The Administration & Economic College Journal
For Economics & Administration & Financial Studies
Vol.16,N3, P P 371 - 392
ISSN PRINT 2312-7813
ISSN ONLINE 2313-1012
رقم الايداع ١٥٥٧ لسنة ٢٠١١
مجلة كلية الإدارة والاقتصاد للدراسات الاقتصادية
والإدارية والمالية
المجلد ١٦، العدد٣أيلول ٢٠٢٤ ص ص ٣٧١- ٣٩٢

Optimal Allocation of Resources within the Cloud Manufacturing Environment by Adopting Swarm Intelligence Algorithms

*التخصيص الأمثل للموارد ضمن بيئة التصنيع السّحابي باعتماد خوارزميات ذكاء السرب

** راقية جواد ناجي ** أ.د عادل ذاكر النعمة

Abstract

The current study seeks to reach the optimal allocation of cloud manufacturing resources through the study of a product (electrical distribution transformer 400kva)in the general company for electrical and electronic industries-Baghdad and identify its detailed manufacturing processes and technical path, for the purpose of reaching the optimal allocation of resources by achieving goals (reducing time, cost, service quality, risk) by adopting swarm intelligence algorithms, ant colony examples algorithm (ACO, bird swarm examples algorithm(PSO) and hybrid algorithm(AC-PSO) for both and comparing the pre-and post-allocation results, since the most important conclusions were reached by reaching the optimal allocation of resources of a converted product Distribution of 400Kva and a change to the course of Operation No. (7) as it proved that it is optimal to take place before Operation No. (6) as well as optimal allocation within the manufacturing processes themselves to make the transformer,

*بحث مستل .
**جامعة الموصل – كلية الادارة والاقتصاد.

which led to a reduction in the total completion time and a difference of (84) minutes from the original, reducing the cost and a difference of (1485300) Iraqi dinars, while reducing the wages of workers by (900000) dinars with a significant reduction in the severity of risk and a difference of (16%) from the original, in addition to improving the quality service with a difference of (20%) from the original.

المستخلص : تسعى الدراسة الحالية الى الوصول الى التخصيص الأمثل لموارد التصنيع السّحابي من خلال دراسة منتج (محولة التوزيع الكهربائية400Kva)في الشركة العامة للصناعات الكهربائية والالكترونية-بغداد والتعرف على عمليات التصنيع التفصيلية لها والمسار التقني، لغرض الوصول الى التخصيص الأمثل للموارد عن طريق تحقيق اهداف (تخفيض الوقت، الكلفة، جودة الخدمة، المخاطرة) باعتماد خوارزميات ذكاء السرب، خوارزمية أمثلية مستعمرة النمل(ACO)وخوارزمية أمثلية سرب الطيور(PSO) والخوارزمية الهجينة-(AC PSO) لكليهما ومقارنة النتائج ما قبل التخصيص وما بعده، اذ تم التوصل الى اهم الاستنتاجات من خلال الوصول الى التخصيص الأمثل لموارد منتج محولة التوزيع 400Kva وبتغيير لمسار عملية رقم (٧) اذ ثبت انه من الأمثل ان تجري قبل عملية رقم (٦) وكذلك التخصيص الأمثل داخل عمليات التصنيع نفسها لصنع المحولة، مما أدى الى تقليص في وقت الإنجاز الكلي وبفارق (٨٤) دقيقة عن الأصل، وتقليص الكلفة وبفارق مقداره (١٤٨٥٣٠٠) دينار عراقي، مع تقليص أجور العاملين بفارق (٩٠٠٠٠٠) دينار مع تقليص كبير لشدة المخاطرة وبفارق (16%) عن الأصل، إضافة الى تحسين جودة الخدمة وبفارق (20%) عن الاصل.

المقدمة : إن تطور تقنيات التصنيع الناشئة وتقنيات الإنترنت، قد ساهم بتطور الإنتاج تدريجياً إلى تصميم وإنتاج تعاوني متعدد الأدوار ومتعدد المجالات، وهناك العديد من الموارد عبر الإقليمية وحتى عبر المجالات والتقنيات جنبًا إلى جنب مع الإنتاج، ومع ذلك، ونظرًا للتوزيع غير المتكافئ لموارد التصنيع، يواجه الإنتاج تناقضًا معينًا، اذ تواجه العديد من المنظمات الصناعية الصغيرة والمتوسطة الحجم نقصًا في المواهب والتكنولوجيا(Rane,2022,14) ومعدات المعالجة المحدودة والمتخلفة، وبعض المنظمات لديها ولفترة طويلة موارد خاملة من الآلات والأجهزة، والموارد البشرية وموارد البرامجيات وعلى المدى الطويل، لن يؤدي هذا

إلى إهدار الموارد الاجتماعية فقط ويؤثر على الابتكار والقدرة التنافسية للمنظمات، ولكنه سيحد أيضًا من التطور السريع للإنتاجية الاجتماعية والتي يجسدها التصنيع السّحابي من خلال ربط المنتجين والمصممين والمجهزين والزبائن عبر الواجهة الأساسية له وهي منصّة التصنيع السحابي (Patel, et al.,2022,15)،اذ لم تعد نماذج التصنيع الحالية، مثل مزود خدمة التطبيق ، وشبكة التصنيع وغيرها قادرة على تلبية متطلبات الإنتاج بشكل جيد، ومع ظهور التصنيع السّحابي الذي تتميز موارده عن غيرها بعدة مزايا، لذا بات الاهتمام في تخصيص موارده بشكل أمثل لتلبية متطلبات الإنتاج والزبون بكفاءة وفاعلية (Liu,2019,380)، لذا تتضمن هذه الدراسة عرض لموارد التصنيع السّحابي المادية والمتعلقة بمنتج (محولة التوزيع 400Kva)، وكيفية تخصيص تلك الموارد، واهداف التخصيص الأمثل لتلك الموارد مع الانموذج الرياضي لها عن طريق خوارزميات ذكاء السرب (ACO)و(PSO) والخوارزمية الهجينة لكليهما(AC-PSO).

المبحث الأول: منهجية الدراسة

وتشمل الدراسة منهج دراسة واقع حال الشركة المبحوثة لمنتج محولة التوزيع 400Kva وكيفية التخصيص الأمثل لموارد الإنتاج ضمن بيئة التصنيع السّحابي.

مشكلة الدراسة: ترتبط مشكلة الدراسة بارتفاع كلف التصنيع واتباع الأسلوب التقليدي لتخصيص موارد التصنيع كالتقدير والتخمين إضافة الى طول المدة الزمنية للتخصيص لذا كان من الضروري اتباع أسلوب حديث لتخصيص الموارد يعتمد على تقنيات الذكاء الاصطناعي تحديدا خوارزميات ذكاء السرب (ACO)و(PSO)و(AC-PSO).

أهداف الدراسة

١.التخصيص الأمثل لموارد التصنيع السّحابي لمنتج محولة التوزيع 400Kvaعن طريق (ACO)و(PSO)والخوارزمية الهجينة (AC-PSO) باستخدام برنامج Matlab2021
٢.تقليص الوقت، الكلفة، المخاطرة، تحسين جودة الخدمة لأنها اهداف التخصيص الأمثل لموارد التصنيع السّحابي.

أهمية الدراسة: تتمثل أهمية الدراسة الحالية بشكل رئيس في البحث ضمن الإطار المعرفي(النظري) الذي اعتمدته باتجاه توجه صناعي معاصر وحديث وهو تقنية التصنيع السّحابي وتحديداً البحث في التخصيص الامثل لموارد هذه التقنية باعتماد خوارزميات ذكاء السرب باعتبار تخصيص الموارد مفتاح النجاح الرئيس للتصنيع السحابي وفقا لما ورد في

الادبيات، وعليه تستمد الدراسة الحالية اهميتها من اهمية كلا من القطاع الصناعي متمثلا بالشركة المبحوثة واهمية متغيراتها طبقا لما اورده الباحثون بهذا الشأن.

