

استخدام خوارزمية مستعمرة النمل في جدولة مشروع مقيد بقيود الوقت مع وجود بدائل للأنشطة

أ.د خالد ضاري الطائي* ابتهاج هاشم رحيم**

المستخلص

جدولة الاعمال هي عملية صياغة خطة قصيرة الامد تتضمن توقيت اتمام المهام لنظام معين وفق تسلسل محدد يتيح للمؤسسة تحقيق اهدافها في وقت مثالي. لتنفيذ ذلك تستعمل عدة اساليب احدها استخدام الخوارزميات. تعد خوارزمية النمل للتحسين ACO واحدة من هذه الاساليب معتمدة على السلوك الاجتماعي لحشرة النمل و للتأكد من افضليتها على الخوارزميات الاخرى في حل مشكلة داخل النظام الخدمي لمستشفى العلوم العصبية و المتمثلة بتوزيع المرضى على اجهزة التشخيص بشكل يضمن تقديم الخدمة لهم بوقت مثالي. لذلك تم مقارنتها بالخوارزمية الجينية GA و هي الاكثر رواجاً بين الخوارزميات. و ذلك من خلال محاكاة المشكلة حاسوبياً لكلا الخوارزميتين و تبين ان خوارزمية ACO هي الافضل و بناء على ذلك تم تطبيقها على بيانات حقيقية جمعت من قبل الباحثين بالمستشفى المذكور و توصلنا الى افضل متسلسلة بالاعمال يكون عندها مجموع الوقت الكلي للانجاز Make Span اقل ما يمكن مع تفعيل اقل وقت تأخير للمرضى.

الكلمات المفتاحية: جدولة الاعمال ، خطة قصيرة الامد، خوارزمية النمل ،

*كلية المنصور الجامعة

** الجامعة المستنصرية

1. المقدمة

نتيجة التطور الحاصل في مجال الحاسبات الالكترونية التي ساعد الباحثين المختصين في بحوث العمليات لانجاز كافة التحليلات والدراسات التي يتطلبها البحث وبسرعة فائقة. وقد ساهم ذلك التطور في ظهور وتطوير خوارزميات جديدة هدفها حل مثل تلك المسائل التي كان من الصعوبة الوصول الى حلها. اذ قامت بعض الأبحاث باختيار أداء التجارب المعتمدة على النمل ومقارنة النتائج مع الخوارزمية الجينية , وغيرها من طرائق البحث. في العديد من حالات اختبار مسألة البائع المتجول يظهر أن طريقة خوارزمية النمل أفضل من الخوارزمية الجينية وطريقة (Simulated annealing), وتم الحصول على كلفة أقل يقلل عن استخدام طريقة النمل مقارنة مع الخوارزمية الجينية على عينة اختبار صغيرة لمسألة استهلاك الطاقة. وبشكل عام, يبدو أن تقنيات النمل تعطينا أداءً أفضل من تقنيات العلم الطبيعي ولكنها ليست أفضل من طريقة (taboo search).

واحدى هذه المسائل مسألة الجدولة والتي هي من المشاكل الأساسية في بحوث العمليات و علم الحاسوب ومشكلة جدولة تدفق العمل (هي نوع من أنواع الجدولة) هي جدولة مجموعة i من أنواع الوظائف على أنواع z من الاجهزة وكل نوع من العمل i يجب ان يكتمل على الة معينة والزوج (i, j) يمثل العمل i المنجز على المرحلة $(الالة) z$ والتي تمتلك وقت معالجة $P(i, j)$.

في هذا البحث، نقدم خوارزمية النمل للتحسين (ACO) (Ant Colony Optimization) التي تهدف الى حل مشكلة جدولة تدفق الاعمال (Flow Shop) والذي هو احد أنواع الجدولة والتي تشمل ايضا (Job Shop), (Open Shop).

