تصميم أنموذج مقترح لتحسين تخطيط الإنتاج باستخدام الخوارزمية الجينية

دراسة حالة في شركة الصناعات الخفيفة ـ عشتار في بغداد(*)

م. ايمان أحمد صالح
الجامعة التقنية الشمالية
المعهد التقني الدور
eman1999eee@gmail.com

أ.د. عادل ذاكر النعمة
جامعة الموصل
كلية الإدارة والاقتصاد
adelalnema@yahoo.com

ISSN 2709-6475 DOI: https://dx.doi.org/10.37940/BEJAR.2022.3.3.2

تأريخ استلام البحث ٢٠٢٢/٥/٤ تأريخ قبول النشر ٢٠٢٢/٥/٣١ تأريخ النشر ٢٠٢٢/٩/٣٠

المستخلص

يسعى البحث الحالي إلى تحديد مديات إسهام أساليب الذكاء الاصطناعي في حل المشكلات الصناعية، ولاسيما المتعلقة بتخطيط الإنتاج، وعلى هذا الأساس تضمن البحث إطاراً نظرياً لكل من تخطيط الإنتاج والخوارزمية الجينية في ضوء ما جاء بالمصادر العربية والأجنبية ذات الصلة، كما اعتمد البحث إطاراً ميدانياً لتصميم برنامج باستخدام اللغة البرمجية (MATLAB) لتصميم برنامج الخوارزمية الجينية لتحسين تخطيط الإنتاج في شركة الصناعات الخفيفة ـ عشتار في بغداد، واختار الباحثين كلاً من معمل المجمدات والعارضات ميداناً للدراسة، وتوصل البحث الحالي في ضوء ما قدمه برنامج الخوارزمية الجينية إلى عدد من الاستنتاجات أهمها أسهمت الخوارزمية الجينية بشكل فعال في تقليل كل من الوقت الكلي والكلفة الكلية للإنتاج، وبالتالي تحسين تخطيط الإنتاج في ميدان الدراسة، وفي ضوء ذلك تم تقديم مجموعة من المقترحات التي يمكن الاستفادة منها من قبل إدارة الشركة المبحوث ازاء استخدام أساليب الذكاء الاصطناعي في المجال الصناعي.

الكلمات المفتاحية: تخطيط الإنتاج، الخوارزمية الجينية.

مجلة اقتصاديات الأعمال
المجلد (٣) العدد (٣) ٢٠٢٢
الصفحات: ٢٩ـ٤٩

(*) البحث مستل من أطروحة الدكتوراه للباحثة الأولى.

Design a proposed model to improve production planning using genetic algorithm

A case study in the Light Industries Company - Ashtar in Baghdad

Abstract

The current research seeks to determine the extent of the contribution of artificial intelligence methods to solving industrial problems, especially those related to production planning, and on this basis, this research included a theoretical framework for production planning and genetic algorithm in light of what came from Arab and foreign sources related to these topics, and this research also adopted a field framework for designing A program using the programming language (MATLAB) to design a genetic algorithm program to improve production planning in the Ishtar Light Industries Company in Baghdad, The researchers chose both the freezers lab and the models as a field of study, and the current research, in light of what was presented by the genetic algorithm program, reached a number of conclusions, the most important of which is the genetic algorithm effectively contributed to reducing both the total time and the total cost of production and thus improving production planning in the field of study, and in light of that A set of proposals has been presented that can be used by the management of the company in question regarding the use of artificial intelligence methods in the industrial field.

Key words: production planning (pp), Genetic Algorithm (GA).

المقدمة:

تشير الأدبيات في حقل إدارة الإنتاج والعمليات إلى تزايد الاهتمام البحثي ازاء معالجة مشكلات واقع الشركات الصناعية المعاصرة نتيجة الظواهر التي أحدثها التطور التقني السريع كالمنافسة الشديدة بالسوق، إذ أصبح الزبون اليوم أما سعة من المعروض السلعي ولديه العديد من الخيارات البديلة للمنتجات، ولذلك كان على هذه الشركات أن تلبي حاجات ورغبات الزبائن وتتفوق على منافسيها بتقديم منتجات بأقل كلفة وأفضل جودة وبالوقت المطلوب، لكي تتمكن من البقاء والاستمرار في السوق، ولما كان موضوع تخطيط الإنتاج القلب النابض لأي عملية تصنيعية من خلال تركيزه على إعداد خطة انتاجية مثلى لتقليل الوقت الكلي والكلفة الكلية للإنتاج، فقد انصب اهتمام الباحثين والصناعيين على حدٍ سواء باتجاه البحث أساليب حاسوبية برمجية متقدمة تحقق ذلك، وقد أسفرت هذه المحاولات البحثية عن تأشير اعتماد تقنيات الذكاء الاصطناعي في هذا المجال التي تعد الخوارزمية الجينية (GA) أحد أدواتها باعتمادها منطق ما يعرف بالامثلية (Optimization) في حل العديد من المشكلات الصناعية ومنها ما يتعلق بتخطيط الإنتاج، وعلى وفق ذلك تمت تغطية موضوع البحث من خلال أربعة محاور، تناول الأول منهجية البحث، وقدم الثاني الإطار النظري للبحث، في حين تضمن الثالث الجانب الميداني للبحث، أما الرابع فقد اشتمل على الاستنتاجات والمقترحات.

المحور الأول: منهجية البحث:

أولاً: مشكلة الدراسة:

في ظل المنافسة الشديدة الحالية والأسواق غير المتجانسة التي تعمل فيها الشركات الصناعية على المستوى العالمي بشكل عام ومنها العراقية، الأمر الذي ترتب عنه من بروز الحاجة إلى إحداث تغييرات جوهرية في واقع خططتها وعملياتها نتيجة قصر دورة حياة المنتجات والتنوع الكبير والتغير السريع في حاجات ورغبات الزبائن، للاستجابة للتحديات التي ولدتها تلك التطورات المتتالية للتكنولوجيا، ومن خلال زيارة الباحثين للفترة (٢٠٢٢/٣/١٠) ولغاية (٢٠٢٢/٣/١٥) للشركة المبحوث وتحديداً معمل المجمدات والعارضات، تبين أن هناك قصور في الاهتمام بتخطيط الإنتاج الذي أسفر عنه العديد من المشكلات الصناعية أهمها (ارتفاع التكاليف الإجمالية، زيادة الوقت الكلي للإنتاج، عدم توازن كمية الإنتاج مع الطلب)، ومن هذا المنطلق يسعى البحث الحالي لحل مثل هذه المشكلات باستخدام الخوارزمية الجينية، وعليه يمكن عرض مشكلة البحث وفق التساؤلات الآتية:

١. كيف يتم تحسين تخطيط الإنتاج باستخدام الخوارزمية الجينة؟
٢. ما مديات اعتماد الشركة المبحوث الأسس العلمية لتخطيط الإنتاج وتحديد الكميات الواجب إنتاجها وخزنها وتقدير الطلب عليها؟
٣. هل البرنامج المقترح للشركة المبحوث سبيلاً يساعدها في (تقليل الوقت الكلي للإنتاج، خفض التكاليف الإجمالية، تحقيق التوازن بين العرض والطلب) بشكل يحقق أهداف الشركة بكفاءة وفاعلية؟

ثانياً: أهمية البحث:

يكتسب البحث الحالي أهميته في البيئة الصناعية العراقية في ظل التغيرات السريعة التي يشهدها السوق والمنافسة الشديدة من خلال سعيه لتقديم معالجات جديدة علمية لمواكبة تلك التغيرات من خلال استقراء الواقع الفعلي للشركة المبحوث والوقوف امام مشكلاته والتعامل معها بجدية أكبر من خلال دراسته وتحديد اماكن الخلل فيه وتقديم حلول مناسبة له.

ثالثاً: أهداف البحث:

في ضوء المشكلة والأهمية يسعى البحث الحالي إلى تحقيق الأهداف الآتية:

١. توظيف الإطار المعرفي الذي اعتمده للاستفادة منه في دعم وتحسين الخطة الانتاجية في الشركة المبحوث.
٢. توضيح صورة الخطط الإنتاجية في الشركة المبحوث التي يمكن من خلالها تحسين واقعها باستخدام الخوارزمية الجينية.
٣. سعي الأنموذج المقترح إلى تحسين تخطيط الإنتاج في الشركة المبحوث عن طريق (توفير الوقت، تقليل الكلفة الكلية، الاستغلال الأمثل للموارد والطاقات الإنتاجية المتاحة، موازنة العرض مع الطلب، تحسين الجودة).
٤. اختبار فاعلية الخوارزمية الجينية في معالجة المشكلات الصناعية وتوضيح آلية عملها في ضوء محاكاة الواقع الحالي لمحور اهتمام الدراسة الحالية التي سيقدمها الأنموذج المقترح لها في الشركة المبحوث.