المبحث الثاني: المراجعة النظرية

١. بعض الدراسات السابقة : سوف يتم عرض بعض الدراسات السابقة التي تم الحصول عليها من قبل الباحثة وكما في الجدول(١):

١-دراسة(Xavier,2019)	
العنوان	**CLOUD MANUFACTURING MODEL TO OPTIMISE MANUFACTURING PERFORMANCE.** **أنموذج التصنيع السَحابي لتعظيم أداء التصنيع.**
ميدان الدراسة	**عدد من شركات التصنيع (صغيرة ومتوسطة الحجم) في بريطانيا.**
أداة الدراسة	**استخدام لغة البرمجة (R-studio) وبرنامج المحاكاة (Witness) في اختبار النموذج المقترح.**
مشكلة الدراسة	**هناك عدد قليل جدًا من الدراسات التي تركز على القدرة المرنة للسَحابة (Elasticity)، مع مشكلات الاستخدام غير الفعال للموارد، كارتفاع تكلفة رأس المال، تكلفة الصيانة، وعدم القدرة على تلبية الطلب غير المتوقع في السوق بسبب عدم القدرة على التوسع، وخسارة الفرص بسبب قلة المرونة، وضعف في استخدام التقنيات المبتكرة.**
أهمية الدراسة	**اعتماد وضع التصنيع السَحابي لتحسين أداء التصنيع بناءً على الأولويات التنافسية مثل التكلفة، الجودة، التسليم في الوقت المحدد والمرونة.**
أهداف الدراسة	**اقتراح أداة تقييم المرونة ليتم تضمينها في نموذج التصنيع السَحابي للزبائن، واعطاء فهم واضح لضرورة أنموذج التصنيع المرن المستند إلى السَحابة لغرض تحقيق الأولويات التنافسية مثل التكلفة المنخفضة، الجودة العالية، التسليم في الوقت المحدد.**
أهم النتائج	**من خلال تقديم اداة المرونة السريعة (Rapid Elasticity) مع أفضل مزيج من معلمات التصنيع تم اكتساب ميزة تنافسية، ومكنت المرونة السريعة الأنموذج المقدم من ان يكون فريدًا من جميع الأساليب أو التقنيات الأخرى.**
٢-دراسة(Zhang et al.,2024)	
عنوان الدراسة	**Dynamic decision-making for knowledge-enabled distributed resource configuration in cloud manufacturing considering stochastic order arrival** **صنع القرار الديناميكي لتهيئة الموارد الموزعة في وصول الطلبات العشوائية للتصنيع السَحابي.**
ميدان الدراسة	**مجموعة مرشحة من شركات التصنيع.**
أداة الدراسة	**استخدام أدوات الذكاء الاصطناعي تحديدا استراتيجية التعلم العميق (Deep Learning)**
مشكلة الدراسة	**عدم القدرة على تلبية الطلبات العشوائية للزبائن الواردة الى منصّة التصنيع السَحابي بسبب لامركزية الموارد وصعوبة اتخاذ قرار التخصيص الأمثل لها.**
أهمية الدراسة	**التغلب على المنافسة الشديدة.**
أهداف الدراسة	**التخصيص الأمثل لموارد التصنيع السَحابي الموزعة من قبل الشركات المصنعة وتكوين تشكيلة من خدمات التصنيع لتلبية طلبات الزبائن المتغيرة.**
أهم النتائج	**تم اعتماد ١٨ طريقة تخصيص للموارد للوصول الى الحل الامثل.**

٢. التصنيع السحابي Cloud Manufacturing (CMfg) - تواجه شركات التصنيع المعاصرة تحدياً كبيراً يكمن في ارتباط تنافسيتها بحقيقة التكامل بين عمليات تصنيع المنتجات المادية والخدمات معاً بالتزامن مع مشاركة تفاعلية لكل من الزبون والمجهز في عمليات التصميم والتصنيع ونوعية الخدمات المقدمة للاستجابة المتسارعة للمتطلبات الاجتماعية والاقتصادية والبيئية بشكل عام، والتنوع المتسارع في حاجات ورغبات الزبائن من جهة ، وحدّة المنافسة المحلية والعالمية من جهة أخرى بفعل عولمة التصنيع ،وقصر دورة حياة المنتوجات، والاضطراب السوقي الكبير الذي احدثته التطورات العلمية والتقنية المتسارعة خاصة في سياق نظم التصنيع القائمة على الانترنيت، وانترنيت الأشياء، والحوسبة السّحابية، والمحاكاة الافتراضية لموارد التصنيع ((Luong et al., 2021,275) Yin et (Arbabi,2022,3244) Akbaripour et al.,2018,55)(al.,2024,22)، وكان لهذا

التحول تأثيراً جوهرياً في خصائص الاتمتة والمكننة والمعلوماتية وتحديداً في النظم الاجتماعية التقنية والتي ولدّت مجموعة متنوعة من نماذج ونظم التصنيع ومنها اليوم (التصنيع السّحابيCMfg) والذي تسعى الشركات الصناعية المعاصرة لتبنيه من خلال ما يُعرف بالأنظمة المتوازية والموزعة المرتبطة شبكياً في عموم المنظمة الصناعية عبر مشاركة الموارد وتقانات التصميم، واعتماد مبادئ التصنيع(المرونة، الرشاقة، التعاون، التسارع، الصداقة للبيئة، الاستدامة، وإعادة التشكيل) (Bouzary, & Chen,2020,19) من خلال ما يُعرف بمنصّة التصنيع السّحابي التي تشمل كل من المنظمة الصناعية والمجهز والزبون(افراداً ومنظمات)، بهدف تقديم تصنيع موجّه نحو الخدمة لتقديم المنتجات المادية والخدمات الساندة لها سعياً للوصول الى تحسين ادائها من خلال تقليص الوقت ،الكلف ،المخاطرة ، تحسين جودة الخدمة، موازنة الاحمال في خط الانتاج ،الموثوقية ، معدل الاستغلال الأمثل لموارد التصنيع.(Bangyal ,2023,290)،

تخصيص موارد التصنيع السّحابي يمثل المشكلة الأكثر أهمية والتي نالت اهتمام الكثير من الباحثين أمثال (Yu et al.,2008,7) (Zhang et al.,2024,10)(Li et al.,2010,13) ويعد ذلك مشكلة مهمة في جدولة التصنيع، والتي تلعب دورًا رئيساً في تحسين عمليات التصنيع بالإضافة إلى مساهمته في تقليل التكاليف مع ملاحظة هناك مشاكل في جدولة التصنيع على مستويات مختلفة، الآلة الفردية، محطة العمل، ورش العمل، سلسلة التجهيز، و أثناء عملية الجدولة، ينبغي العمل لتقديم أفضل تخصيص ممكن للأوامر / المهام إلى موارد محدودة، مع مراعاة التسلسل والقيود الزمنية(Colorni et al.,1991,5) (Zhou et al.,2009,11)ويسعى التصنيع السّحابي على وفق المبدأ الذي يقوم عليه إلى إنشاء مجموعة مشتركة من موارد التصنيع الموزّعة مثل برامج وأدوات تطوير المنتوجات والقدرات منها مثلاً قدرات تطوير المنتوج التصميم، المحاكاة، الاختبار قدرات الإنتاج مثل التجميع، ومراقبة الجودة، لان التصنيع السّحابي كنظام يتألف من مستخدمي السّحابة ومنصة سّحابية وموارد وقدرات تصنيعية تدعم تطبيقات محددة في مجال التصنيع(كما في الشكل(١) والتركيز يتمحور بشكل أساسي على تخصيص موارد التصنيع، وعليه كلما كانت تفاصيل الموارد أدق، زاد التعقيد في كل من عملية تخصيص وجدولة موارد التصنيع، ومع ذلك، ستكون مراقبة حالة موارد التصنيع والتحكم فيها أكثر دقة، وبالتالي يمكن توفير خدمات تصنيع سّحابية بصورة أكثر احترافًا(Wang et al., 2022,2018)