ويستند المنهج المقترح على دراسة بيولوجية النمل التي يمكن الاعتماد على خطواتها عندما يتحركون في طريقهم بين العش ومصدر طعامهم، و مملكة النمل للتحسين أو استمثال سرب الذرات (Particle Swarm Optimization) هي طريقة بحث علمية يستخدم فيها عدد كبير من المفردات (الحلول المقترحة) والتي تتبلور باتجاه الحصول على الحلوى المحلية الأفضل منها. وبعدها الوصول الى الحلوى المثلى الحقيقية للمشكلة وليس المحلية فقط

استخدمنا احدى خوارزميات مستعمرة النمل وهي (ACO) في معالجة احدى المشاكل التي تواجه الانظمة القائمة على تقديم الخدمة للفرد وتحديد مرضى الأعصاب فبعد ملاحظتنا لطبيعة عمل مستشفى العلوم العصبية ومانتمله من اقسام استشارية ثلاثة يتم توجيه المرضى الخارجين منها الى اقسام (الات) التشخيص والتي على ضوء نتائج الفحص للمريض يتم تشخيص الحالة المرضية له ونظراً لاعداد المرضى الكبيرة التي تراجع المستشفى فقد لوحظ هنالك مشاكل في جدولة تدفق المرضى الخارجين من كل قسم من اقسام المستشفى (العيادات الاستشارية) والوافدين الى الأجهزة (الات التشخيص) حيث ان هذه الاعداد الكبيرة تسببت في ظهور طوابير طويلة من المرضى التي تحتاج الى المعالجة مع عدم وجود تنسيق بين اقسام المستشفى من ناحية توزيع المرضى عليها.

2. هدف البحث

يهدف البحث على إتمام جميع عمليات محطات المعالجة المركزية في مستشفى العلوم العصبية في أقل وقت ممكن، والذي يعرف باسم الحد الأدنى من الوقت makespan. بمعنى آخر توزيع عبء العمل بالتساوي على جميع محطات المعالجة أو مراكز الأجهزة ضمن الحد الأدنى للوقت، ومن ثم إيجاد تسلسل للوظائف الخاصة بالعمل قيد الدرس التي تنجز بذلك العدد من الآلات وضمن الحد الأدنى للوقت. نقترح لحل المشكلة المذكورة استخدام خوارزمية مستعمرة النمل لتحسين (ACO) للوصول الى التسلسل المنطقي لجدولة تدفق اعداد المرضى الكبير التي تراجع المستشفى لأغراض المعالجة وتحسين استخدام الآلة أو التخليص من وقت انتظار المريض أو كليهما لتخطيط مجموعة أخرى من الوظائف ضمن افق التخطيط المستقبلي.

3. الجدولة

تعرف الجدولة انها توجيه وارشاد للاعمال في المؤسسة (سواء انتاجية أم خدمية) ووضعها بشكل خطط تفصيلية قصيرة الامد، ان الخطة الاجمالية لاي عملية انتاجية ام خدمية هي صفة عمومية، عمل الجدولة تجزئتها(الخطة الاجمالية) الى خطط تفصيلية تعنى بتحديد تعاقب الاعمال او العمليات وفق أسبقيات محددة وتبين أسلوب تدفق الاعمال على أرضية المؤسسة وهذا كله يتم على ضوء التوقيت الزمني لكل عملية من هذه العمليات، ولا تزال مشكلة الجدولة للاعمال من المشاكل الأصعب حتى الآن، اذ انها تثير مجالات بحثية جديدة. ركزت معظم الدراسات الخاصة بجدولة تدفق العمل على تحقيق هدف واحد والذي من الممكن أن يكون الأمثل ومستقل ربما. ولكن قرارات الجدولة التجريبية قد لا تستند فقط النظر في هدف واحد أو أكثر من الاهداف، ولكنها تسعى أيضا الى تقليل الصراع بين هدفين أو أكثر وبالإضافة إلى ذلك، ان الوصول الى الحل الدقيق لجدولة المشاكل مكلف حسابياً. ويجاد حل مشكلة جدولة مع أهداف متعددة تكون أكثر تعقيداً من حل مشكلة وحيدة الهدف[3]. ففي الوقت الحديث اتجه اكثر العلماء الى الاستنباط من الطبيعة والاستفادة منها لحل المشاكل المعقدة التي يصعب حلها الا باستخدام طرق تقليدية معقدة وتستنزف الكثير من الوقت والجهد. تنشأ مشاكل الجدولة في مجالات متنوعة مثل نظم التصنيع، وتخطيط الإنتاج، وتصميم الكمبيوتر والخدمات اللوجستية وغيرها وهي من مشاكل NP-hard عموماً، وعلاوة على ذلك مع تطور أجهزة الكمبيوتر، وبالإضافة إلى تطوير برامج معينة بدأ التوصل إلى حل هذا النوع من المشاكل[8]