رابعاً: منهج البحث:

اعتمد البحث الحالي على منهج دراسة الحالة من خلال التركيز على تشخيص الواقع ودراسة حالته بالتفصيل في ضوء ما أشرته معالجة الباحثين لواقع عمليات الإنتاج فيها من خلال زياراتهم خلال الفترة (٢٠٢٢/٣/١٠) ولغاية (٢٠٢٢/٣/١٥)، والاستفسار منهم حول ما تعانيه الشركة من مشكلات قد تعيق الشروع بتطبيق النظام المقترح، ومحاولة إيجاد طرق وأساليب يمكن اعتمادها مستقبلاً في معالجة تلك المشاكل من بينها اقتراح تصميم نظام برمجي فرضي يحاكي الواقع الحالي من جهة ويقترح حلول منطقية لمشكلة الدراسة الحالية سبق الاشارة اليها من جهة ثانية وبما يمكن الشركة من اعتمادها في حالة توفر مقومات ذلك، وذلك بهدف التوصل إلى نتائج تخدم الشركة المبحوث.

خامساً: حدود الدراسة:

تحدد المجال المكاني للبحث في شركة الصناعات الخفيفة / عشتار وتحديداً معملي المجمدات والعارضات، وغطت حدوده الزمانية الفترة ٢٠٢٢/٣/٧ ولغاية ٢٠٢٢/٣/١٦ لإنجاز إطاريه النظري والميداني، أما حدوده البشرية فتمثلت بالعاملين في مقر الشركة ومعاملها واختيرت منهم عينة قصدية منهم (مدير مفوض، معاون المدير المفوض، مدراء البحث والتطوير، مسؤولي قسم الموارد المالية والتكاليف، مدراء معملي (المجمدات والعارضات)، المسؤولين عن شعبة الإنتاج، مشرفي خطوط الإنتاج).

سادساً: أساليب تحليل بيانات ومعلومات البحث:

اعتمد البحث على الخوارزمية الجينية إحدى أساليب الذكاء الاصطناعي في تصميم برنامج تخطيط الإنتاج للبحث وتحليل النتائج له، باستخدام اللغة البرمجية (MATLAB)، إذ تعد الخوارزمية الجينية من تقنيات وأدوات التحسين القوية والمستوحاة من مبادئ الانتقاء الطبيعي من منظور داروينى التي تحاكي عملية التطور الطبيعي بانتقاء الأفضل وتجاهل البقية، وقد طبقت هذه الأداة في العديد من المجالات المختلفة نظراً لنجاحها في العديد من مشكلات التحسين المعقدة، وهذا ما دفع البحث الحالي لاختيار هذه الأداة لتحسين تخطيط الإنتاج بواسطتها.

المحور الثاني: الإطار النظري:

يسعى هذا المحور لتقديم عرضاً معرفياً عن موضوعات البحث وبما يتناسب مع أهدافه ومضامينه، وكما يأتي:

أولاً: تخطيط الإنتاج: المفهوم والتصنيفات:

١. المفهوم:

الأدبيات التي تناولت تخطيط بينت أن هناك تباين وجهات الكتاب والباحثين إزاء مفهومه، والجدول (1) يقدم عرضاً لآراء عدداً من هؤلاء الكتاب والباحثين التي اتيحت للباحثين حول هذا المفهوم.

الجدول (1) وجهات نظر عدد من الكتاب والباحثين حول مفهوم (PP)

ت	الباحث والسنة والصفحة	التعريف
١	مخوخ، ٢٠١٨: ٢٥٢	وظيفة تتولى مسؤولية تحديد الأهداف المطلوبة للإنتاج وتطوير السلع والتنبؤ بالمبيعات لتقدير كمية الإنتاج ووضع خطة العمل في المصنع لتحقيق أعلى كفاءة إنتاجية ممكنة من الموارد المتاحة، مع تقليل المخزون إلى اقل حد ممكن ووضع جداول زمنية لتنفيذ الإنتاج بالكميات والمواعيد والمواصفات المطلوبة.
٢	العقون، ٢٠١٩: ٢	هو رسم المسار والسياسات للمنظمات، من خلال تصميم واستخدام الأنظمة الاجرائية لإعداد الخطط، والتحكم في جميع العناصر الإنتاجية، كما يقصد بتخطيط الإنتاج تحديد المواد والآلات والقوة العاملة وأساليب ورأس المال المطلوب لإنتاج سلعة معينة او مجموعة من السلع خلال فترة محددة.
٣	Khalili & Alinezhad, 2020:11	نشاط يستخدم لتحديد خطة مجمعة لأنظمة الإنتاج في فترة تتراوح من 3 إلى 18 شهراً بحيث يتم تقليل التكلفة الإجمالية.
٤	الوثري ومحمدي، ٢٠٢٠: ٤٩٦	الوظيفة التي تتولى مسؤولية تحديد أهداف الإنتاج وتطوير المنتوجات وللتعرف على المبيعات لتقدير كميات الإنتاج وإعداد برامجها وتقدير كافة الاحتياجات المطلوبة كماً ونوعاً واللازمة لتنفيذ برامج الإنتاج الموضوعة وإعداد الإنتاج وتخفيض المستثمر في المخزون إلى أقل حدٍ ممكن، ووضع الجداول الزمنية لتنفيذ الإنتاج بالكميات المطلوبة في المواعيد المحددة للتسليم وبالمواصفات المطلوبة.
٥	مرزوقي، ٢٠٢١: ٨	عملية تمكننا من تحديد مستويات كل من (الإنتاج، المواد، المستلزمات اللازمة) لكل فترة من الفترات المحددة.

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على المصادر الواردة فيه.

مما تقدم يلاحظ، إن تخطيط الإنتاج مصطلحاً يجمع عمليتين رئيسيتين هما الإدارة والإنتاج معاً، فيتم تسخير الإدارة لوضع خطة محددة بجدول زمني لإنتاج منتج ما، كما تتضمن هذه الخطة جميع المعلومات المتعلقة بعملية الإنتاج ذاتها تشمل (المواد الخام، الأيدي العاملة، خط سير العمل)،

وهو بهذا يمثل الوظيفة المسؤولة عن تنسيق وتوجيه وتحديد الموارد المطلوبة من آلات ومواد وقوى عاملة لتصنيع منتجات تواجه تقلبات السوق المستقبلية وبمستوى محدد من الجودة والكلفة والكمية والوقت، وإذ يتوقف نجاح خطة الإنتاج هذه بالقدرة على التنبؤ بالمستقبل الذي يساعد على التعرف على كل من مستوى الطلب على المنتجات خلال الايام أو الشهور أو السنوات القادمة، والتقلبات المتوقعة لمواجهة تلك الطلبات.

٢. تصنيفات خطط وقرارات تخطيط الإنتاج:

بشكل عام يمكن تصنيف التخطيط لأي نشاط لعدة تصنيفات تبعا لمعايير تصنيف تعتمد اساساً أو معياراً محدداً، فبالاعتماد على معيار الشمولية مثلاً يمكن أن يقسم إلى تخطيط (شامل، جزئي، قطاعي، عام، تفصيلي)، وإذا تم الاعتماد على معيار المستويات الادارية فإنه يقسم إلى (المركزي واللامركزي)، وهناك تصنيف آخر بهذا الشأن يركز على معيار الوقت أو الزمن وهو التصنيف الأكثر شيوعاً لعملية تخطيط الإنتاج وبموجبه يقسّم التخطيط إلى (طويل الأجل، متوسط الأجل، قصير الأجل). ويجمع العديد من الكتاب والباحثين أمثال (Argoneto,*et.al.*,2008:60) و(Kristensen,2018:19-21) و(Hautala,2020:53-55) على أن هناك ثلاثة تصنيفات من الخطط وفقاً لهذا المعيار وهي (الاستراتيجية والتكتيكية والتشغيلية)، وهذه الأنواع الثلاثة تمثل بمثابة نقاط انطلاق للعملية الإنتاجية، وإن تكامل العلاقة فيما بينها يساعد على تحقيق الأهداف التنظيمية، فالخطط التشغيلية ضرورية لتحقيق الخطط التكتيكية والخطط التكتيكية تؤدي إلى تحقيق الخطط الاستراتيجية، وفيما يأتي شرح مضامين هذه الأنواع الثلاثة وبالقدر الذي يتناسب مع أهداف البحث الحالي:

أ. التخطيط الاستراتيجي: هو تخطيط طويل المدى يتراوح بين (1-3 أو 5) سنوات، وصمم هذا النوع من قبل المستويات الإدارية العليا في المنظمة مع مراعاة جميع المستويات فيها، والغرض الرئيس من هذا التخطيط هو إعطاء رؤية واسعة للخطة الإنتاجية، إذ ينسق التخطيط الاستراتيجي خطة الإنتاج مع الخطط والاستراتيجيات الأخرى للمنظمة، ومن خلال هذا النوع من التخطيط تأخذ الإدارة العليا بعين الاعتبار الأسواق المحتملة وتسهيلات المنظمة والقدرة المالية لها على مدى السنوات القادمة، فضلاً عن أنه يكون معنياً بالقرارات المتعلقة بـ(فتح وإغلاق مواقع الإنتاج الجديدة، تصنيع وتصميم منتج جديد لتلبية وفقاً لطلب الزبون، زيادة الطاقة إنتاجية، معالجة المشكلات المتعلقة بالتوسعات المستقبلية، التصميم الداخلي لأساليب العمل، معالجة مشكلات الإنتاج والصيانة، فالتخطيط الاستراتيجي يقرر الخطط طويلة الأجل وكيفية تحقيق الأهداف الاستراتيجية للمنظمة، من خلال ربط مجالات هذه القرارات بأصول المنظمة، أي عدد المصانع والمخازن و/أو الموردين وموقعها وحجمها).