ويصبح الأمر أكثر صعوبة إذا تم الاخذ في الاعتبار أنظمة التصنيع الحديثة، ومنها التصنيع السّحابي، كما أحدثت التقنيات الحديثة في مجال الأتمتة والروبوتات وتكنولوجيا المعلومات

تغييرًا كبيرًا في توجه أنظمة الإنتاج الحديثة، وعلى وجه الخصوص، الروبوتات المحمولة، تقنية تحديد الترددات الراديوية(RFID) ،أنترنيت الاشياء (IoT)، والتي تعد جميعاً من تقنيات التصنيع السّحابي، والتي ينتج عنها عمليات إنتاج حديثة تتميز بتقصير دورات الإنتاج وسلاسل التجهيز، وانخفاض تكاليف الإنتاج، وزيادة جودة المنتج وموثوقيته، ولطالما كان تخصيص الموارد مصدر قلق للعديد من شركات التصنيع السّحابي، بما في ذلك أنظمة التشغيل والحوسبة الشبكية وإدارة مركز البيانات والمعدات والمواد الأولية والآلات أي كل من الموارد المادية والافتراضية معاً (Mohamed,2022,210)،اذ يصف تخصيص الموارد عملية تعيين الموارد المتاحة للتصنيع السّحابي من خلال المحاكاة الافتراضية لذلك فهو يصف أي آلية تهدف إلى ضمان تلبية متطلبات التطبيقات بشكل صحيح من خلال البنية التحتية لشركة التصنيع ومع ذلك، فإن مقدمي الخدمات السّحابية والمستخدمين السّحابيين لديهم متطلبات وأهداف مختلفة ومتضاربة، فضلاً عن تغيير الموارد في البنية التحتية السّحابية ديناميكيًا من حيث التحميل والتوافر، مما يجعل تخصيص الموارد في التصنيع السّحابي مشكلة معقدة. ووفقا لهذا التصور يعد التخصيص الفعّال للموارد أحد المتطلبات الأساسية في بيئات التصنيع السّحابي، وبالتالي فإن تحسين تخصيص تلك الموارد بات الآن مصدر قلق رئيسي للقائمين على عمليات التصنيع في السحّابي ، لذلك باتت الحاجة لاعتماد خوارزميات تخصيص الموارد لتتعامل مع المرونة وقابلية التوسع وزيادة الموارد وخفض التكلفة في بيئة التصنيع السّحابي، فالخوارزميات التقليدية بهذا الشأن اصبحت غير كافية لتخصيص الموارد في التصنيع السّحابي التي تعتمد على تقنية المحاكاة الافتراضية لغرض الوصول الى الأمثلية او التحسين. (Bei et al.,2024,15) (Xu et al.,2022,16)

وتحديات إدارة وتخصيص الموارد في التصنيع السّحابي حول قيود عدم التجانس في قدرات الأجهزة او الآلات وتقدير عبء العمل ومتطلبات مستخدم السّحابة فيما يتعلق بجودة الخدمة(QoS)، فبيئات التصنيع السّحابي تتميز بانها غير متجانسة ولديها موارد مادية من مصانع او شركات مختلفة مما يعني ان مستخدمي السّحابة منتشرين جغرافيا ويستخدمون مجموعة متنوعة من الموارد، مما يعني ان بيئة التصنيع السّحابي توفر مجموعة غير متجانسة من الموارد المتوازية والموزّعة، ويقصد بكلمة متوازية، بانها تنفيذ العديد من المهام في الوقت نفسه، أما موزّعة، فتمثل البيئة التي يتم العمل عليها هي بيئة موزّعة ولا بد من تامين موارد لهذا التصنيع وقد تتضمن هذه الموارد (الموارد الافتراضية كجهاز حاسوب أو مجموعة من أجهزة الحاسوب أو روابط الشبكة أو وحدات المعالجة المركزية أو محركات الأقراص والموارد المادية كالآلات، المعدات، المواد الأولية، الأدوات) (Bansal&

ويؤدي الاستخدام المشترك (Coello et al.,2022,1051), (Deep,2019,11042 للموارد من قبل الزبائن دون أي استراتيجية واضحة المعالم إلى مجموعة من التحديات في بيئة التصنيع السّحابي مثل، قابلية التوسع ونسبة التسامح مع الخطأ والموثوقية والتوافر وغيرها الكثير، كما تظهر هذه التحديات عندما يوجد عدد كبير من الطلبات المتزامنة والمخصصة إلى مورد واحد مما يؤدي إلى حدوث خلل بسبب التحميل الزائد، بينما تكون الموارد الأخرى في وضع السكون، وبالتالي فإن التعامل مع تخصيص الموارد وتقديمه يمثل تحديا كبيرا كما اسلفنا ، خاصة بأن متطلبات الزبائن متقلبة بشكل متكرر، والهدف الرئيس من تخصيص الموارد هو الوصول إلى الاستخدام الأمثل ، وتجنب التحميل الزائد ، فإن زيادة الإنتاجية في مثل هذه البيئة غير المتجانسة يمثل تحديًا كبيراً اضافياً(Xavier, 2019,20). تم اعتماد أنظمة مختلفة للذكاء الاصطناعي وتقنيات التنقيب عن البيانات، كخوارزميات التجميع، الاستدلال على أساس الحالة، الخوارزميات الجينية والمنطق الضبابي، وكذلك أساليب الذكاء الاصطناعي الهجينة وتحديداً ذكاء السرب لحل مشاكل تخصيص الموارد في بيئة التصنيع السحّابي. (Rane,2022,25)

شكل(١) مفهوم التصنيع السّحابي

Wang et al., (2022) ‘Manufacturing task semantic modeling and description in cloud manufacturing system’, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 71(9–12), pp. 2017–2031.

٣. مفهوم ذكاء السرب Swarm Intelligence-(SI) - تشير كلمة سرب إلى مجموعة من الأفراد أو الكائنات المتحركة المنظمة مثل الحشرات ،الطيور ،الأسماك المتجانسة المتفاعلة فيما بينها من جهة، ومع البيئة المتواجدة فيها من جهة أخرى، وقد أحتل هذا السلوك مجال اهتمام الباحثين لمعالجة المشكلات التي تركز على نمذجة ومحاكاة سلوك البحث عن الطعام لهذه

الكائنات ، وتجلى هذا الاهتمام بصياغة مصطلح Swarm Intelligence من قبل(Beni &Wang) الذي يعتبر الاب الروحي لهذا التوجه من خلال تطوير مجموعة من الخوارزميات لاستغلال سلوك اسراب الطيور لمعالجة تلك المشكلات، ثم تتوالى الاهتمامات من الباحثين فيما بعد لهذا التصور، ففي عام ١٩٨٧ طور Renolds برنامجًا لمحاكاة حركة أسراب الطيور أو الحيوانات باستخدام السلوك الفردي والجماعي، والذكاء العاطفي التي تتمتع به هذه الكائنات ، من خلال الاستفادة من معطيات السلوك التعاوني المنظم ذاتيًا للكيانات الاجتماعية داخل السرب ، وبسبب هذا السلوك التعاوني ، يمكن بناء استراتيجية بحث لمعالجة المشكلات وبشكل أفضل من البحث العشوائي.