1.3 أهمية الجدولة

تتلخص أهمية الجدولة بالأمور التالية:

- 1- الاستثمار الأمثل الذي من الممكن ان تكسبه المؤسسة للموجودات المستخدمة وخلق طاقة أكبر من هذه الموجودات وصولاً الى خفض الكلف.
- 2- تحقيق مستوى مرونة مرتفع في التجهيز (سواء كانت تقديم خدمة او انتاج منتج).

- 3- هي أداة التنفيذ الكفوء لاستراتيجية الاعمال خاصة في حال وضع جداول الانجاز بشكل سليم وموضوعي للفعاليات المراد انجازها.
- 4- تخفض من زمن دورة التصنيع أو زمن تقديم الخدمة.
- 5- تحسين مستوى العمل بحيث تقلل من وقت انتظار انجاز الاعمال وبالتالي تقلل من الوقت غير المستغل أو الفائض.
- 6- تعمل على استخدام الموارد المتاحة بأفضل طريقة وبشكل يحقق رضا الزبون.

وعليه فان للجدولة دور هام يجب على ادارة المشروع ان لاتتغاضى عنه فهي تقوي من الصفة التنافسية للادارة، فالجدولة الصحيحة هي اساس المنافسة في زمن وصول الخدمة الى الزبون.[3]

2.3 أهداف الجدولة

- اختلف الباحثون في توحيد اهداف معينة لجدولة العمليات حيث ان لكل واحدة من المنظمات الانتاجية او الخدمية اهداف خاصة بها تتبع نظم الانتاج المعتمدة داخل هذه المنظمة ولكننا سنحاول الوصول الى اجمالي لهذه الاهداف وكالاتي[3]:
- 1- الحفاظ على مدى موثوقية الزبائن بالمنظمة وهذا ياتي بتقديم (المنتوج او الخدمة) ضمن اوقات الاستحقاق والمحاولة في عدم تجاوز هذه الاوقات.
 - 2- ان تقليل زمن عطل الماكنة وتقليل الوقت الكلي لانجاز الاعمال هو تحسين لمستوى الاستخدام للموارد المتاحة.
 - 3- ان العمل على تقليص وقت الانتظار لانجاز الاعمال وتقليل زمن تدفقها يكون نتيجة لتقليل مستوى الخزين من العمل في فترة التشغيل.
 - 4- العمل على تقليل وقت الانجاز الخاص بالاعمال والتقليل من عدد الاعمال المتأخرة.
 - 5- تهيئة واعداد الالات باقل اجمالي من الوقت وتقليل زمن الاكمال وبالتالي انجاز الاعمال باقل الكلف الممكنة.
 - 6- ان التأخير في تقديم الخدمة لطالبيها (الزبون) يؤدي من شأنه الى عدم تحقيق لحاجة أو رغبة الزبون الشخصية وهذا يعمل على احداث قصور تجاه الزبون.