ب. التخطيط التكتيكي: هو تخطيط متوسط المدى تتراوح مدته بين (شهرين إلى سنة واحدة) ويدعم الخطط الاستراتيجية، والخطة هنا تغطي تقديرات لمستويات الإنتاج والمخزون والعاملين خلال السنة، يتم تصميم هذا النوع من الخطط من قبل المستويات الإدارية الوسطى المسؤولة عن تحقيق الأهداف التي وضعتها المستويات الإدارية العليا، ويعمل تخطيط الإنتاج التكتيكي على تحقيق التوازن بين العرض والطلب في المستقبل، ويعرف بإسم (التخطيط المجمع)، كما تركز الخطط متوسطة الأجل على كل من (إعداد الميزانية، تخصيص الموارد وكيفية استخدامها، تخطيط مجالات القوى العاملة والمخزون، تخصيص الطاقة لمجموعات المنتجات، تحديد مصادر التعيينات، ومسافات النقل) بهدف ضمان إمدادات كافية لمطابقة العرض مع الطلب.

ت. التخطيط التشغيلي (العملياتي): وهو تخطيط قصير المدى تتراوح مدته بين (أسبوع – ثلاثة أشهر)، ويتم تصميمه من قبل المستويات الإدارية الدنيا في المنظمة ويختص التخطيط الشهري بالأهداف التشغيلية، أما اليومي فيتعلق بتفاصيل الأنشطة والعمليات اليومية في المنظمة، فضلاً عن إعداد الجداول التفصيلية للإنتاج ومراقبة وقياس الأداء الفعلي، ويطلق على هذا النوع من التخطيط بجدولة الإنتاج والتي تمر بثلاث مراحل هي:

(١) التحميل: وهي عملية تخصيص الأوامر لكل من الآلات أو الأفراد لتقليل تكاليف التشغيل لأدنى حد ممكن.

(٢) التتابع: ويطلق على هذه المرحلة بـ(توالي العمليات)، إذ تتعلق بتحديد تتابع معين لتنفيذ الأوامر الإنتاجية على الوحدات الإنتاجي.

(٣) المتابعة: وتتعلق بمتابعة تنفيذ حالة التشغيل لتلك الأوامر الإنتاجية وفقاً للجداول والخطوات.

ثانياً: الخوارزمية الجينية: المفهوم والخطوات:

١. مفهوم الخوارزمية الجينية:

كانت الطبيعة البداية الأساسية لظهور ما يعرف بنماذج الذكاء الاصطناعي، التي تحاكي عمل الطبيعة سواء كانت محاكاة للقدرات الذهنية للإنسان أو القدرات العصبية البيولوجية الطبيعية، ومن هذه النماذج الخوارزمية الجينية، فهي طريقة تكيفية تستخدم لحل مشكلات البحث والتحسين، وتستند إلى محاكاة العمليات الجينية للكائنات البيولوجية (Goldberg,1976,1-2)، أخذت (Genetic Algorithm) تشغل حيزاً كبيراً من اهتمامات الكتاب والباحثين وقدمت وجهات نظر عديدة حول مفهومها والجدول (2) يبين ما اتيح للباحثين من تلك المفاهيم.

الجدول (2) وجهات نظر عدد من الكتاب والباحثين حول مفهوم (GA)

ت	الباحث والسنة والصفحة	التعريف
١	Eksin,2009:7	فكرة تطوير وتحسين جيل من الأفراد (الكروموسومات) بشكل متتالي ومتكرر وفق قواعد محدد للوصول إلى أفراد أعلى قيمة جودة (الطفرة).
٢	Mustfa & Hashim, 2012:61	تقنية تحسين عالمية تعتمد على آليات الانتقاء الطبيعي والبقاء للأصلح في علم الأحياء الطبيعي، وتعد تقنية بحث احتمالية موجهة بشكل عشوائي مستوحاة من نظرية التطور الداروينية.
٣	Guerriche & Bouktir, 2015:5	إحدى تقنيات الذكاء الاصطناعي تختص بالبحث والوصول إلى الأفضلية بالاعتماد على قانون الطبيعة.
٤	المهندس، ٢٠١٧: ٧١	أهم خوارزميات الذكاء الاصطناعي المستخدمة في ايجاد الحلول المثلى وتعد محاكاة برمجية لمبدأ عمل الجينات وطرق تبادلها وتطورّها بين مختلف الأجيال، وتعتبر من افضل الخوارزميات المستخدمة في البحث عن المسار الأمثل للحركة.
٥	محمد، ٢٠١٨: ٢٤٥	أداة من أدوات التكوين باستخدام برامج الحاسوب الآلية او إحدى نماذج التحويل ذات العلاقة بتصميم الحل لمشكلة معينة، لأنها يمكن ان تحقق تكامل الوسائل التي تعمل على توليد حلول التصميم مع العمل على ملائمة الحلول البديلة وتحويل الأشكال الهندسية إلى رموز وإجراء عملية التزاوج بينها، للحصول على أشكال جديدة كما في الهندسة الوراثية.

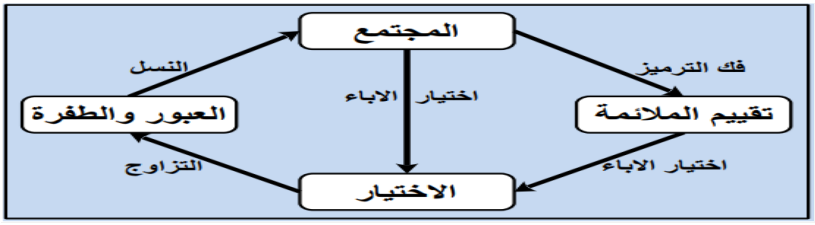
المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على المصادر الواردة فيه.

تأسيساً على ما تقدم، إن الخوارزمية الجينية تندرج ضمن إطار تفكير الذكاء الاصطناعي وتمثل إحدى أهم صوره التي تعتمد مفهوم التطور وتعمل كاستراتيجية للبحث عن الحل الأمثل على

أساس قواعد التطور الجيني الطبيعي في الكائنات الحية، فهي طريقة بحث تطورية اصطناعية ترتكز على الاختيار الطبيعي وآليات الوراثة.

٢. خطوات الخوارزمية الجينية:

هناك عدد من الخطوات الأساسية التي ترتكز عليها الخوارزمية الجينية لصياغة الحل الأمثل لمسائل معينة، وتعد ثابتة للعديد من المسائل المختلفة ولجميع التطبيقات ولكن الاختلاف يكون في صياغة كل خطوة من هذه الخطوات حسب مجال تطبيق هذه المسائل، وتتميز هذه الخطوات بأنها مترابطة فيما بينها ولا يمكن الاستغناء عن أي خطوة منها لأن ذلك يفقد الخوارزمية الجينية قيمتها وفعاليتها في ايجاد الحل الأمثل أو تحسين الحل لمشكلة ما، ووفقاً لنظرية دارون يحتاج كل فرد إلى النضال من أجل البقاء وبالنسبة لأولئك الأفراد الذين لديهم سمات وراثية "لياقة" سيكون أمامهم فرصة أكبر للبقاء على قيد الحياة مقارنة مع الآخرين وهذا يسمى (الانتقاء الطبيعي)، الذي يسعى لنقل الصفات الوراثية العظيمة إلى الجيل التالي، وبعد عدة أجيال سوف تصبح هذه الصفات الوراثية سائدة بين المجتمع الذي نشأ على أساس "البقاء للأصلح أو الأفضل" (Sabri,2011:4-6) والشكل (1) يصف حركية هذه العملية وفقاً لنظرية دارون.



الشكل (1) عمليات الخوارزمية الجينية

Source: Maheshwari, A., Garg, R. & Sharma, E.N., (2016). A Review Paper on Brief Introduction of Genetic Algorithm, International Journal of Emerging Research in Management & Technology, P: 89.