وأما ذكاء السرب فقد وصف(Bonabeau et al.,2022,1) بانه الذكاء الجماعي الناشئ لمجموعات من الكائنات، ولتتوالى فيما بعد الاهتمامات بهذا التحول في أواخر الثمانينيات ، وبداية التسعينيات من القرن العشرين لتطوير خوارزميتين ناجحتين ، الأولى سميت بأمثليه مستعمرة النمل(ACO) في عام ١٩٩٢ (Dorigo &Gambardella,1997,74) والثانية بأمثليه سرب الطيور(PSO) في عام ١٩٩٥ ولغاية منتصف التسعينيات كان النظر في مدخل ذكاء السرب في إطار ما يعرف مداخل الحساب التطوري(EC)- Evolutionary Computation، بسبب أوجه التشابه بينهما من حيث استخدام السكان والطبيعة العشوائية ومجالات التطبيق. واليوم ، اكتسبت SI هويتها الخاصة بسبب بعض الاختلافات المتأصلة بين الفلسفات الأساسية لـ SI و EC، اذ تحاول SI محاكاة السلوك الجماعي والتعاوني للعوامل البسيطة ، في حين EC مستوحى من التطور البيولوجي، وأصبحت SI شائعة جدًا كفئة من خوارزميات التحسين بسبب بساطتها وفاعليتها في حل مشكلات العالم الواقعية، وتتكون الخوارزميات في فئة ذكاء السرب بشكل أساسي من مرحلتين ، وهما الأول مرحلة التباين والثاني مرحلة الاختيار، وهي المراحل المسؤولة عن الحفاظ على التوازن بين الاستكشاف والاستغلال وإجبار السرب بأكمله، بعبارة أخرى تمثل مجموعة الحلول المحتملة لتحديث مواقفهم او مواقعهم، وتمثل مرحلة التباين او الاختلاف هذه استكشاف مناطق مختلفة من مساحة البحث في حين تعمل مرحلة الاختيار لاستغلال التجارب السابقة، وقد قدم (Karaboga) الشروط اللازمة لذكاء السرب والتي تُظهر مجموعة من العوامل المتجانسة أي الخصائص التي يجب توافرها في النظام كي يكتسب صفة ذكاء السرب وهي كما يأتي: (Bonabeau et al.,2022,2)(Bansal et al.,2023,2-3) (McMullen,2001)

(١) التنظيم الذاتي: Self-Organization وهي العملية التي تنشأ فيها بعض التحركات الديناميكية المنظمة من التفاعل بين أفراد المجموعة المضطربة في البداية والتي تشكل فيما بعد السرب بأكمله او هو مزيج من ردود الفعل الإيجابية والسلبية والتقلبات والتفاعلات المتعددة، كما تشجع التعليقات الإيجابية الأفراد على أداء السلوكيات المفيدة بشكل متكرر أو تجنيد الأفراد الآخرين نحو السلوكيات الملائمة.

(٢) تقسيم العمل: Division of Labor تساعد هذه الخاصية لذكاء السرب في أداء المهام المختلفة والمتزامنة في وقت واحد من قبل أفراد متخصصين، اذ يجعل تقسيم العمل السرب قادرًا على التعامل مع الظروف المتغيرة التي تظهر في مساحة او فضاء البحث.

المبحث الثالث: التطبيق العملـــــــي

١. واقع تخصيص الموارد الحالي للشركة المبحوثة: تُجري الشركة المبحوثة عملية تخصيص لموارد التصنيع المادية فقط مع تجاهل تام لتخصيص موارد التصنيع الافتراضية ويكون هذا التخصيص من النوع قصير الاجل والذي يقع ما بين (٣-٦ أشهر) من خلال الطرق التقليدية والبسيطة للقيام بذلك بالاعتماد على خطط الاشهر او السنوات السابقة مع اجراء بعض التعديلات الطفيفة عليها كمعدلات الطلب والطاقة ودفعات الانتاج والاحتفاظ بالمخزون ووقت وكلف العمل معتمدين بذلك على الخبرات الشخصية لاختيار أفضل تخصيص من حيث قابليته على التطبيق ومردوداته، وهذه اشارة الى افتقار الشركة المبحوثة للأساليب والتطبيقات الرياضية والبرمجية الحديثة التي يتم من خلالها البحث عن أمثل الطرق لتخصيص موارد التصنيع بنوعيها المادي والافتراضي والمتميزة بقدرتها على التعامل مع الكثير من المتغيرات وسرعة ودقة الحصول على النتائج، وهذا ما سعت اليه الدراسة الحالية الى تسليط الضوء عليه من خلال الانموذج المقترح لتصميم نظام التخصيص الامثل لموارده المادية لمنتج محولة التوزيع باعتماد الذكاء الاصطناعي تحديداً خوارزميات ذكاء السرب(ACO) و(PSO)والهجينة(AC-PSO).

٢. أفتراضات الانموذج المقترح للتخصيص الامثل للموارد المادية وتضم:

وصف المراحل الانتاجية والمسارات التقنية للمنتجات ميدان الدراسة.

سيتم في هذه الفقرة وفي ضوء المعايشة الميدانية والمشاهدات والمقابلات مع ذوي الاختصاص والاطلاع على سجلات الشركة المبحوثة استطاعت الباحثة وصف سير العمليات الانتاجية والمسارات التقنية لمنتوج محولة التوزيع 400Kva ميدان الدراسة وكما يأتي:

أ. وصف العمليات الانتاجية لمنتج المحولة مع المسار التقني: اذ يوضح الجدول (٢) سير العمليات الانتاجية التي يمر بها منتج المحولة ٤٠٠Kva

الجدول(٢)وصف سير العمليات الانتاجية لتصنيع المحولة

it	العملية	عدد المكائن	عدد العاملين	الوقت/دقيقة	الكلفة/دينار	جودة الخدمة%	المخاطرة%
١	Ob1	7	6	60	10020	0.9	0.1
٢	Ob2	2	2	150	25050	0.8	0.1
٣	Ob3	١	٢	١٨٠	30060	0.9	0.2
٤	Ob4	١	١٠	٤٢٠	70140	0.9	0.2
٥	Ob5	١	٢	٩٦٠	160320	0.9	0.3
٦	Ob6	١	١	٢٤٠	40080	0.9	0.4
٧	Ob7	١	٤	١٨٠	30060	0.7	0.3
٨	Ob8	٢	٢	٢٤٠	40080	0.9	0.3

المصدر: من اعداد الباحثة بالاعتماد على المشاهدة الميدانية وسجلات الشركة ومقابلة المختصين.

ب: تحديد مدخلات الانموذج الرياضي لمشكلة تخصيص الموارد المادية للتصنيع السّحابي

تم العمل على تطوير انموذج برمجة رياضي لحل مشكلة تخصيص الموارد المادية للتصنيع السّحابي، اذ تم الاخذ بنظر الاعتبار ان صياغة الانموذج الرياضي لتخصيص موارد التصنيع السّحابي في الشركة المبحوثة يجب ان يتفق مع قيود ومتطلبات الشركة اثناء فترة التخصيص، ونظراً لخصائص مشكلة الدراسة الحالية، فان انموذج البرمجة الرياضية يصبح انموذجا لبرمجة عدد صحيح، اذ تتمثل الوظيفة الموضوعية دالة الهدف لهذا الانموذج في تقليل الكلف والوقت من خلال تقليل المسافات والوقت الكلي للمسار التقني لمنتوج المحولة ،والمخاطرة وتحسين جودة الخدمة.

ثالثاً: المعادلات الخاصة بالأنموذج الرياضي لمشكلة تخصيص الموارد المادية للتصنيع السّحابي

وفيما يأتي الصيغ الرياضية لعناصر الانموذج الرياضي. (المصدر: من اعداد الباحثة)

(١) دالة الهدف الرئيسة لمنتج محولة التوزيع400Kva هي:

$$F = \min\{w_1 C + w_2 T + w_3 Q + w_4 Rk\} \quad \ldots\ldots(1)$$

علما ان w يمثل وزن كل هدف ويمثل احتمالية بحيث يجب ان يكون مجموع الاوزان =١، أي أن

$$\sum w_i = 1$$

(2) دالة الهدف للكلف الكلية للمسار لمنتوج المحولة هي:

$$\min F = \sum_{i=1}^{n} C_i \qquad \dots\dots\dots (2)$$

أما قيد مجموع الكلفة لكل مسار لمنتوج المحولة هو:

$$\sum_{j=1}^{i} C_{ij\,xij} = Ci \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

(3) دالة الهدف لتقليل الوقت الكلي للمسار لمنتوج المحولة هي:

$$\min F = \sum_{i=1}^{n} T_i \qquad \dots\dots\dots (3)$$

أما قيد مجموع الوقت لكل مسار لمنتوج المحولة هو:

$$\sum_{j=1}^{i} T_{ij\,xij} = Ti \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