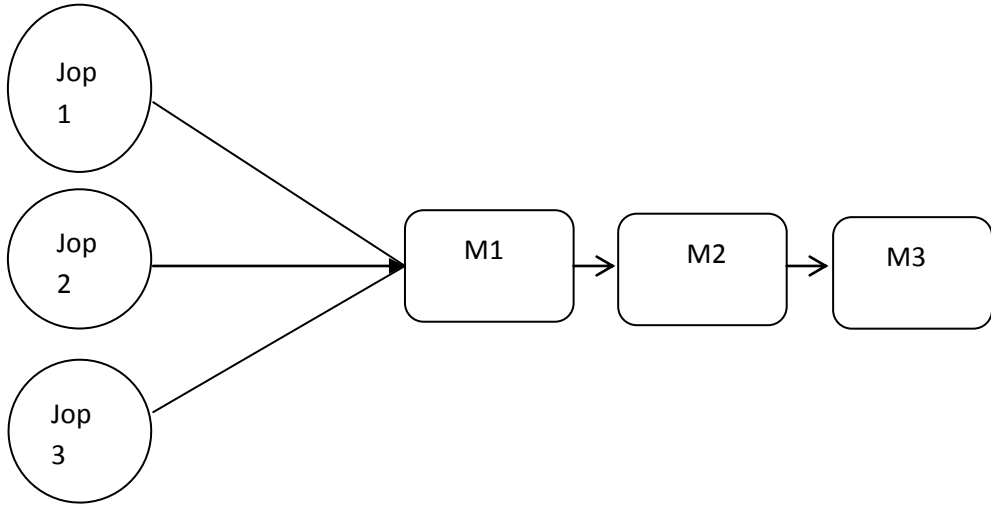
3.3 أنواع الجدولة

تشمل الجدولة على ثلاث نماذج[9]:

- 1- نموذج (Open Shop) هو فتح متجر وفي هذا النوع لا يوجد أي قيود على حركة فرص عمل في منشآت الإنتاج، وكل وظيفة يمكن أن يكون لها تسلسل على الآلة الخاص بها وهناك مسار خطي بين الآلات. ويمكن لأي وظيفة تذهب إلى أي آلة أخرى ويمكن ان تتبع طريقها بين الآلات من خط الانتاج.
- 2- نموذج (Job Shop) هو متجر العمل واحد من أكثر النماذج العامة في نظرية الجدولة. وفي مشكلة جدولة متجر تتكون كل وظيفة من عدد من العمليات لتتم معالجتها على كل أو بعض الآلات، ولكل

وظيفة لديها طرقها المحددة للمعالجة وبالتالي إلى انشاء جدول زمني ممكن لمتجر العمل، وعلينا أن نحدد الزمن لكل آلة، والنظام الذي يجب أن تتم معالجة تلك الوظائف.

3- انموذج تدفق العمل (Flow shop) هو نوع معين من متجر العمل (Jop shop) في هذا النموذج تتطلب كل وظيفة المعالجة على كل آلة مرة واحدة فقط ومتسلسلة المعالجة متطابقة لجميع الوظائف، ان مشاكل جدولة تدفق متجر العمل (Flow Shop Scheduling) هي من المشاكل الأساسية في علم الرياضيات وعلم الحاسوب ومشكلة جدولة تدفق الاعمال هي جدولة مجموعة j من أنواع الوظائف (الاعمال) وكل وظيفة من هذه الوظائف له عدد معين من العمليات بعدد m الذي ينجز به ذلك العمل على عدد m من الآلات، ويجب اتمام كل عملية على الآلة j قبل دخول العملية اللاحقة، والزوج (i, j) يمثل العملية O للعمل i المنجز على الماكينة j والتي تمتلك وقت معالجة $P(i, j)$. وهذا النوع هو مجال دراستنا.



ويمكن تمثيل مشكلة جدولة Flow Shop كالآتي:

شكل رقم (1) يمثل نموذج جدولة تدفق الاعمال Flow Shop من المصدر [9]