يلاحظ من الشكل (1) إن (GA) تبدأ بتوليد مجموعة أولية من الكروموسومات من المجتمع (الآباء) وتحديد دالة الهدف وتقييم الكروموسوم على أساسها، وبعدها سيتم اختيار الكروموسومات من هذا التقييم، بعد ذلك سيتم تطبيق عامل (GA) على الكروموسومات التي تم اختيارها لإنشاء كروموسومات جديدة (الطفرة) واستبدل الأفراد الأوليين بالمجموعة الجديدة، وتكرر هذه العملية حتى يتم تكوين المجتمع الأفضل.

المحور الثالث: الإطار الميداني: [١]

يتناول هذا المحور وصف الميدان المبحوث للبحث الحالي وعرض نتائجه وتحليلها ومناقشتها، وكما يأتي:

(١) المصادر:
- سجلات الشركة والكراس التعريفي لها.
- سجلات الإنتاج والمبيعات والحسابات الختامية لعام ٢٠١٩.
- الملاحظات الشخصية للباحثين.
- المقابلات التي أجراها الباحثين مع المعنيين.

أولاً: وصف الميدان المبحوث: شركة الصناعات الخفيفة / عشتار هي أحدى شركات القطاع المختلط التي تأسست عام (١٩٥٩) وتقع إدارة الشركة في الزعفرانية في بغداد (المنطقة الصناعية)، وتبلغ مساحتها حوالي (283000) متر مربع أي (36) دونم، كما يبلغ عدد العاملين فيها (251) فرداً، ويوجد فيها ثلاث معامل تنتج مجموعة مختلفة من المنتجات، معمل الثلاجات والعارضات، ومعمل المجمدات، وكذلك معمل المدافئ والطباخات.

ثانياً: وصف المراحل الإنتاجية في الميدان البحوث: سيتم في هذه الفقرة وصف سير المراحل والعمليات الإنتاجية لكل من المجمدة والعارضة الأفقية، إذ يبين الجدول (3) وصفاً للمراحل الإنتاجية التي تمر بها المجمدة.

الجدول (3) وصف المراحل الإنتاجية التي تمر بها المجمدة

تسلسل المرحلة	رمز المرحلة	وصف مرحلة العمل	عدد العمال	الوقت بالدقيقة
1	Ma1	عمل هيكل الباب (سمكرة)	2	2
2	Ma2	عمل هيكل المجمدة (سمكرة)	2	3
3	Ma3	عملية غسل الهيكل والباب في أحواض خاصة (في معمل العارضات)	2	2
4	Ma4	صباغة الباب والهيكل	2	9
5	Ma5	عمل ظهر وأسفل المجمدة وكعب الفريز	2	4
6	Ma6	تجميع الباب	2	6
7	Ma7	عمل أجزاء الفريز وتجميعها	4	11
8	Ma8	تجميع الهيكل مع الفريز	3	6
9	Ma9	حقن الباب والهيكل بالفوم	2	9
10	Ma10	تطبيق الهيكل مع الباب	6	10
11	Ma11	تركيب ولحام أنابيب الكمبريسر	6	12
12	Ma12	التفريغ والشحن	4	4
13	Ma13	الفحص النهائي	2	9
14	Ma14	التغليف والنقل	8	10
المجموع			47 عامل	97 دقيقة

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على سجلات الشركة.

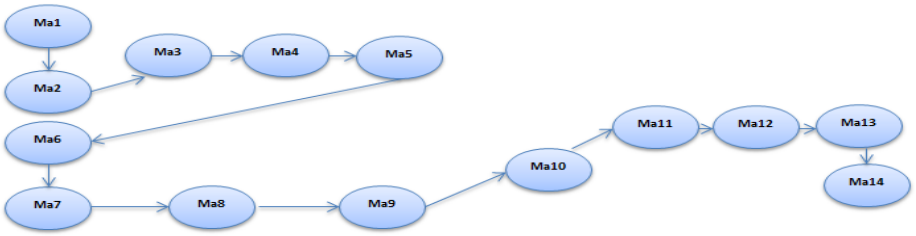
أما الجدول (4) فيصف المراحل الإنتاجية التي تمر بها العارضة الأفقية:

الجدول (4) وصف المراحل الإنتاجية التي تمر بها العارضة الأفقية

تسلسل المرحلة	رمز المرحلة	وصف مرحلة العمل	عدد العمال	الوقت بالدقيقة
1	Mb1	عمل هيكل الباب والعارضة (السمكرة) مع التنظيف	6	17
2	Mb2	حقن البلاستيك	2	6
3	Mb3	تجميع الهيكل مع البلاستيك	6	20
4	Mb4	حقن الفوم (في معمل المجمدات)	2	9
5	Mb5	التجميع الثانوي	6	12
6	Mb6	التجميع مع اللحام	6	22
7	Mb7	التفريغ والشحن	4	10
8	Mb8	الفحص والسيطرة	2	10
9	Mb9	التغليف والنقل	8	9
المجموع			42 عامل	115 دقيقة

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على سجلات الشركة.

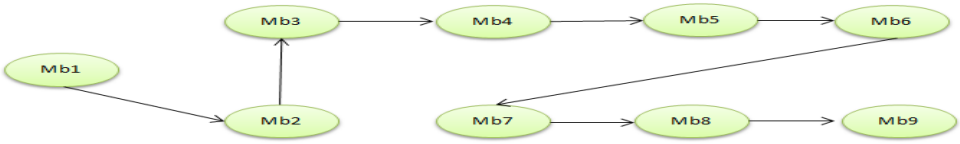
في حين يبين كل من الشكل (2) و(3) على التوالي المسارات التقنية للمراحل الإنتاجية التي يمر بها المنتجين قيد الدراسة.



الشكل (2) المسار التقني للمجمدة

تشير (Ma) إلى المرحلة التي يمر بها المنتج (A).

المصدر: الشكل من إعداد الباحثان بالاعتماد على سجلات الشركة.



الشكل (3) المسار التقني للعارضة

يشير الرمز (Mb) إلى المرحلة يمر بها المنتج (B).

المصدر: الشكل من إعداد الباحثان بالاعتماد على سجلات الشركة.

أما الجدول (5) يبين المعلومات الرئيسة حول منتجي الشركة المبحوث آنفي الذكر.

الجدول (5) المعلومات الرئيسة حول منتجي الشركة المبحوث

المنتجات	المجمدة	العارضة الأفقية
الرمز	A	B
عدد الاجزاء الرئيسة	9	10
عدد المراحل الإنتاجية	14	9
عدد العمال الكلي	47	42
متوسط اجر العامل شهرياً / دينار	400000	400000
الوقت الكلي للإنجاز/ دقيقة	97	115
الكلفة الكلية للإنجاز/دينار	475000	450000
حجم الدفعة/ يومياً	36	30
معدل الطلب/ يومياً	30	35
رمز الخط الإنتاجي	C_1	C_2

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على المقابلات الشخصية وسجلات الشركة المبحوثة.

ثالثاً: عرض نتائج البحث الحالي وتحليلها ومناقشتها: انسجاماً مع أهداف البحث الحالي وفي ضوء الأطر المعرفية التي قدمها، فقد عمد الباحثان إلى تصميم أنموذج مقترح لتحسين تخطيط الإنتاج في الشركة المبحوث بتطبيق الخوارزمية الجينية باستعمال اللغة البرمجية (MATLAB,2020) لتحقيق ذلك عن طريق البحث عن أفضل وقت وكلفة لتصنيع المنتج، وكما يأتي:

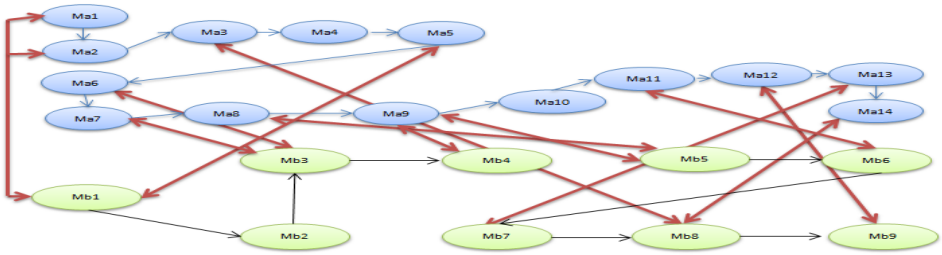
أولاً: خطوات تصميم البرنامج:

جرى تصميم البرنامج على وفق المراحل الآتية:

١. تعريف المشكلة وتحديدها:

تتمثل مشكلة البحث الحالي في خط تصنيع المجمدة والعارضة الأفقية في عدم الاستغلال الأمثل للموارد والوقت بمعنى وزيادة وقت مناولة المواد في محطات العمل، مما يؤدي إلى تراكم المواد وتعرض بعضها إلى التلف جراء عمليات المناولة والنقل وبدوره يؤدي إلى إرباك العمل وانخفاض كفاءة خط الإنتاج، فضلاً عن ارتفاع تكاليف النقل والمناولة وأجور العاملين، وللوقوف على هذه المشكلة لابد من عرض الواقع التفصيلي للمسارات التقنية التي تمر بها المنتجات قيد الدراسة، وكما جاء في الجداول (3) و(4) و(5) سالفة العرض.