(4) دالة الهدف لتحسين جودة الخدمة الكلية للمسار لمنتوج المحولة (أختيارأدنى جودة مثلى) هي:

$$\min F = \sum_{i=1}^{n} Q_i \qquad \dots\dots\dots (4)$$

أما قيد مجموع جودة الخدمة لكل مسار لمنتوج المحولة هو:

$$\sum_{j=1}^{i} Q_{ij\,xij} = Qi \quad \dots\dots\dots (4-1)$$

(5) دالة الهدف لتقليل المخاطرة الكلية للمسار لمنتوج المحولة:

$$\min F = \sum_{i=1}^{n} Rk_i \quad \dots\dots\dots\dots (5)$$

أما قيد مجموع الموثوقية لكل مسار لمنتوج المحولة هو:

$$\sum_{j=1}^{i} Rk_{ij\,xij} = Rki \quad \dots\dots\dots (5-1)$$

شرط الاحتمال لمتغير القرار هو: $xij \in (0,1)$

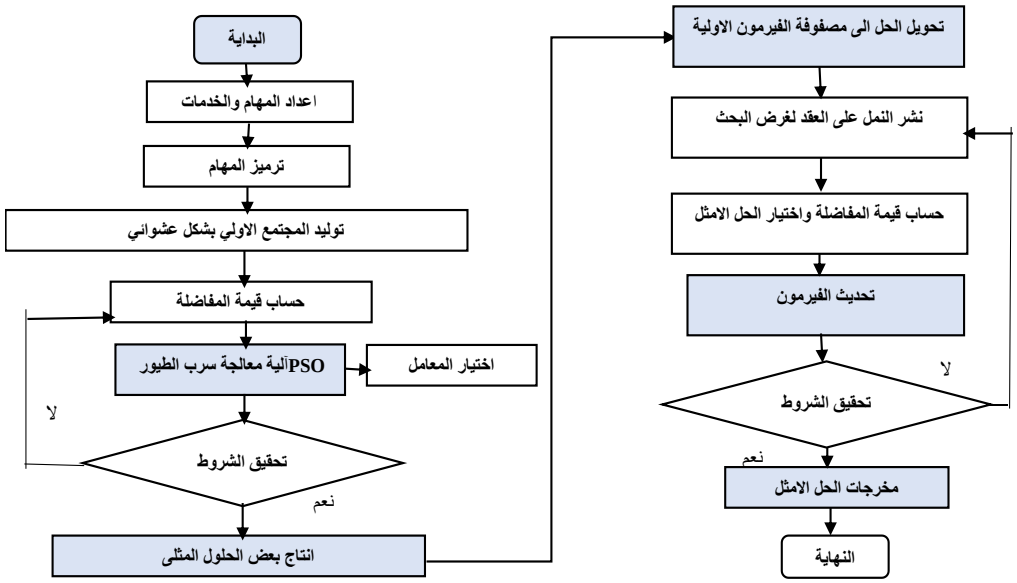
أي انه يأخذ قيمة تساوي (١) في حالة التحقق وقيمة تساوي (٠) في حالة عدم التحقق

حيث ان: F دالة الهدف، n عدد المراحل، ij الوقت بين العقد(الموارد)

Xij قيمة متغير القرار (0,1) أي تكون اما مساوية الى الصفر او الواحد.

رابعاً: آلية عمل الخوارزمية الهجينة (AC-PSO)

في هذه الدراسة ستكون آلية عمل الخوارزمية الهجينة(AC-PSO) كما موضحة في المخطط الانسيابي (٢) اذ تبين جهة يسار الشكل خوارزمية سرب الطيور (PSO) وجهة يمين الشكل خوارزمية مستعمرة النمل (ACO) وكيف تشكلت الخوارزمية الهجينة (AC-PSO) من كليهما كالاتي:



شكل (٢) المخطط الانسيابي للخوارزمية الهجينة (AC-PSO)

خامساً: النتائج والمناقشة - وفقا للأنموذج المقترح وخوارزمية الوصول الى التخصيص الأمثل لموارد التصنيع السّحابي في أعلاه، اذ تم استخدام برنامج MATLAB2021 لهذا الغرض، اما المعلمات التجريبية التي تم اعدادها واستخدامها كانت كلاتي:(حجم المجتمع=60، اقصى حد للتكرار=100، $\alpha = 1, \beta = 6, \rho = 0.1$، قيم اوزان الأهداف الأربعة (الوقت، الكلفة، جودة الخدمة، المخاطرة) هي:

$[w1, w2, w3, w4] = [0.3, 0.3, 0.2, 0.2]$

ويوضح الجدول (٣) التخصيص الأمثل لموارد منتج المحولة باعتماد الخوارزمية الهجينة (AC-PSO) كما يأتي:

الجدول (٣) التخصيص الأمثل النهائي لموارد منتج المحولة باعتماد(AC-PSO)

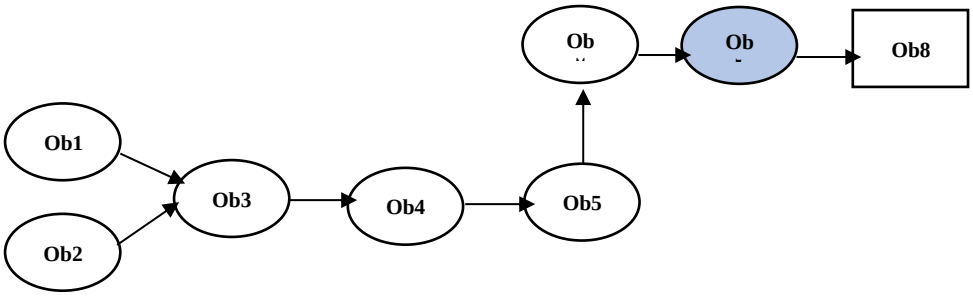
ت	رمز العملية	عدد المكائن	عدد العاملين	الوقت/دقيقة	الكلفة/دينار	جودة الخدمة%	المخاطرة%
١	Ob1	7	6	50	8332	0.7	0.05
٢	Ob2	2	2	140	23331	0.7	0.07
٣	Ob3	١	٢	172	28663	0.7	0.04
٤	Ob4	١	8	410	68326	0.7	0.07
٥	Ob5	١	٢	944	157317	0.7	0.06
٦	Ob6	١	١	230	38329	0.7	0.07
٧	Ob7	١	٤	170	28330	0.7	0.06
٨	Ob8	٢	٢	230	38329	0.7	0.07

اعداد الباحثة بالاعتماد على برنامج تخصيص الموارد باعتمادAC-PSO في برنامج MATLAB

ومن خلال عملية المحاكاة فان التخصيص الأمثل لموارد منتج محولة التوزيع 400Kva كان كما موضح بالجدول(٤).

الجدول(٤) التخصيص الأمثل النهائي لمنتج محولة التوزيع باعتماد AC-PSO

التخصيص الامثل	عدد التكرارات
Ob1-Ob2- Ob3-Ob4-Ob5-Ob7-Ob6- Ob8	100



شكل(٣) المسار التقني لمحولة التوزيع بعد التخصيص الأمثل للموارد

نلاحظ ان التخصيص الأمثل للمسار وضع اجراء المعالجة (٧) قبل المعالجة (٦) لتقليص الوقت والكلفة وتحسين سير عملية التصنيع ككل. تم الوصول الى هذا التخصيص الأمثل والوفورات في الوقت، الكلفة، جودة الخدمة، المخاطرة كما في الجدول (٣) بالاعتماد على التخصيص الأمثل لموارد المعالجات الداخلية لكل عملية وكما يبينها الجدول (٥).

