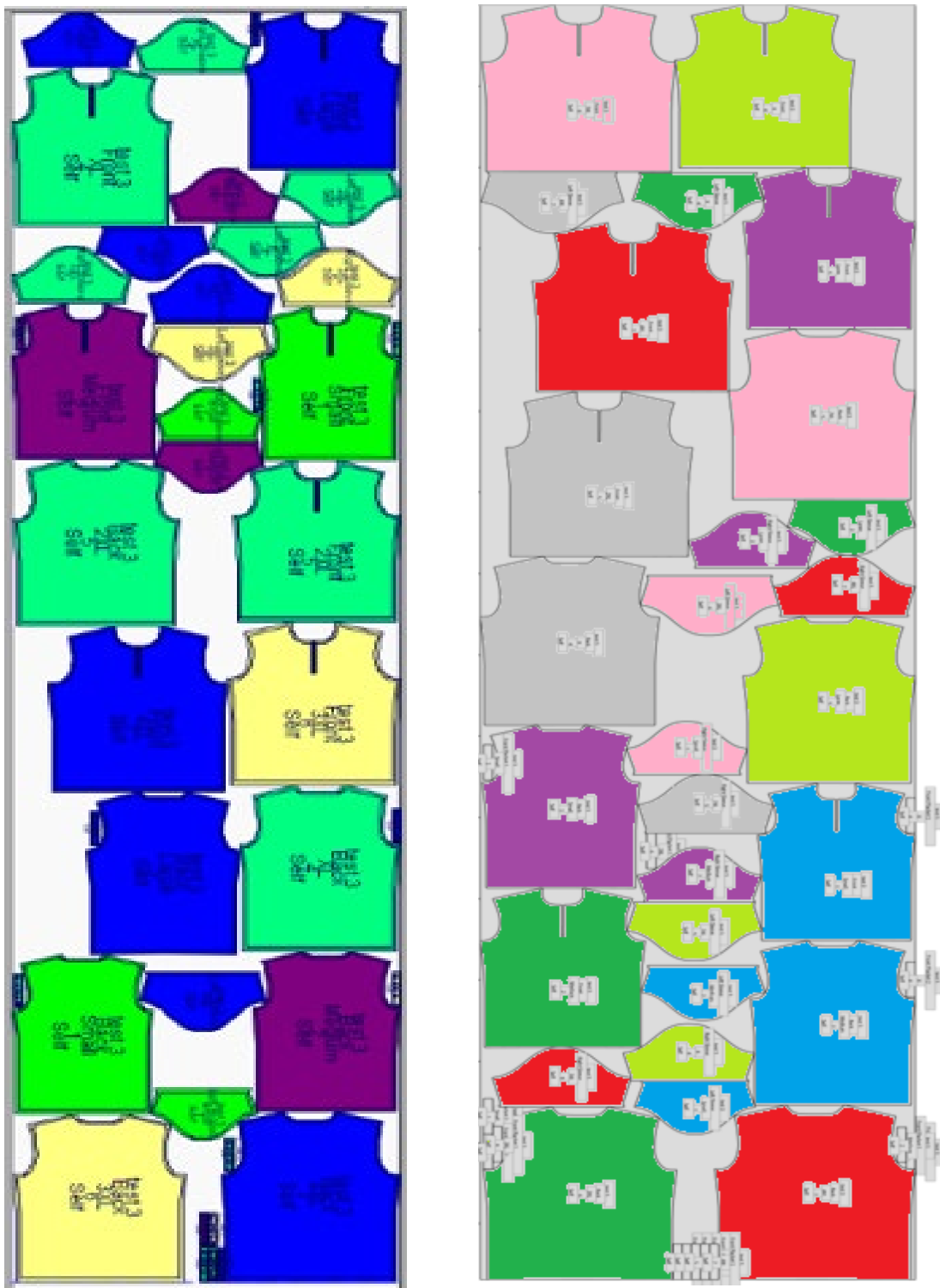
$$\text{المعادلة (4)} \quad \text{كمية الاستهلاك الحقيقي للقماش} = \frac{\text{طول الماركر} * \text{عدد الطبقات}}{\text{العدد الكلي للقطع الملبسية}}$$