يلاحظ من الجداول (3) و(4) ومن خلال الملاحظات الشخصية للباحثين في الشركة المبحوث أن هناك تداخل في بعض المراحل الإنتاجية لكل من المجمدة والعارضة، و كما مبين في الشكل (4).



الشكل (4) المخطط الشبكي للتداخل بين المسارات التقنية للمنتجات (A وB)

يشير ⟷ إلى أن هذه المرحلة مشتركة في صنع المنتجات (A وB).
ويشر اللون الأزرق إلى المنتج (A) والأخضر إلى المنتج (B).
المصدر: الشكل من إعداد الباحثان.

٢. تحديد المدخلات (Input) والصيغة الرياضية للأنموذج المقترح:

إن صياغة النموذج الرياضي في الشركة المبحوث يجب أن تتفق مع قيود ومتطلبات الشركة ونظراً لخصائص مشكلة البحث الحالي، يصبح نموذج البرمجة الرياضية نموذجاً لبرمجة عدد صحيح، وتتمثل الوظيفة الموضوعية (دالة الهدف) لهذا الأنموذج في تقليل (الكلف الإجمالية، وتقليل المسافة والوقت الكلي للمسار التقني للخط الإنتاجي.

٣. تحديد المعادلات الخاصة بالكلف الكلية والوقت الكلي (المسافة الكلية):

تم الاعتماد هنا على الصيغة الرياضية التي تعرف بنموذج البائع المتجول (TSP)، إذ يُعد (TSP) من المسائل العلمية في مجال بحوث العمليات وأحد فروع الأمثلية الذي يهدف إلى ايجاد الحل الأمثل من بين بدائل الحلول المتاحة، إذ يفترض هذا الأنموذج ايجاد المسار الأقصر (الأمثل) للبائع المتجول عبر عدد (n) من المدن التي يزورها، وإن الصيغة الرياضية لهذا الأنموذج تتطلب تحديد ثلاث عناصر أساسية أولها دالة الهدف التي تبين الهدف المراد تحقيقه سواء كان (أقل مسافة ممكنة، أقل وقت ممكن، أقل كلفة ممكنة وغيرها من المقاييس)، أما العنصر الثاني فيتمثل في تحديد مجموعة من القيود وتعريفها بمعادلات (تضمن زيارة واحدة لكل مدينة)، في حين إن العنصر الأخير الثالث يتمثل بشرط (Hamilton) الذي يبين أن الحل الناتج يمثل مساراً متكاملاً (Yang, *et.al.*,2021:372-373)، وفيما يأتي الصيغ الرياضية لعناصر الأنموذج المشار إليه:

دالة الهدف للكلف الكلية للمسار:

$$\text{Min Z} = \sum_{i=1}^{n} \text{Ci} \quad (1)$$

قيد مجموع الكلفة لكل مسار (كروموسوم) في الخط الانتاجي:

$$\sum_{j=1}^{i} \text{cijxij} = \text{ci} \quad (1-1)$$

دالة الهدف لتقليل الوقت الكلي للمسار:

$$\text{Min Z} = \sum_{i=1}^{n} \text{Di} \quad (2)$$

S .to

قيد مجموع الوقت لكل مسار (كروموسوم) في الخط الإنتاجي:

$$\sum_{j=1}^{i} \text{Dij xij} = \text{Di} \quad (2-1)$$

قيد مجموع احتمالات الظهور لمتغير القرار للخط الإنتاجي:

$$\sum_{j=1}^{i} \text{xij} = 1 \quad (2-2)$$

شرط الاحتمال لمتغير القرار:

$$\text{xij} \in (0,1)$$

إذ أن Z دالة الهدف، n عدد المراحل، ij الوقت بين مدينة وأخرى، Xij قيمة متغير القرار (0,1) أي تكون إما مساوية إلى الصفر أو الواحد.

ثانياً: خطوات تطبيق الخوارزمية الجينية:

وتتضمن ما يأتي :

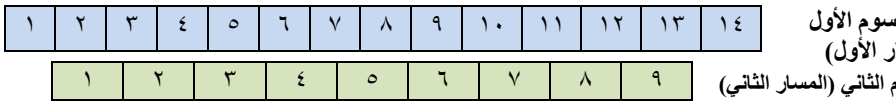
أولاً: خطوات ايجاد الأمثلية باستعمال الخوارزمية الجينية (GA) في برمجة لغة (MATLA):

سيتم في هذه الفقرة توضيح خطوات ايجاد الوقت والكلفة الامثلين للمسار التقني لكل من (خط تصنيع المجمدة وخط تصنيع العارضة) بواسطة استخدام (GA) وبالاعتماد على تقنية الدمج بين الوقت والكلفة باستخدام خوارزمية البائع المتجول، إذ تعد هذه التقنية مدخل جديد وفعال في ايجاد الوقت الأمثل والكلفة المثلى لإنجاز مختلف المشاريع باستعمال برمجة لغة (MATLAB) وتتلخص خطوات هذه الخوارزمية كالآتي:

الخطوة الأولى: توليد المجتمع الابتدائي أو الأولي (Population Initial Generating):

تم اختيار القيم الأولية (عدد الاجزاء الرئيسة، عدد المراحل الإنتاجية، عدد العمال الكلي، متوسط أجر العامل شهرياً / دينار، وقت الكلي والجزئي للإنجاز/ دقيقة، الكلفة الجزئية والكلية للإنجاز/دينار، حجم الدفعة/ يومياً) للمنتجات (A,B) لمسارات الخطوط الإنتاجية (C_1,C_2) على

التـوالي وللفتـرتين (P_1,P_2) علـى التـوالي كمجتمـع ابتـدائي للخوارزميـة الجينيـة (إنشـاء مصـفوفة الأوامر)، وبالاعتمـاد علـى هذه المصـفوفة سيتم توليد عدد من المسـارات الإنتاجيـة (توليد مجتمـع) بالاعتماد على تلك القيم الأولية، إذ يتم توليد الكروموسوم الأول (المسـار الأول) والمتكون من عدد مـن المراحـل الإنتاجيـة (الجينـات)، وقـد تـم التعبيـر عـن هـذه الكروموسـومات بواسـطة الترميـز أو التشفير بالأرقام الصحيحة (رقم تسلسل المراحل الإنتاجية) وكما مبين في الشكل (5).



الشكل (5) تمثيل المسارات التقنية للمنتجات (A وB) بالكروموسومات

المصدر: الشكل من إعداد الباحثان بالاعتماد على الجداول (12) و(13).

وبهـذه الطريقـة تـم توليـد (7) مـن الكروموسـومات (المسـارات) التـي تمثـل بمجموعهـا (المجتمع).

الخطوة الثانية: ايجاد قيمة اللياقة (Value Fitness):

في هذه الخطوة يتم ايجاد قيمة اللياقة لكل كروموسوم الواردة في الخطوة الأولى آنفة الذكر وفق المعادلات الخاصة بالكلف الكلية والوقت الكلي (المسافة الكلية) (1) و(2) سالفة الذكر على التوالي للبحث عن أفضل مسار وبأقل كلفة ممكنة، وكما مبين في الجدول (6).

الجدول (6) المسارات (الكروموسومات) الجديدة مع الكلفة والوقت الكلي

تسلسل المسار/ الكروموسوم	عدد العقد في المسار	تسلسل العقد في المسار	الوقت الكلي/دقيقة للمسار $\sum$ Di	الكلفة الكلية/دينار للمسار $\sum$ Ci
1	10	Mb1- Ma2- Ma3- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma12- Mb7-Ma13- Ma14	91	466,000
2	11	Mb1- Ma2- Ma3- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma11-Ma12- Mb7-Ma13- Ma14	94	468,000
3	14	Ma1- Ma2- Ma3- Ma4-Ma6 - Ma8- Ma9- Ma10- Ma11-Ma12- Mb7- Mb8-Ma13- Ma14	95	469,000
4	15	Mb1- Ma2- Ma3- Ma5- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11- Ma12- Mb7- Mb8-Ma13- Mb9	110	477,000
5	9	Ma1- Mb2- Ma3- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma12- Mb7- Ma14	90	465,000
6	13	Mb1- Ma2- Ma3-Ma4-Mb5- Ma6 –Mb7- Ma8- Ma9- Ma12- Mb7- Ma13- Ma14	92	463,000
7	12	Mb1- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11- Mb7- Mb8- Mb9	87	460,000
8	11	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Mb8- Mb9	102	472,000
9	8	Mb1-Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma10- Mb8- Ma14	90	465,000