4. الحد الأدنى

ان قيمة الحد الأدنى تعني أقل وقت انهاء لكافة الاعمال على جميع الآلات، وان الوصول لأقل قيمة من الحد الأدنى هو الوصول للحل الأمثل في جدولة مجموعة من المهام والتي تمثل قيمة الـ (makespan) مساوي أو أقل من الحد الأدنى بقليل. يفترض علينا تحديد قيم C_{ij} : وقت الانتهاء من العمل i على الجهاز m ، ويمكن حساب makespan كمايلي [9]:

$$\text{Makspan} = C_{\text{MAX}} = \text{Minimum max}_{i=1, \dots, n} (C_i) \text{Minimum} \dots (1)$$

$$C_{11} = P_{11}$$

$$C_{i1} = C_{(i+1)1} + P_i \quad i = 2, \dots, n$$

$$C_{1j} = C_{1(j-1)} + P_{1j} \quad j = 2, \dots, m$$

$$C_{ij} = \text{Max} \{C_{(i=1)1}, C_{1(j+1)}\} + P_{ij} \quad i = 2, \dots, n ; j = 2, \dots, m$$

اذ ان $\text{Makspan} = C_{\text{Max}} = C_{nm}$ والتي تعني وقت اكمال العمل (الوظيفة) الاخيرة على الالة الاخيرة. وكما اسلفنا في مشكلة جدولة تدفق الاعمال (Flow Shop Scheduling Problem) سوف نعمل على ايجاد ذلك التسلسل (permutation) او التقليل π^* الامثل الذي يحقق اقل (Makspan) ويقلل من تأخير انجاز الاعمال [9].

العمليات ضمن الوظيفة الواحدة يجب اتمامها وفق الترتيب المحدد، فعليه يتم تنفيذ أول عملية على الجهاز الاول أولاً، ثم (بعد الانتهاء من العملية الأولى) تنفيذ العملية الثانية على الجهاز الثاني، وهكذا حتى عملية n-th. وبالإمكان تنفيذ الوظائف حسب أي أمر، المشكلة هي تحديد هذا الترتيب الأمثل، أي واحد مع أقصر وقت ممكن مجموعه makespan لتنفيذ المهمة [9].

5. الطرق التقليدية لحل مشاكل جدولة الاعمال

لمشاكل جدولة الاعمال (flow shop) عدة طرق للحل ومن اشهرها طريقة جونسون والتي تحل عدد من المهام معالجة على ماكنتين فقط وهذه الطريقة تستعمل في مشاكل الجدولة المتضمنة عدد من الاعمال التي تدخل على آلتين لاتمام الانجاز ومن غير الممكن حل المشاكل التي تشتمل على مجموعة من الآلات (أكثر من آلتين) [2] وهناك طريقة كاسر التي طرحت لحل المسائل ذات مجموعة اعمال تتجز على مجموعة من الآلات. [1] وفي عام (1954) طرح الباحث Johnson طريقة لجدولة مجموعة من المهام على ماكنتين أو على ثلاث مكائن. وبعدها بعدة سنوات جاء الباحثون ، NawazEnscore, Ham بطريقة مقترحة جديدة اطلق عليها (NEH) لجدولة مجموعة مهام على عدة مكائن وكانت ذات كفاءة عالية وذلك في عام (1983) ثم تلتها العديد من البحوث التي استخدم فيها الذكاء الصناعي لحل مثل هذه المشاكل واستعمال الخوارزميات ومنها الخوارزمية الجينية وخوارزميات النمل المقترحة بالاضافة الى البرمجة الخطية. [9].

6. خوارزمية النمل للتحسين

بالرغم من التطور الهائل في القدرات الحاسوبية، فلا تزال هناك مشاكل مختلفة يصعب حلها، خصوصاً الأمثلة التركيبية، منذ عقد من الزمن أو أكثر، ظهرت تقنيات حدسية متعددة قد طورت اعتماداً على مراقبة التقدم في علوم الفيزياء والأحياء، من الأمثلة على الخوارزميات خوارزمية ذكاء اسراب

الحيوانات أو ما يسمى بالذكاء الجماعي، وخوارزميات وراثية كالخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) هذه الخوارزميات استخدمت في حل العديد من المشاكل بنجاح وبشكل واسع متضمنة الأمثلة التركيبية. [6]