بتطبيق المعادلة السابقة يتم الحصول على قيمة الاستهلاك للقماش لكلا الأسلوبين وهي موضحة ضمن الجدول (22)

الجدول (22) مقارنة نتائج خوارزمية ترتيب القوالب

الموديل	الأسلوب التقليدي		الأسلوب المطور	
	الكفاءة	طول الماركر	الكفاءة	طول الماركر
تيشرت رجالي	78.57 %	639.21	80.04%	627.45

وتم التركيز على بارامتر القماش بالدرجة الأولى كون أنّ نسبة تكلفته تمثل 70% من إجمالي التكلفة الكلية في قسم القص وتتوزع بقية الكلفة على تكلفة العمالة بنسبة 20% وتكلفة طاولة القص والمستلزمات الخاصة بنسبة 10% حسب دراسات سابقة (Agrawal B., 2019)



الشكل (80) مقارنة الأسلوبين

4-5-5-دراسة العلاقة بين نسبة كفاءة الماركر ونسبة استخدام القماش

تم التركيز في هذا البحث على الماركر سواء ما يخص عملية التحضير والتي تتطلب التخطيط قبل المد وهدف التخطيط الحصول على الماركر الأكثر كفاءة، والتي تمت معالجتها من خلال خوارزمية التخطيط الأولى، أو عملية ترتيب أجزاء القوالب ضمن الماركر والتي تمت معالجتها من خلال خوارزمية الترتيب الثانية. حيث أن الماركر الفعال يساعد على تحقيق الاستفادة القصوى من القماش في صناعة الألبسة الجاهزة مما يؤدي إلى زيادة الأرباح والتي هي غاية جميع الشركات. وتعتبر نسبة كفاءة الماركر (Mausmi A., 2013) عن نسبة استخدام مساحة القماش وهي نسبة مجموع مساحات أجزاء القوالب الموزعة على الماركر على مساحة الماركر نفسه. وهناك العديد من العوامل التي تؤثر على كفاءة الماركر منها نسبة قياسات القطع المطلوبة وعرض الماركر وطريقة التوزيع. وكفاءة الماركر يتم عكسها بشكل مباشر على التكلفة القماش المستخدم وبالأخذ بالاعتبار تكلفة القماش وباعتبار سعر متر القماش للعينة المأخوذة 5600 ل.س لعام (2020) سيتم حساب الاستهلاك الحقيقي والتكلفة لكل من الأسلوبين كما هو موضح بالجدول (23).

الجدول (23) مقارنة بين الأسلوب التقليدي والمطور

العامل	الأسلوب التقليدي	الأسلوب المطور
استهلاك القماش (m)	45,642	44,817
التكلفة (s.p)	255,595,200	250,975,200

وبالتالي من أجل أمر انتاج واحد تم تحسين الكفاءة بمقدار 1.47% أي أن الأسلوب الجديد قد ساهم بزيادة نسبة استهلاك القماش حيث وجد فرق في الاستهلاك حوالي 800 متر قماش، مما ينعكس بشكل إيجابي على تكلفة القطعة الملبسية الواحدة. حيث أن تكلفة المنتج تعتبر من أهم النقاط التي يهتم بها أصحاب المنشآت، نظراً لأهميتها الكبيرة في تسعير المنتج النهائي وتحديد هامش الربح، وذلك لمواكبة التنافسية الشديدة بين المنشآت وهي تعتبر هامة جداً في مجال صناعة الألبسة، كونها صناعة تعتمد على الكم وبالتالي سيكون انعكاس هذه النسبة كبيراً إذا ما تم تعميم الخوارزمية المقترحة. ونظراً لأن تكلفة المنتج غير ثابتة بسبب اعتمادها على تكلفة الخامات فهي تعتبر العامل المهم والأساسي الذي يرافق ارتفاع أو انخفاض التكلفة.

5 الفصل الخامس: الاستنتاجات والآفاق المستقبلية

في هذا الفصل تمّ عرض خلاصة ما توصل إليه البحث من مناقشة للنتائج والاختبارات العملية، والتوصيات والمقترحات التي نتجت عن البحث، بالإضافة إلى الآفاق المستقبلية والتطلعات المرجوة من البحث.