الجدول(٥) التخصيص الأمثل لموارد المعالجة(Ob1)لمنتج المحولة

المعالجة	Ob1						
المهام الفرعية	1	2	3	4	5	6	7
تخصيص الآلات	M6	M2	M4	M5	M1	M3	M7
تخصيص العاملين	1	1	1	1	1	1	

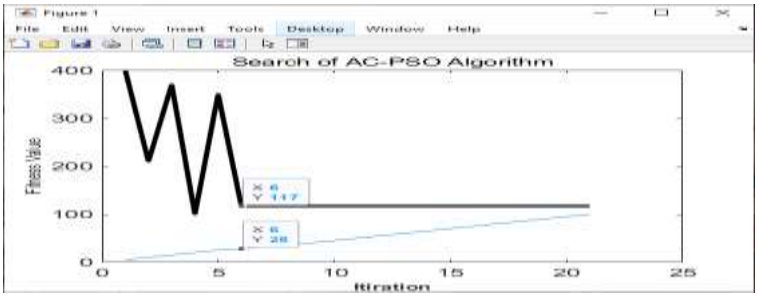
اعداد الباحثة بالاعتماد على برنامج تخصيص الموارد باعتمادAC-PSO في برنامج MATLAB

أما قيم دالة المفاضلة والحل الأمثل فكانت كما في الجدول (٦) والذي يمثل عملية مقارنة بين الخوارزميات الثلاث.

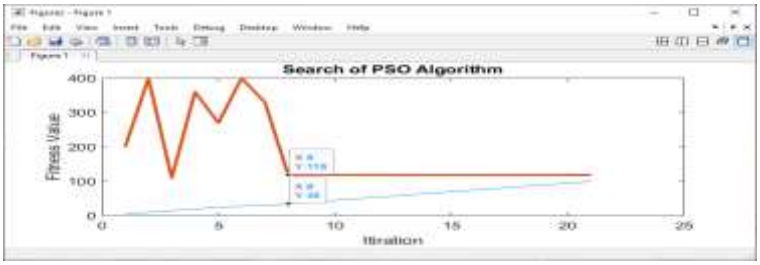
الجدول(٦) مقارنة الخوارزميات الثلاث بالوصول الى الحل الامثل

الخوارزمية	قيم المفاضلة Fitness value	عدد التكرارات التي أعطت الحل الامثل
AC-PSO	117	28
PSO	119	35
ACO	121	42

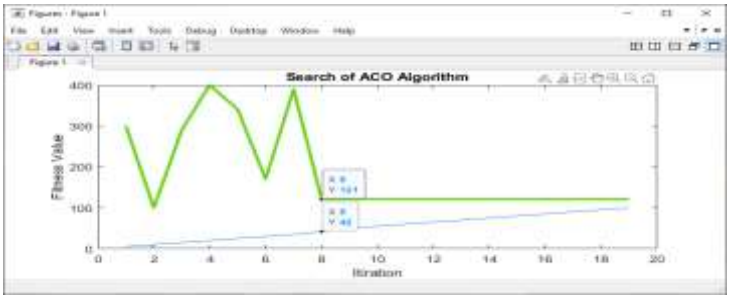
اعداد الباحثة بالاعتماد على برنامج تخصيص الموارد باعتمادAC-PSO في برنامج MATLAB



(أ) عملية بحث الخوارزمية الهجين



(ب) عملية بحث خوارزمية سرب الطيور



(جـ) عملية بحث خوارزمية مستعمرة النمل

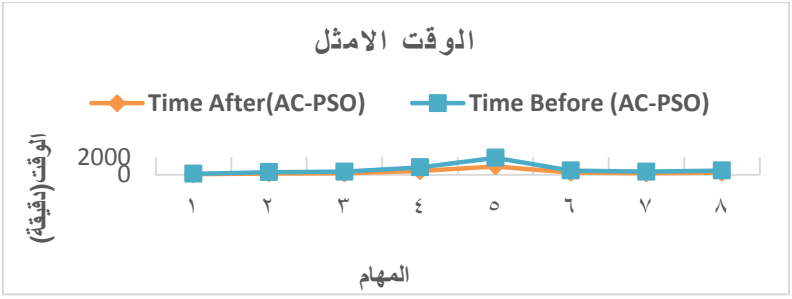
شكل (٤) -أ، ب، جـ البحث بواسطة الخوارزميات الثلاث

يتبين من الجدول (٦) والشكل (٤) عملية بحث الخوارزميات الثلاث لمنتج المحولة في الوصول الى الحل الأمثل من خلال قيمة اللياقة والتكرار التي تم عنده الوصول الى الحل الأمثل ففي خوارزمية (ACO) تم الوصول الى الحل الأمثل بقيمة لياقة تساوي(١٢١) وعند التكرار(٤٢). أما في خوارزمية (PSO) فقد تم الوصول الى الحل الأمثل بقيمة لياقة تساوي (١١٩) عند التكرار (٣٥)، وفي الخوارزمية الهجينة (AC-PSO) تم الوصول الى الحل الأمثل بقيمة لياقة تساوي (١١٧) عند التكرار (٢٨)، والجدول(٧) يبين الفروقات ما قبل وبعد التخصيص الأمثل وحجم الفجوة والوفورات بعد التخصيص.

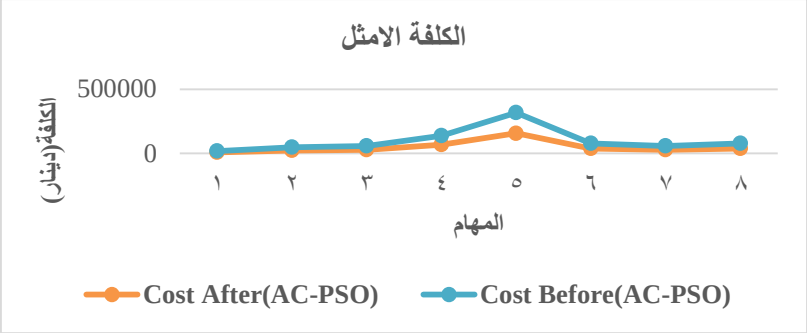
الجدول (٧) الفروقات قبل وبعد التخصيص الأمثل لموارد المحولة باعتماد الخوارزميات الثلاث

المعلومات	المحولة400 Kva قبل التخصيص الامثل	المحولة بعد التخصيص الامثل			الفجوة
		ACO	PSO	AC-PSO	
رمز المنتج	TRA	TRA	TRA	TRA	TRA
عدد المراحل الانتاجية	٨	8	8	8	-
عدد المكائن الكلي	١٦	16	16	16	-
عدد العمال الكلي	٢٩	29	29	27	2
الوقت الكلي للإنجاز/دقيقة	2430	2406	2388	2346	84
الكلفة الكلية للإنجاز/دينار	40581000	40099700	39795700	39095700	1485300
جودة الخدمة الكلية%	90%	73%	71%	70%	20%
المخاطرة الكلية%	22%	12%	9%	6%	16%
متوسط أجر العامل شهرياً/دينار450000	13050000	13050000	13050000	12150000	900000
حجم الدفعة /يوميا	4	4	4	4	-
معدل الطلب/يوميا	4	4	4	4	-

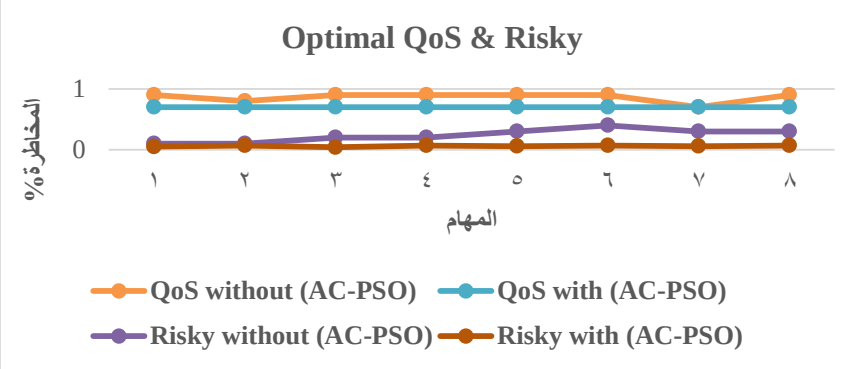
المصدر: من اعداد الباحثة



شكل(٥) التخصيص الأمثل للوقت لمنتج المحولة



شكل (٦) التخصيص الأمثل للكلفة لمنتج المحولة



شكل(٧) التخصيص الأمثل لجودة الخدمة والمخاطرة لمنتج المحولة

يتبين من الجدول (٧) فقد كانت المزايا والوفورات المتحققة كما يأتي وفقاً لكل خوارزمية على حدة.