تسلسل المسار/ الكروموسوم	عدد العقد في المسار	تسلسل العقد في المسار	الوقت الكلي/دقيقة للمسار ∑ Di	الكلفة الكلية/دينار للمسار ∑ Ci
10	10	Mb1-Ma2- Mb3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Mb8- Mb9	95	464,000
11	13	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11- Mb7- Mb8- Ma14	88	460,000
12	9	Mb1-Ma4- Ma6- Mb3-Mb4- Ma8- Ma11- Mb8- Ma14	92	463,000
13	15	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma7- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11- Ma12- Mb7- Mb8- Ma14	98	469,000
14	12	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4 - Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Ma11- Mb7- Mb8- Mb9	105	478,000
15	11	Ma1-Ma2- Ma3- Ma4- Ma6- Mb3- Ma8- Ma9- Ma10- Mb8- Ma14	94	463,000
16	8	Mb1 -Ma6– Ma7 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8 - Mb9	89	466,000
17	14	Mb1–Ma3-Ma4-Ma5-Ma6– Ma7- Ma8-Ma9 - Ma11-Ma12- Mb7- Mb8-Ma13- Ma14	99	476,000
18	10	Mb1-Ma3-Ma5 – Ma7 - Ma11- Ma12- Mb7-Mb8-Ma13- Mb9	90	470,000
19	15	Ma1-Ma2 –Ma3-Ma4-Ma5-Ma6– Ma7-Ma8-Ma9 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13- Mb9	93	468,000
20	9	Mb1-Ma5 – Ma6 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8-Ma13- Mb9	89	464,000
21	11	Ma1- Ma2- Ma3-Ma4- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma11- Mb7-Ma13- Ma14	88	460,000
22	13	Mb1- Ma2- Ma3-Ma5- Mb6 - Ma8- Ma9- Ma11-Ma12- Mb7- Mb8-Ma13- Ma14	105	473,000
23	8	Mb1 -Ma5– Ma6 - Ma11-Ma12- Mb7-Mb8 - Mb9	90	465,000
24	12	Mb1- Ma2- Ma3- Ma7 - Ma8- Ma9- Ma11-Ma12- Mb7-Mb8- Ma13- Mb9	110	470,000
المجموع			2267	11214

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على برنامج الخوارزمية الجينية.

نستنتج من الجدول (6) إن عدد المسارات المتولدة (24) مسار (أي 24 كروموسوم) التي تمثل المجتمع الأولي (الحلول الممكنة) والتي سيجري عليها عملية الانتقاء في الخطوة التالية.

الخطوة الثالثة: اختيار أو انتقاء الكروموسومات الآباء (Parents):

يتم في هذه الخطوة اختيار الكروموسومات الآباء (المسارات) التي تقابل أعلى قيمة مفاضلة (Fitness Value) وإن أداة التقييم في هذه الخطوة تستهدف التخفيض (Minimize) أي تفضل الكروموسومات التي لديها أقل قيم احتمالية، وذلك اعتماداً على الخطوة الثانية وباستخدام طريقة الانتقاء (عجلة الروليت) لإيجاد قيم الاحتمالية (p) لكل كروموسوم (مسار) وكما مبين في الجدول (7) عن طريق تطبيق المعادلات الآتية:

$$PCi = \frac{Ci}{\sum Ci} \quad (3)$$

$$PDi = \frac{Di}{\sum Di} \quad (4)$$

$$Pi = \frac{PCi+PDi}{2} \quad (5)$$

الجدول (7) القيم الاحتمالية للمشاركة لكافة الكروموسومات (المسار) في المجتمع الابتدائي

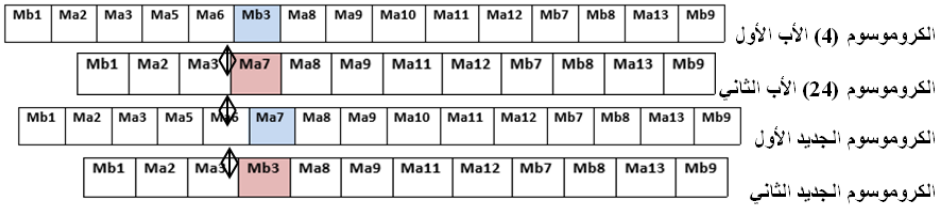
تسلسل المسار	القيم الاحتمالية للوقت PDi	القيم الاحتمالية للكلفة PCi	القيم الاحتمالية للمسار Pi
١	0.039982	0.041555	0.06076
٢	0.041301	0.041734	0.062168
3	0.04174	0.041823	0.062652
٤	0.04833	0.042536	0.069598
٥	0.039543	0.041466	0.060276
٦	0.040422	0.041288	0.061066
٧	0.038225	0.04102	0.058735
٨	0.044815	0.04209	0.06586
٩	0.039543	0.041466	0.060276
١٠	0.04174	0.041377	0.062429
١١	0.038664	0.04102	0.059174
١٢	0.040422	0.041288	0.061066
١٣	0.043058	0.041823	0.06397
١٤	0.046134	0.042625	0.067447
١٥	0.041301	0.041288	0.061945
١٦	0.039104	0.041555	0.059882
١٧	0.043497	0.042447	0.064721
١٨	0.039543	0.041912	0.060499
١٩	0.040861	0.041734	0.061728
٢٠	0.039104	0.041377	0.059793
٢١	0.038664	0.04102	0.059174
٢٢	0.046134	0.042179	0.067224
٢٣	0.039543	0.041466	0.060276
٢٤	0.04833	0.041912	0.069286

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على المعادلات (4) و(5) و(6).

نلاحظ من الجدول (16) أن المسار(4) والمسار (24) حصلا على أعلى قيمة احتمالية للمشاركة في الجيل اللاحق والبالغة (0.069598) و(0.069286) على التوالي، وعلى أساس هذه النسب نقوم باختيار الكروموسومات الآباء لإجراء عملية التقاطع في الخطوة التالية.

الخطوة الرابعة: إجراء عملية التقاطع (Crossover):

تتم عملية التقاطع بعد تحديد الكروموسومات التي تمتلك أعلى نسبة احتمالية ظهور في المجتمع الابتدائي في الخطوة الثالثة، وبما أن المسار (4) في الخطوة السابقة (الثالثة) تقدم وحصل على أعلى قيمة احتمالية للمشاركة مقارنة بالمسار (24) فإنه سيتم انتقاءه للتقاطع مع بقية المسارات الأخرى في المجتمع وباستعمال طريقة الدمج أو التهجين بنقطة واحدة وكما مبين أدناه:



وهكذا يتم التقاطع مع بقية المسارات وإن أي مسار يتولد بعد التقاطع لا يتم إضافته إلى الجيل الجديد إلا إذا كان يحقق شروط التوقف الآتية:

١. عدم تكرار العقد.
٢. يؤدي إلى عقدة الهدف.
٣. أن لا يتجاوز عدد العقد عن (16) عقدة.
٤. أن لا يتجاوز وقت كل مسار (120) دقيقة.
٥. أن تراعى الأسبقيات وتسلسل المراحل، مع قبول الكروموسومات (المسارات) الأقوى الجديدة والاحتفاظ بالمسارات للآباء الأعلى جودة تجنباً أن تكون المسارات الأبناء غير صالحة.

الخطوة الخامسة: إجراء الطفرة (Mutation):

تتم عملية تطبيق عامل الطفرة في (GA) عن طريق اختيار عقدة معينة ضمن أحد الكروموسومات المختارة عشوائياً وتحريكها بشكل عشوائي داخل الكروموسوم نفسه أو إزاحة بعض العقد الواقعة بين عقدة البداية وعقدة الهدف، على سبيل المثال إذا أخذنا الكروموسوم الأول في الجدول (15) والمتمثل بالمسار الآتي:

(Mb1- Ma2- Ma3- Ma6 - Ma8- Ma9- Ma12- Mb7-Ma13- Ma14)

نلاحظ أن العقدة (Mb1) التي تمثل مرحلة السمكرة إحدى مراحل إنتاج المنتج (B) وتتضمن كل من عمليات (السمكرة، القص، التشكيل، الاسناد، التثقيب، التقطيع) والتي يمكن أن تحل محل المراحل (Ma2-Ma3) الخاصة بالمنتج (A) والتي تتضمن عمليات (السمكرة، التشكيل، التثقيب، التقطيع)، ولتوضيح ذلك يتم إجراء عملية الطفرة على هذا المسار بإحداث تغيير مفاجئ فيه عن طريق إزاحة المراحل الانتاجية (Ma2-Ma3) وهذا سيقلل من الوقت والكلفة الكلية ونتيجة لذلك يتولد كروموسوم جديد (مسار جديد) قريب إلى الحل الأمثل (المسار الأفضل)، وإن هذا الكروموسوم الجديد لا يقع ضمن الجيل الحالي وكما مبين أدناه:

المسار (1) الأب قبل إجراء الطفرة

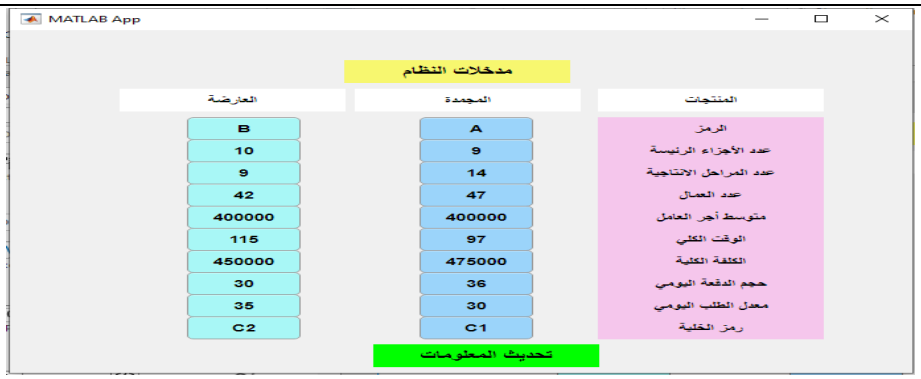
Mb1	Ma2	Ma3	Ma6	Ma8	Ma9	Ma12	Mb7	Ma13	Ma14

المسار (1) الأبن بعد الطفرة

Mb1	Ma6	Ma8	Ma9	Ma12	Mb7	Ma13	Ma14

الخطوة السادسة: تطبيق (GA):

يتم في هذه الخطوة تطبيق (GA) باستخدام برمجة لغة (MATLAB) بإصدار (٢٠٢٠) وبالاعتماد على الصيغة الرياضية للمعادلات (1) و(2) سالفة الذكر الخاصة بالكلف الكلية والوقت الكلي (المسافة الكلية) لإيجاد الامثلية في تكوين المسار التقني، ومن ثم إعادة تنفيذ وتكرار الخطوات السابقة من الثانية إلى السادسة آنفة الذكر لمائة جيل وبوقت تنفيذ يقدر بـ(40.10) ثانية إلى أن تحققت شروط التوقف لـ(GA) التي سبق وأن أشرنا إليها - في الخطوة الرابعة -، ويمثل الشكل (6) مدخلات برنامج (GA).



الشكل (6) مدخلات برنامج تطبيق الخوارزمية الجينية

المصدر: الشكل من إعداد الباحثان في ضوء برنامج (GA).

وتمثلت نتائج تطبيق (GA) في برمجة لغة (MATLAB) في أدناه تحديداً:

```
#################### before crushing ############ duration of finsh the production 212:
Cost = 925000 Number of Workers = 89 The number of production stages = 23 Average wage of
workers per month = 35.600000 path1: ma1-ma2-ma3-ma4-ma5-ma6-ma7-ma8-ma9-ma10-ma11-
ma12-ma13-ma14 Path2: mb1-mb2-mb3-mb4-mb5-mb6-mb7-mb8-mb9
##############################################after crushing##############
duration of finsh the prodution:87 Cost = 460.000
Number of Workers = 49
The number of production stages = 12
Average wage of workers per month = 35.600000
path mp1-ma3-ma4-ma6-mb3-ma8-ma9-ma10-ma11-mb7-mb8-mb9
>>
```

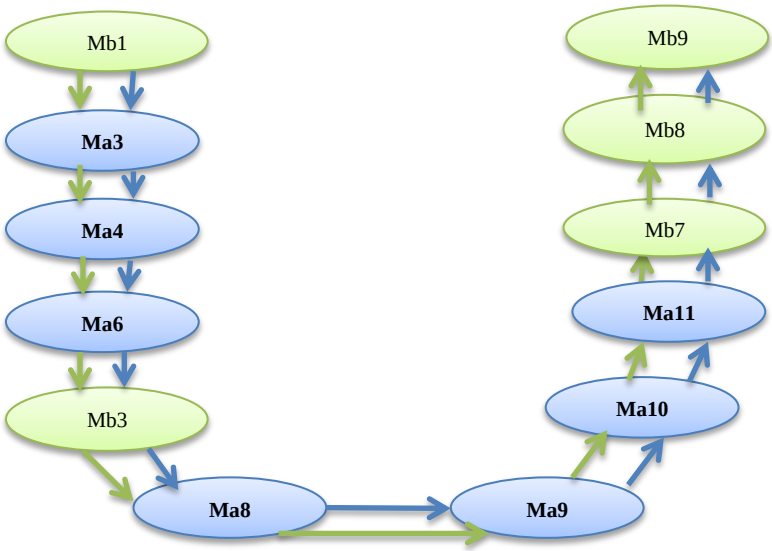
ويبين الجدول (8) مقارنة مقاييس نتائج تطبيق (GA) في برمجة لغة (MATLAB) مع بيانات الواقع الفعلي في الشركة المبحوث.

الجدول (8) مقارنة مقاييس نتائج تطبيق (GA) مع بيانات الواقع الفعلي في الشركة المبحوث

المقاييس للمنتجات (A,B)	أسلوب الشركة	الخوارزمية الجينية	الفجوة الايجابية
عدد المراحل	23	12	11
عدد العمال	89	49	40
متوسط أجر العمال/ دينار	35.600000	19.400000	16.200000
الوقت الكلي / دقيقة	212	87	125
الكلفة الكلية / دينار	925000	460000	465000
حجم الدفعة / يومي	66	65	1
الطلب / يومي	65	65	0

المصدر: الجدول من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج (GA).

وبينت نتائج تطبيق (GA) أن الكروموسوم الأمثل الناتج يتمثل بتسلسل العقد (المراحل الإنتاجية) الآتية وكما مبين في الشكل (7):



الشكل (7) الأنموذج المقترح للمسار الأمثل الناتج من تطبيق (GA)

يشير ← إلى المنتج (A) و ← إلى المنتج (B).

المصدر: الشكل من إعداد الباحثان بالاعتماد على نتائج تطبيق (GA).

رابعاً: تفسير نتائج تطبيق (GA):

يلاحظ مما تقدم أنه تم التوصل لبناء أنموذج مقترح يعكس الواقع الافتراضي للمسار التقني في الشركة المبحوث من خلال (GA)، فالشكل (7) يبين أن هذا المسار قد جمع المراحل المشتركة في إنتاج المنتجات (A وB) ليصبح لدينا خط تصنيع يمكنه أن يصنع منتجين مختلفين بمواصفات معينة ومتشابهين في مواصفات أخرى، وهذا سيوفر العديد من المزايا قد يكون أهمها الاستفادة من ذلك في إنه أصبح من الممكن إجراء بعض التعديلات على تصاميم كلا المنتجين باستغلال هذه المراحل المشتركة بينهم لمواكبة حاجات ورغبات الزبون المتغيرة والمتنوعة في ظل قصر دورة حياة المنتج والبيئة الديناميكية التي تعمل بوسطها الشركة المبحوث، فضلاً عن المزايا المبينة في الجدول (8).

إذ يوضح أن عدد المراحل اللازمة لإنتاج كلا المنتجين (A وB) في المسارات الأصل كانت (23) مرحلة بينما في المسار الجديد أصبحت (12) مرحلة مما يوفر العديد من الفوائد منها (تقليل المسافة، تقليل المناولة، تقليل كلف المناولة، تقليل الجهد، تحسين الرقابة على الخط الإنتاجي، تحسين الجودة، استبعاد الآلات المكررة، تقليل كلف الصيانة، تحسين تدفق المواد، تقليل الوقت الضائع، تقليل وقت إعداد الآلة، تقليل الوقت اللازم للإنتاج، الاستخدام الأمثل للموارد المادية والبشرية، تقليل الهدر)، كما إن عدد العمال المطلوب لإنتاج هذه المنتجات في المسارات الأصل كان (89) عامل وفي المسار الجديد يبلغ العدد (49) عامل وهذا سيوفر الكثير من كلف اليد العاملة التي كانت تبلغ (35,600000) دينار في حين بلغت في المسار الجديد (19,400000) دينار الذي يسهم في تقليل الكلف الكلية وزيادة أرباح الشركة، أما الوقت الكلي المطلوب لإكمال المنتجين (A وB) كان سابقاً

(212) دقيقة وفي المسار الجديد أصبح (87) دقيقة والذي يساعد الشركة تسليم المنتجات في الوقت المحدد وإرضاء الزبون.

في حين بلغت الكلف الكلية في المسارات الأصل لكلا المنتجين (925000) دينار وأصبحت في المسار الجديد (460000) دينار، وهذا ما تسعى إليه جميع الشركات الصناعية، كما يشير الجدول (17) إلى عدم تساوي حجم الدفعة والطلب اليومي في المسارات الأصل، إذ أن معدل إنتاج الشركة للمنتج (A) يبلغ (36)، في حين إن حجم الطلب (30) وهذا سيزيد من حجم الخزين وكلف الاحتفاظ بالخزين، فضلاً عن استغلال مساحة أكبر في الشركة، بينما أن معدل إنتاج الشركة للمنتج (B) بلغ (30)، في حين إن حجم الطلب (35) ويؤدي ذلك إلى التأخير في تسليم المنتج إلى الزبون وعدم القدرة على الوفاء بالوعود مما يؤثر على سمعة الشركة، وهذا ما عالجه المسار الجديد لـ(GA) الذي ساوى بين حجم الدفعة والطلب اليومي لكلا المنتجين، وبالتالي فإن المزايا المتحققة من هذا المسار الجديد أسهمت بشكل وآخر بتحسين تخطيط الإنتاج في الشركة المبحوثة.