5-1 النتائج

من خلال العمل على هذا البحث تم تسجيل النتائج التالية:

انطلاقاً من المشكلات التي تم طرحها ضمن البحث تم اقتراح نموذج مؤتمت يعتمد على خوارزميات ومعادلات رياضية من أجل تخطيط أوامر الإنتاج الخاصة بالطلبات الموحدة وتم التأكد من صلاحية الخوارزمية المطورة من خلال مقارنة النتائج بين الأسلوبين التقليدي والمطور بالاعتماد على عدد القطع الملبسية الناتجة وعدد طبقات القماش اللازمة لتحقيق الطلبية وقد حققت الخوارزمية المطورة نجاحاً ملحوظاً من خلال الوصول إلى الهدف المنشود وهو تنفيذ أمر الإنتاج دون زيادة أو نقصان في عدد القطع وبأقل عدد طبقات ممكنة، وبالتالي يمكن الاستغناء عن الطريقة التقليدية التي تعتمد على الخبرة الشخصية للمختصين، حيث حقق النموذج المطور النتائج التالية:

1. تطبيق الخوارزمية المقترحة ساعد على تخفيض عدد طبقات القماش عن طريق الاستغلال الأمثل لكامل طول طاولة القص.

2. انخفاض في عدد الماركرات، وهذا يساعد على تخفيض في تكلفة ورق الطباعة المستخدم من جهة، وتقليل الوقت اللازم لفرد مدة جديدة.

3. استخدام الخوارزمية حسّن من نسبة استخدام القماش بمعدل 2-3% حسب الطلبية المختبرة مما ينعكس بشكل كبير على تكلفة القطعة الواحدة ويمنع هدر القماش.

4. استخدام الطريقة المؤتمتة قد خفض عدد الماركرات المستخدمة وبالتالي خفض عدد المدات الواجب فردها للحصول على الطلبية مما ينعكس على الوقت والجهد المبذولين وذلك عن طريق زيادة عدد طبقات الأقمشة في كل مدة باستغلال كامل المساحة المتوفرة من طاولة القص.

5. ومن أجل تعميم صلاحية استخدام الخوارزمية المقترحة، تم إجراء اختبارات إحصائية لنتائج عينة من أوامر الإنتاج والبالغ عددها 7 عينات ومقارنة النتائج قبل وبعد تطبيق الخوارزمية المطورة باستخدام اختبار T-test وأظهرت نتائج الاختبارات الإحصائية صحة الفرضية: النمذجة الحاسوبية لأمر القص أقل تكلفة من التقليدية.

6- أثبتت خوارزمية ترتيب أجزاء القوالب ضمن الماركر فعالية وكفاءة في تحسين نسبة استخدام القماش وذلك من خلال الاطلاع على مشاكل تعبئة الأشكال غير المنتظمة، والتركيز على نقاط القوة والضعف فيها ، ومن ثم اقتراح أسلوب يعتمد على الخوارزمية الجينية وتطويره بما يتناسب مع العملية الإنتاجية ضمن شركات الألبسة الجاهزة ويتجاوز العقبات التي اعترضت الدراسات السابقة، وذلك عن طريق وضع قيود خاصة بصناعة الألبسة، كان أهمها تحديد زاوية الدوران للقطع بما يتناسب مع القماش الموجود والذي سيتم تنفيذ الطلبية عليها، وترتيب الأجزاء بتراس معين دون حدوث أي تداخل بين القطع بالاعتماد على الأسلوب السابق وعلى تقنية معالجة الصورة.

7- تم تنفيذ الخوارزمية المقترحة عند بارامترات محددة وهي احتمال التصالب هو 0.7 وهو تصالب ذو نقطة واحدة واحتمال الطفرة $pm = 0.05$

8- لوحظ عند اختبار خوارزمية الترتيب ومقارنتها مع أسلوب الترتيب المتبع بالشركة أعطت الخوارزمية ترتيباً أفضل لأجزاء القوالب مع استغلال أمثل للقماش، وقد اتضح ذلك من خلال تحسين نسبة استهلاك القماش 2.5-3% تبعاً لتقليل الهدر الناتج.