اذ يوضح الجدول (٧) ان المسار الأصلي لعمليات تصنيع المحولة400kva كانت متكونة من (٨) معالجات، في حين ان المسار الأمثل الذي أعطته خوارزمية (ACO) قد تكوّن من (٨) معالجات أيضا لكن مع تقديم معالجة (Ob7) لتنجز قبل معالجة (Ob6) وكان هذا هو المسار الأمثل في خوارزميتي (PSO)و(AC-PSO)،وكذلك التخصيص الأمثل في داخل المعالجات نفسها كما في معالجة(Ob1) وكما في الجدول (٥) وهذا انعكس بدوره على تقليل المسافات، الوقت، الكلف، تحسين جودة الخدمة ، تقليل حدة المخاطرة وكما يأتي:

اذ يوضح الجدول (٧) الوفورات المتحققة في أجور العاملين من خلال التخصيص الأمثل لعدد العاملين، اذ كان عدد العاملين الأصلي قبل التخصيص يساوي (٢٩) عامل وبأجور كلية تقدر بـ(١٣٠٥٠٠٠٠) مليون دينار عراقي، ولم ينخفض في خوارزميتي (ACO) و(PSO) ولكن تم تخصيصه الى العدد الأمثل باعتماد الخوارزمية الهجينة (AC-PSO) اذ بلغ عدد العاملين (٢٧) عامل وباجور مقدارها (١٢١٥٠٠٠٠) مليون دينار عراقي أي بفارق (٢) عامل وفارق

أجور يساوي (٩٠٠٠٠٠) دينار عراقي عن الأجور الاصلية قبل التخصيص. وأيضا فيما يتعلق بوقت الإنجاز الكلي الأصلي قبل التخصيص الأمثل كان(٢٤٣٠)دقيقة ، أصبح (٢٤٠٦)دقيقة بواسطة خوارزمية(ACO)، وانخفض الى(٢٣٨٨) دقيقة باعتماد خوارزمية(PSO)، وكان التخفيض النهائي بواسطة الخوارزمية الهجينة(AC-PSO) يساوي(٢٣٤٦) دقيقة، أي بفارق عن الأصل يقدر بـ(٨٤)دقيقة، مما انعكس بدوره على كلف الإنجاز الكلية والتي كانت قبل التخصيص الأمثل تقدر بـ(٤٠٥٨١٠٠٠)مليون دينار عراقي، وبعد التخصيص الأمثل بواسطة خوارزمية(ACO)انخفضت الى(٤٠٠٩٩٧٠٠)مليون دينار عراقي، وباعتماد خوارزمية(PSO) أصبحت (٣٩٧٩٥٧٠٠)مليون دينار عراقي، وباعتماد خوارزمية(AC-PSO) كانت تقدر بـ(٣٩٠٩٥٧٠٠)مليون دينار أي بفارق عن الكلفة الاصلية يقدر بـ(١٤٨٥٠٠)مليون دينار عراقي. وفيما يتعلق بجودة الخدمة الاصلية قبل التخصيص فقد بلغت (٩٠%) أما بعد التخصيص الأمثل فقد بلغت باعتماد خوارزمية (ACO) ما يساوي (٧٣%)، وفي خوارزمية (PSO) كانت تساوي (٧١%)، والتخصيص الأمثل لها في خوارزمية (AC-PSO) أصبح يساوي (٧٠%) أي بفارق (٢٠%) عن الأصل والسبب في ان هذه القيم هي الأمثل ان انموذج التخصيص الأمثل يبحث عن أدنى أعلى القيم(MIN-MAX) لأنه يمثل الحل الامثل. وأخيرا نسبة المخاطرة قبل التخصيص كانت (٢٢%) اذ بلغت بعد التخصيص الأمثل بواسطة خوارزمية (ACO)ما يساوي (١٢%)، وفي خوارزمية (PSO) أصبحت تساوي (٩%)، وفي خوارزمية (AC-PSO) باتت تساوي (٦%) أي بفارق (١٦%) عن الاصل.

أما فيما يتعلق بدفعة الإنتاج اليومية (٤) محولة فأنها تتساوى مع معدل الطلب اليومي (٤) محولة ولكافة الخوارزميات وهذا يؤدي الى عدم حدوث تأخيرات في تسليم الطلبيات في الوقت المحدد التي يترتب عليها فرض غرامات تأخيريه على الشركة وهذا يتلائم مع استراتيجية التصنيع حسب الطلب المتبعة من قبل الشركة والتي تتوافق مع بيئة التصنيع السّحابي.

كما يتبين في هذه الدراسة والتي تم فيها اختيار الخوارزميتين (ACO)و(PSO)للمقارنة مع الخوارزمية الهجينة (AC-PSO) من كليهما. ان عملية البحث في الشكل (٤) تظهر نتائج مقارنة الخوارزميات الثلاث وكما في الجدول (٦) اذ ينعكس أداء خوارزميات التحسين بشكل أساسي من خلال عوامل مثل تقريب الخوارزمية والسرعة ودقة التحسين، وتنعكس دقة وكفاءة التحسين للخوارزمية من خلال قيمة المفاضلة (Fitness Value)، وتنعكس فاعلية تقارب الخوارزمية من خلال عدد التكرارات التي نصل عندها الى التخصيص الأمثل للموارد. لذلك، تقارن هذه الدراسة بين قيمة المفاضلة وعدد التكرارات التي وصلنا عندها الى التخصيص

الأمثل للخوارزمية .فكانت خوارزمية مستعمرة النمل(ACO) هي الأدنى كفاءة وخوارزمية سرب الطيور(PSO) افضل منها، ومن الشكل (٤) والجدول(٦) ، يمكن ملاحظة أنه نظرا لأن خوارزمية مستعمرة النمل (ACO)لها قيمة لياقة اعلى من باقي الخوارزميتين ، وهذا الحل لخوارزمية(ACO) ليس جيدا مقارنة بالخوارزميتين الاخرة مما يدل على ان تأثير التحسين ايضاً ليس جيدا مقارنة بخوارزمية الطيور والخوارزمية الهجينة، اذ ان خوارزمية سرب الطيور كان لها قيمة لياقة أقل ، كما وتحتوي الخوارزمية الهجينة المصممة في هذه الدراسة على أقل قيمة لياقة عند عدد تكرارات يساوي(٢٨)والتي كان عنده الحل الامثل، وهي أفضل من خوارزمية سرب الطيور إلى حد ما، والتقريب التكراري (٢٨) أفضل أيضا من الخوارزميتين الأخريين، واثبتت الخوارزمية(AC-PSO) الهجينة المصممة قدرتها الفاعلة والقوية على إيجاد حل أمثل في بيئة التصنيع السّحابي الذي يتسم بتغيراته الديناميكية. ويمكن للشركة تطبيقه في حل مشكلات تخصيص الموارد لمنتج محولة التوزيع وكافة منتجاتها الأخرى من خلال استخدام الموارد المناسبة لكل مهمة تصنيع، وتحسين جودة الخدمة، المقدمة للزبون وكما نلاحظها في الجدول (٧) والاشكال (5,6,7) إضافة الى الوفورات في الوقت والكلف وتقليص شدة المخاطرة للشركة المبحوثة.