بعبارة أخرى أسهمت الخوارزمية الجينية بشكل كبير وفعال في ايجاد المسار الأمثل لتقليل كل من الوقت الكلي والكلفة الكلية للإنتاج، وبالتالي تحقيق أهداف الشركة المبحوث وزيادة أرباحها للمنتجين مجال اهتمام البحث الحالي.

المحور الرابع: الاستنتاجات والمقترحات:

يعرض هذا المبحث ما أفضت اليه نتائج البحث من استنتاجات ومقترحات مقدمة من قبل الباحثين لإدارة المعامل المبحوث وكما يأتي:

أولاً: الاستنتاجات:

١. يعمل تخطيط الإنتاج على إدارة الموارد وتحقيق الموازنة بينها وبين التخطيط لفترات زمنية متتالية بهدف تخفيض كلف الإنتاج من خلال استخدام الطرق والأساليب الرياضية المختلفة.
٢. لم تتمكن الطرق التقليدية من ايجاد حلول ومعالجات المشكلات الصناعية الكبيرة والمعقدة على عكس الطرق الحديثة المتمثلة بأساليب الذكاء الاصطناعي، ولهذا السبب تم لجوء العديد من الباحثين في مجال التصنيع ومنها الدراسة الحالية باتجاه البحث عن حلول لمشكلات تخطيط الإنتاج باستخدام هذه الأساليب ومنها الخوارزمية الجينية.
٣. تلعب (GA) دور كبير في مجال تخطيط الإنتاج عند اتخاذ القرارات وإيجاد الحل الأمثل من بين مجموعة من خيارات تلك القرارات، الأمر الذي قد يسهم في تطوير قدرات المنظمة التنافسية وبالتالي البقاء في السوق.
٤. هناك حاجة لوضع الخطط الإنتاجية المثلى في هذه الشركة للحفاظ على موقفها التنافسي، كونها لا تعتمد الأسس العلمية لتخطيط الإنتاج وتحديد الكميات الواجب انتاجها وخزنها وتقدير الطلب عليها، بل تعتمد على الاجتهاد الشخصي في ذلك الذي أدى إلى ظاهرة تكدس بعض من المنتجات النهائية ونقص في الطلبيات لأخرى.
٥. حقق الأنموذج المقترح تحسين في تخطيط الإنتاج من خلال (موازنة الطاقة الإنتاجية مع الطلب على المنتجات، الاستغلال الأمثل للموارد، تقليل الكلف الكلية، تقليل الوقت الكلي، تحسين الجودة).

ثانياً: المقترحات:

١. ينبغي على الشركة المبحوث إعادة صياغة الخطة الإنتاجية بشكل متكرر في كل مرة يحتاج فيها المنتج المطلوب إلى التصنيع، لمواكبة المنافسة الشديدة في السوق اليوم وعدم القدرة على التنبؤ بالسوق.

آليات التنفيذ:

- تحديد شروط التخطيط المطلوبة عند تطبيق الأنموذج المقترح لتحسين أداء الخطوط الإنتاجية وأداء النظام بأكمله المكون من هذه الخطوط.
- معرفة الطاقة الانتاجية لتحديد كمية الإنتاج على أساسها، لأن الطاقة الانتاجية تأخذ بالحسبان عدد الآلات المختلفة التي سيتم تثبيتها في كل خط إنتاجي.

٢. يتوجب على المنظمات التي تسعى أن تحقق نمواً وتطوراً في أدائها، تحقيق التوازن بين حجم وكمية الإنتاج والطلب عليها، وهذا يتطلب عملية تخطيط الإنتاج بشكل جيد.

آليات التنفيذ:

- التحقق من كمية الإنتاج المطلوبة لتحديد عدد ونوع الآلات التي يجب تثبيتها في كل خط إنتاجي.
- التنسيق والتكامل بين أقسام الشركة المبحوث المختلفة لدراسة الطلب وفق احتياجات الزبائن، لكي تتجنب ارتفاع مستويات المخزون والتالي ارتفاع التكاليف المرتبطة به.
- التواصل الفعَال بين جميع تلك الأقسام لتحديد الخطوط الانتاجية المراد إعادة تشكيلها لوضع خطة إنتاجية يمكنها أن توازي بين الطاقة الإنتاجية والطلب.

٣. نوصي الشركة المبحوث بالاستفادة من الوقت الفائض في بعض المراحل الإنتاجية واستغلاله في تصنيع أجزاء لمنتجات أخرى، وذلك باعتماد الأنموذج المقترح للبحث الحالي والاستفادة من مميزاته لبقية منتجات الشركة المبحوث.

المصادر والمراجع:

أولاً: المصادر العربية:

١. ثابت، همسة معن محمد، ٢٠١٢، استخدام التقنيات الذكائية في حل بعض النماذج الاقتصادية، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية، المجلد ١، العدد ٢١، العراق.

٢. العقون، عبدالغني، ٢٠١٩، تخطيط الإنتاج وأثره على الميزة التنافسية في مؤسسة كوك الحضنة ببرهوم ولاية المسيلة، رسالة ماجستير منشورة، قسم إدارة الإنتاج، جامعة المسيلة.

٣. محمد، دعاء عبدالرحمن، ٢٠١٨، أثر استخدام النظام الخوارزمي على توليد الأفكار في التصميم الداخلي والأثاث، مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية، المجلد 3 ، العدد ١١، العراق.

٤. مخوخ، رزيقة، ٢٠١٨، محاولة تخطيط الإنتاج باستخدام تنبؤات السلاسل الزمنية ونماذج بحوث العمليات، مجلة الحقوق والعلوم الانسانية، المجلد ٥، العدد ١٢، الجزائر.

٥. مرزوقي، إلهام، ٢٠٢١، دور وأهمية تخطيط الإنتاج في تحقيق الميزة التنافسية للمؤسسة الاقتصادية: دراسة ميدانية بمؤسسة عطابي للبلاط، رسالة ماجستير منشورة، كلية علوم التسيير، جامعة المسيلة.

٦. المهندس، إياد عرجه، ٢٠١٧، تطوير وتنفيذ خوارزمية بحث تكيفية لإيجاد المسار الأمثلي لذراع روبوت صناعي DoFs6 مع DoFs3 لعنصر التنفيذ النهائي، رسالة ماجستير منشورة، كلية هندسة القيادة الكهربائية، جامعة حلب.

٧. الوثري، طارق ومحمدي، عز الدين، استخدام البرمجة بالأهداف في تخطيط الإنتاج الأمثل: دراسة حالة مؤسسة طبري بلاستيك، مجلة الدراسات المالية والمحاسبية والإدارية، المجلد ٧، العدد ١، الجزائر.

ثانياً: المصادر الأجنبية:

8. Al-Mustfa, R., Fattouh, A. & Hashim, W.A., 2012, Robust Coordinated Design of Power System Stabilizer and Excitation System Using Genetic Algorithm to Enhance the

Dynamic Stability of Al-Zara Thermal Power Station Generation in Syria, Journal of King Abdulaziz University: Engineering Sciences, Vol., 23, No. 1, ,59-81.

9. Argoneto, P., Perrone, G., Renna, P., Nigro, G. L., Bruccoleri, M., & LaDiega, S.N., 2008, Production planning in production networks: models for medium and short-term planning, 2nd ed., Springer Science & Business Media, Ukraine https://link.springer. com/chapter/10.1007/978-1-84800-058-2_7#citeas.
10. Bouktir, T., & Guerriche, K.R., 2015, Optimal allocation and sizing of distributed generation with particle swarm optimization algorithm for loss reduction, Journal Science and technology, Vol. 6, No. 1, 59-69.
11. Goldberg, David E., 1976, Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley publishing company, Inc., ALABAMA.
12. Hautala, J., 2020. Supply Chain Digitalization-Optimizing The Factory Material Flow, MSc thesis, University Of Vaasa.
13. Kristensen, J., 2018. Fit for Purpose Tactical Production Planning: a context-based view on sales and operations planning, Doctoral dissertation, Aalborg University.
14. Maheshwari, A., Garg, R & Sharma, E.N., 2016, A Review Paper on Brief Introduction of Genetic Algorithm, International Journal of Emerging Research in Management & Technology, P: 89.
15. SABRI, F.B., 2011, of Computer Science (Software Engineering), Doctoral dissertation, Universiti Malaysia Pahang.