2-5 التوصيات

1- العمل على انتهاج سياسة التخطيط المؤتمت في قسم القص التي تؤثر بشكل مباشر على التكلفة والوقت المبذول لإنشاء خطة أمر القص.

2- التركيز على خوارزمية تخطيط أمر القص المقترحة في البحث وعرضها ليتم استثمارها ضمن شركات قطاع الألبسة الجاهزة.

3- دراسة إمكانية ادخال زوايا دوران مختلفة تتناسب مع أنواع الأقمشة وكمثال على ذلك أقمشة الليكرا ممكن أن تعطى زوايا أخرى 90 - 45 درجة تتناسب معها. واختبار خوارزمية التعشيق، وإجراء مقارنات مع الطريقة المتبعة.

4- تعميم خوارزمية ترتيب القوالب لتتناسب صناعة المفروشات المنزلية وفرش المركبات، وذلك كون هذه الصناعات تتصف بغلاء أسعار أقمشتها لتحقيق الجودة المطلوبة.

5- تعميم خوارزمية ترتيب القوالب وربطها مع نظام معالجة صورة لتتناسب مع الأقمشة الجلدية وخاصة الطبيعية منها كونها تتصف بعدم انتظامية أشكالها وعدم انتظامية العيوب الموجودة بداخلها بحيث يتم ترتيب القوالب دون الاقتراب من العيوب مما يعطي استغلال أكثر للمساحات السليمة.

6- استخدام الخوارزميات المقترحة في شركات الألبسة الجاهزة نظراً لتحقيق وفر في استهلاك القماش، وإعادة النظر في الأساليب التقليدية في تعبئة الماركر في قسم القص واقتراح الأسلوب المطور للتعشيق الأتوماتيكي.

3-5 آفاق البحث المستقبلية

1- دراسة حالات أخرى لأوامر القص والتي تحتوي على أقمشة مختلفة وألوان مختلفة وبناء خوارزميات رياضية مناسبة لحل هذه المشكلة.

2- تأثير تغيير البارامترات الأساسية في عملية البرمجة الجينية سواء لخوارزمية تخطيط أمر القص أو خوارزمية ترتيب القوالب مثل حجم المجتمع وعدد مرات التوليد ومقارنة النتائج.

3- دراسة فعالية خوارزمية تخطيط أمر القص بالاعتماد على أنواع أخرى من التصالب وقيم طفرات مختلفة وملاحظة الفروقات.

4- دراسة المتطلبات اللازمة وغير المتوفرة لشركات الألبسة الجاهزة السورية لإدخال تقنية التخطيط المؤتمت لأوامر القص ضمن قسم القص.

5- دراسة أثر تطبيق خوارزمية الترتيب عند طريق استخدام عروض مختلفة لرولات القماش وتأثيرها على كفاءة الماركر.

6- دراسة أداء الخوارزمية عند تغيير طريقة توزيع القوالب في حال فرد القماش بطريقة Face To Face

7- إجراء دراسة مسحية على أوسع نطاق لاختبار هذه الطريقة المؤتمتة في كافة شركات الألبسة الجاهزة السورية.

8- إجراء دراسة يوضح من خلالها تأثير التخطيط المؤتمت على تكلفة المنتج النهائية والتي لم يتعرض لها البحث الحالي.

دراسة إمكانية وضع قيود أخرى للخوارزمية التعبئة (الترتيب) المقترحة وملاحظة الفروقات الحاصلة.

الأعمال المرافقة للبحث

- 1- " Reducing Waste in Garment Factories by Intelligent Planning of Optimal Cutting Orders" (2021) -The Journal of The Textile Institute. DOI: 10.1080/00405000.2021.19567
- 2- نشر بحث بعنوان: " تخفيض التكاليف عن طريق النمذجة الحاسوبية أوامر القص في مصانع الألبسة الجاهزة" (2021) - مجلة جامعة دمشق.
- 3- نشر بحث بعنوان: " تحسين نسبة استهلاك القماش في مصانع الألبسة الجاهزة باستخدام الخوارزميات الجينية" (2022) -مجلة جامعة دمشق.
- 4- نشر بحث بعنوان: "أثر تطبيق نظام الإنتاج الآني على التكاليف الصناعية الإنتاجية في شركات الألبسة الجاهزة " (2018) - مجلة جامعة البعث.
- 5- نشر بحث بعنوان: " تطوير نظام الإنتاج الآني للعملية الإنتاجية بواسطة النمذجة والمحاكاة" (2020) - مجلة جامعة البعث.