الاستنتاجات - تمت معالجة مشكلة التخصيص الأمثل للموارد في بيئة التصنيع السّحابي في هذه الدراسة، اذ تم تقديم ووصف آلية التخصيص الأمثل للموارد، وتفترض مشكلة تخصيص موارد التصنيع السّحابي مع إعطاء نموذج التخصيص في بيئة هذا التصنيع بالنسبة لدالة الهدف الموضوعة لمشكلة تحسين متعددة الأهداف والمتمثلة بتقليص الوقت والتكلفة والجودة والمخاطرة لمنتج عملية تصنيع محولة التوزيعKva 400. وبمقارنة كل من خوارزمية (PSO) وخوارزمية (ACO)، اذ ثبت أن النموذج والخوارزمية الهجينة المقترحة (AC-PSO)في هذه الدراسة أعطت نتائج اقوى مما لو تم استخدام كل خوارزمية بمفردها، من خلال تنفيذ بحث محلي بسيط موجه بالفرمون لتحسين أداء خوارزمية (PSO) وتظهر النتائج أن خوارزمية النمل (ACO) تساعد خوارزمية سرب الطيور (PSO) ليس فقط في كفاءة تحقيق الحلول الممكنة ولكن أيضا للوصول إلى الحل الأمثل على نحو كفوء وفاعل، وكما أظهرت النتائج النهائية أن هناك مجالا للبحث في تهجين أساليب ذكاء السرب لحل مشاكل التحسين الصعبة متعددة الأهداف ومنها مشكلة التخصيص الأمثل لموارد التصنيع السّحابي الديناميكية.

أهم التوصيات

١.توفير الدعم الكافي للشركات الصناعية العراقية وخاصة الشركة المبحوثة لأنها أحد أهم وأكبر الشركات الصناعية التي تقدم التصنيع كخدمة (المنتوج والخدمة معاً) من خلال تشجيع تطبيق نظم التصنيع الحديثة وخاصة التصنيع السّحابي في بلد ملئ بشبكات الانترنيت التي تعد البيئة الحاضنة والداعمة لهذا النوع من التصنيع، لتحسين الأداء وتعزيز القدرات التنافسية واللحاق بركب الصناعة العالمية في ظل التغيرات الدينامية المفاجئة والمستمرة.

٢. اتباع أسلوب تخصيص الموارد باعتماد خوارزميات ذكاء السرب في مصنع المحولات ليتم اجراء التخصيص الأمثل لموارد التصنيع السحابي الخاصة بهذا المنتوج.

٣. أجراء التخصيص الاستباقي (Proactive Allocation) للموارد لمنتوج محولة التوزيع 400Kvaلكون الجهات الطالبة لها معروفة مسبقاً من قبل الشركة وحتى الكميات المطلوبة، وكذلك أجراء التخصيص المتزامن مع عمليات تصنيع المنتوج، لقدرة النظام المصمم من قبل الباحثة على أختزال فترة التخصيص المعتمدة سابقاً من قبل الشركة ما بين (٣-٦) أشهر الى (٣-٦) أيام وبما يساعد على توفير استهلاك الطاقة والوقت والكلف والجهد المبذول وبما ينعكس ايجاباً على الأداء والشركة ككل.

المصـــادر

[1] A. Colorni, M. Dorigo and V. Maniezzo,1991, "Distributed optimization by ant colonies", Proceedings of the first European conference on artificial life.

[2] B. H. Li, L. Zhang, S. L. Wang, F. Tao, J. W. Cao, X. D. Jiang, X. Song and X. D Shai,2010, “Cloud manufacturing: a new service-oriented networked manufacturing model”, Computer Integrated Manufacturing Systems, vol. 16, no. 1.

[3] C.A.Coello, C. Lechuga, M.S. MOPSO,2022,” A Proposal for Multiple Objective Particle Swarm Optimization”. In Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation, Honolulu, HI, USA, 12–17; Volume 2, pp. 1051–1056.

[4] D. Luong, L. Tran, P.T. Nguyen,2021,” Optimizing Multi-Mode Time-Cost-Quality Trade-off of Construction Project Using Opposition Multiple Objective Difference Evolution”, International Journal Construction Management, 21, 271–283.

[5] E. Bonabeau, M. Dorigo, G. Theraulaz,2022,” Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems”, Oxford University Press, USA.

[6] H. Arbabi, Ali Bozorgi-Amiri, Reza Tavakkoli-Moghaddam, Mohammad Rohaninejad,2022,” A Bi-objective Model for the Cloud Manufacturing Configuration Design with Resilience and Disruption Risks”, IFAC Papers On Line 55-10 , 3244–3249.

[7] H. Bouzary, and F. F. Chen,2020, “A Classification-Based Approach for Integrated Service Matching and Composition in Cloud Manufacturing”, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 66: Article number 101989.

[8] H. Patel, S. Sharples, D. Golightly,2022,” Manufacturing in the cloud: a human factors perspective”, International Journal and Ergon, 55:12–21.

[9] H. Wang,2022, ‘Manufacturing task semantic modeling and description in cloud manufacturing system’, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 71(9–12), pp. 2017–2031.

[10] H. Yin, X. Huang & E. Cao.,2024,” A Cloud-Edge-Based Multi-Objective Task Scheduling Approach for Smart Manufacturing Lines”, Journal of Grid Computing, Volume 22, article number 9.

[11] J. Bansal, S. Kumar, R. Nikhil, 2023," Evolutionary and Swarm Intelligence Algorithms", Springer International Publishing AG, part of Springer Nature.

[12] J. F. Yu, Y. Li, H. S. Yu and Q. Shen,2008, "Resources optimization deployment in collaborative manufacturing project based on adaptive ant colony algorithm", Computer Integrated Manufacturing Systems, vol. 14, no. 3.

[13] J.C.Bansal, K. A Deep, 2019," Modified Binary Particle Swarm Optimization for Knapsack Problems", Applied Mathematics Computing, 218, 11042–11061.

[14] K. Mohamed,2022," Ant colony optimization with a new exploratory heuristic information approach for open shop scheduling problem", Knowledge-Based Systems ,Vol 242, 22 April , 108-323.

[15] K. Zhou , M..Lu , G. Wang and B. Y. Ren, 2009,"Collaborative optimization of manufacture task decomposition and resource deployment of manufacturing unit", Journal of Harbin Institute of Technology, vol. 41, no. 11.

[16] L. Bei.,L. Wenlin , S.Xin and X. Xibin,2024" An improved ACO based service composition algorithm in multi-cloud networks", Journal of Cloud Computing , 13:17.

[17] M. Akbaripour, T. Houshmand, Van Woensel, N. Mutlu,2018," Cloud manufacturing service selection optimization and scheduling with transportation considerations: mixed-integer programming models", International Journal Advanced Manufacturing Technology, 95, 43–70.

[18] M. Dorigo and L. M. Gambardella,1997, "Ant colonies for the travelling salesman problem", Bio Systems, vol. 43, vol. 2, pp. 73-81.

[19] P. R. McMullen,2001, "An ant colony optimization approach to addressing a JIT sequencing problem with multiple objectives", Artificial Intelligence in Engineering, vol. 15, no. 3, pp. 309-317.

[20] Q. Xu, L. Zhang, W. Yu,2022, " A Localization Method of Ant Colony Optimization in Nonuniform Space", Sensors , 22, 73-89.

[21] R. Xavier, 2019," CLOUD MANUFACTURING MODEL TO OPTIMISE MANUFACTURING PERFORMANCE", University of East London for the degree of Doctor of Philosophy.

[22] T. Rane,2022," System and Risk Analysis of Cloud Manufacturing System", International Journal of Computer Science and Engineering Survey, 13(3), 13-27.

[23] W. Bangyal , K. Nisar, T. Soomro , A. Ibrahim , G. Mallah ,N. Hassan and N. Rehman,2023," An Improved Particle Swarm Optimization Algorithm for Data Classification", Applied Sciences , 13, 283-296.

[24] Y. Zhang ,Z. Zhang ,Y. Lu ,H. Zhu ,D. Tang,2024," Dynamic decision-making for knowledge-enabled distributed resource configuration in cloud manufacturing considering stochastic order arrival", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 87, June , 102712.

[25] Z. Liu, Z. Wang, and C. Yang,2019," multi-objective resource optimization scheduling based on iterative double auction in cloud manufacturing", Advanced in Manufacturing, 7(4), 374–388.