- Kashem A. (2020). **Fabric Spreading and Its Requirements for Garment Making.** *textileblog*.
- Mausmi A. (2013). **Fabric Utilization Cut Order Planning.** *Stitch World*, 40-43.
- Yang X. (2021). **Nature-Inspired Optimization Algorithms.** *science direct Second Edition*, Pages 297-315.
- Affenzeller M. (2009). **Genetic Algorithms and Genetic Programming.** Germany: Taylor & Francis Group.
- Agrawal B., Bikash Datta D. (2019). **Computer aided cutting in Indian garment industry: a change agent.** *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, Volume 5(Issue 1).
- Aline M., Del Valle, Thiago A. de Queiroz , Flávio K. Miyazawa , Eduardo C. Xavier (2012). **Heuristics for two-dimensional knapsack and cutting stock problems with items of irregular shape.** *ScienceDirect*.
- Alkallak I., Zedan R.(2018). **A Genetic Algorithm in Scheduling Processes with Non – Permeability.** *tanmiat alrrafidayn*, 245.
- Ashour M. (2020). **Artificial Neural Networks.** *University of Baghdad*.
- Burke E.K., Hellier R., Kendall G., Whitwell G.(2017). **Complete and robust no-fit polygon generation for the irregular stock cutting problem.** *sciencedirect*, 27-49.
- Can Ü., Yüksel D.(2020). **Cut Order Planning Optimisation in the Apparel Industry.** *Fibres and Textiles in Eastern Europe*.
- Cordeiro D., Gabrielly A. (2021). **An Optimization Tool for Production Planning: A Case Study in a Textile Industry.** *Applied sciences*, 11, 8312.
- Coril R. (2020). **Complete Process of Marker Making in Apparel Industry,** *textileblog* Retrieved from <https://www.textileblog.com/complete-process-of-marker-making-in-apparel-industry/>

- Daniel k. (2018). **Assembly Line Balancing Using Simulation Technique in a Garment Manufacturing Firm.** .International Journal of Production Economics.
- Dawn M., Rose R. (2019). **Cut scheduling in the apparel industry.** *ResearchGate*.
- Dowsland W., Dowsland A., Vaid S., (2012). **An algorithm for polygon placement using a bottom-left strategy.** *European Journal of Operational Research*, 141, 371–381.
- Edmund B., Graham K. (2018). **Applying Ant Algorithms and the No Fit Polygon to the Nesting Problem.** *The School of Computer Science and Information Technology*.
- Haque M.(2016). **Impact of Different Sorts of Marker Efficiency in Fabric Consumption.** *International Journal of Textile Science*, 96-100.
- Hermawanto D. (2013). **Genetic Algorithm for Solving Simple Mathematical Equality Problem.** arXiv preprint arXiv.
- Jahanara E. (2017). **Fabric Spreading Process in Apparel Industry.**
- Jean Philippe R. (2000). **Genetic Algorithm Viewer : Demonstration of a Genetic Algorithm.** *The University of Michigan Press. Chicago*, p.223.
- MIRA A., Kateh T. (2019). **Applications of IQ in Teaching from University Lecturers points of views.** *Psychological Science, Volume Conference,, Issue 22, Pages 293-316*.
- paseyf N. (2010). **Investigating the Effects of Production Planning on Fabric Costs in Confection Production.** *ekstil ve Konfeksiyon*, 262- 270.
- Naid S. (2019). **Challenges in Sustaining the Fashion Industry.** *Entrepreneur India an international franchise of Entrepreneur Media*.
- Nopiah Z., Khairir M. , Abdullah S., Baharin M. , & Arifin A. (2010). **Time complexity analaysis of the genetic algorithms clustering method.** *WSEAS international conference*.

- Omran K. (2021). **A genetic algorithm for measuring the teaching services efficiency of a scientific department.** *Research Gate*, 21(2) P.16–24.
- Ondogan Z. (2018). **Garment Cutting Room Management.** *Textile School*.
- Pamuk O., Zeynep E. (2016). **A Study About Parameters Affecting The Marker Plan Efficiency.** *Refereed Research*.
- Payvandy M., Kargar P. (2015). **Optimization of Fabric Layout by Using Imperialist Competitive Algorithm.** *Journal Of Textiles And Polymers*, Vol. 3, No.
- Peivandi P., Latifi M. (2009). **“An ILP-GA Based Approach for Nesting Scheduling in Carpet Weaving Industries”**, The 10th Asian Textile. *The 10th Asian Textile conference and modern sciences Ueda Japan*, 7-9.
- presad R. (2012). **Genetic optimization of cut order planning in apparel manufacturing.**
- Raaz N. (2020). **Methods of Fabric Spreading in Garment Industry.** TextileLearner.NET.
- Roetzela W., Luob X., Chenc D. (2020). **Design and Operation of Heat Exchangers and their Networks.** *sciencedirect*, Pages 231-317.
- Rose D., Shier R. (2017). **Cut Scheduling in the Apparel Industry.** *Computers & Operations Research*, 34(11), 3209- 3228.
- Sarkar P. (2018). **Automatic Fabric Spreading Machine in Garment Manufacturing.** Garment Manufacturing.
- Shaban R. (2008). **A Genetic Algorithm in Scheduling Processes.** *tanmiat alrrafidayn*, 245.
- Shang X., Dayong Shen (2019). **A heuristic algorithm for the fabric spreading and cutting problem in apparel factories.** *ResearchGate*.
- Sourabh K., Sumit S., Vijay K. (2020). **A review on genetic algorithm: past, present, and future.** *Appl Energy*, 102–113.

- Thakur V. (2021). **Difference Between Deep Learning And Artificial Intelligence.** *Stanford University.*
- Thiel S. (2020). ***Apparel Pattern Making: A Guide for Fashion Designers.***
- Zhong T., Naveed Y. (2020). **nfluence of Woven Fabric Width and Human Body Types on the Fabric Efficiencies in the Apparel Manufacturing.** *Autex Research Journal*, 4(10).

Summary

The garment industry is one of the simple and the most important industries that many countries depend on to meet their local production and to export their products. In addition, it contributes a high percentage of the national economic output due to the high added value it achieves.

The main goal of the garment industry is to meet the needs of customers at the lowest possible cost by utilizing available resources and minimizing inventory. One of the major challenges facing the garment industry is intense competition and huge requirements in order to reduce the prices requested by customers. In current research, the working conditions of some Syrian garment factories were analyzed, and two basic problems were studied within the design and cutting department in order to implement the production order without increasing or decreasing the number of pieces, and to reach the lower number of fabric layers.

The first problem was how to plan the production order in the case of orders with different numbers of measurements and colors, by studying the traditional method and comparing it with the algorithm developed in current research. The main factor for comparison was the number of markers and the number of layers of fabric for each marker. The algorithm has good results in planning the production order by removing the human factor effect and depending on a scientific method based on mathematical basics and rules, within conditions that have been applied by the algorithm which suit the work conditions of the studied company and make the algorithm applicable in other companies.

The second problem was the arrangement of the patterns within the marker, which is done manually in most companies. In some companies, the method of automatic nesting is done by software. A genetic algorithm was designated to solve the arranging problem of the irregular shapes (patterns) within a two-dimensional container (marker), and calculating the efficiency ratio to get the waste percentage of the fabric was the main factor for comparing between the traditional and designed methods. The second algorithm was able to arrange the patterns within the marker more efficiently than the traditional method, as the algorithm achieved an improvement in the fabric consumption percentage of 2.5-3% and reduced waste. In order to deal with the algorithms designed through research, graphical user interfaces were created in a clear and easy-to-use way.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty Of Mechanical and Electrical Engineering
Mechanical Engineering of Textile Industries and Their
Technology Department



Modelling And Improving the Performance of a Garment Production Line Using Artificial Intelligence Methods

A dissertation submitted in fulfilment of the requirements for
the degree of (PHD) in Management of Textile Enterprises

By

Eng. Walaa Al-samarah

Supervisors

Dr. Maged Youssef

Heriot Watt University

Dr. Basel Younes

Damascus University