ان ذكاء أسراب الحيوانات هو جانب جديد من جوانب البحث في الذكاء الاصطناعي يهتم بدراسة عملية التنظيم الذاتي سواءً في الطبيعة متمثلة بسلوك بعض الحيوانات كالحشرات والطيور والأسماك أو التقنيات الاصطناعية المستوحاة منها، وقد اقترح العلماء عدة نظم ومناهج لدراسة بعض الجوانب الاجتماعية من تصرفات بعض الحشرات كالنمل، والنحل مثل القدرة على التنظيم الذاتي وتشكيل أشكال منظمة. وفي السنوات الأخيرة ظهرت عدة نماذج وخوارزميات مستوحاة من هذا السلوك، استخدمت في حل العديد من المشاكل الرياضية المعقدة، ولعل من أهمها منهجية الاستمثال أو المفاضلة أو التحسين عند مجموعات النمل (Ant Colony Optimization ACO)، كان لمجموعات النمل النصيب الأوفر من البحث في عالم الأحياء وسلوك الحيوانات على حد سواء لما تختص به من تصرفات اجتماعية فطرية فريدة من نوعها كانت ولا زالت محل كثير من الدراسات الكائنات الحية لما لها من الامكانية والقدرة على ايجاد حلول تعتمد في أمور عديدة من حياتها ومنها النمل، فهذا الكائن ليس بالذكي لكن سلوكه والميكانيكية في تحصيل غذائه بسيطة جداً وطبيعية تجعل اختياره الطريق الأقصر للوصول الى مكان الطعام أمراً بديهياً [6].

1.6 خطوات تطبيق خوارزمية النمل

تتبع خوارزمية النمل (ACO) خطوات محددة لتنفيذها ويمكن تفصيل هذه الخطوات بما يناسب مشكلتنا وكما يأتي [6]:

أولاً: (مرحلة التهيئة): في مرحلة التهيئة تتم عدة اجراءات التي هي بمثابة مرحلة المدخلات لتطبيق الخوارزمية

- 1- تمثيل المشكلة بشكل بياني والمتمثل وضع فضاء الحل للمشكلة على شكل رسم بياني محدد بمجموعة من العقد حيث يتم ربط هذه العقد برسم الاضلاع فيما بينها وكل مسار للتنقل بين العقد هو بمثابة حل.
- 2- تثبيت قيم المصفوفة (مصفوفة الفيرومون) واعطاءها قيم اولية متساوية لكل الخلايا داخل المصفوفة ولتكن $\tau_{0=1}$

3- ان مضمون العمل في مسألتنا هو تقليل الزمن (الوقت الاجمالي لاكمال الاعمال أو تقليل وقت التأخير في العمل) وعليه فان المسافة بين كل عقدتين متمثلة بالوقت وعليه فان صيغة الدالة الارشادية للمعلومات الحدية والتي هي احدى متغيرات دالة الانتقال (الاحتمالية) ممكن اعطاءها الصيغة التالية أي معكوس الزمن على الضلع $i - j$.

$$= 1/d_{(i,j)} \eta_{(i,j)} \dots\dots(2)$$

حيث $\eta_{(i,j)}$ تمثل دالة المعلومات الارشادية، $d_{(i,j)}$ قيمة الوقت على المسار ij

4- تحديد عدد العقد الكلية وهو فضاء المشكلة قيد الدراسة وهي عبارة عن حاصل ضرب عدد الأعمال n في عدد الالات m وفي مشكلتنا تكون عدد العقد 20 عقدة.

5- تحديد عدد النمل الاصطناعي S وعدد التكرارات T وعدد الدورات R .

6- تعيين دالة الهدف والتي في مسألتنا هي:

$$\text{Makspan} = \text{Max} (C_i \mid i=1, \dots, n)$$

حيث C_i تمثل وقت الانجاز للعمل i

7- وضع قيم معينة لكل معلمات الخوارزمية التي تشمل $\alpha, \beta, \theta, \varphi$ والتي هي قيم عددية ترجيحية.

ثانياً: (المرحلة الثانية): بعد بدأ الخوارزمية وبدأ النمل بالتنقل يتم ايجاد القيمة الاحتمالية لانتقال النملة بين عقدتين وفق دالة الاحتمالية:

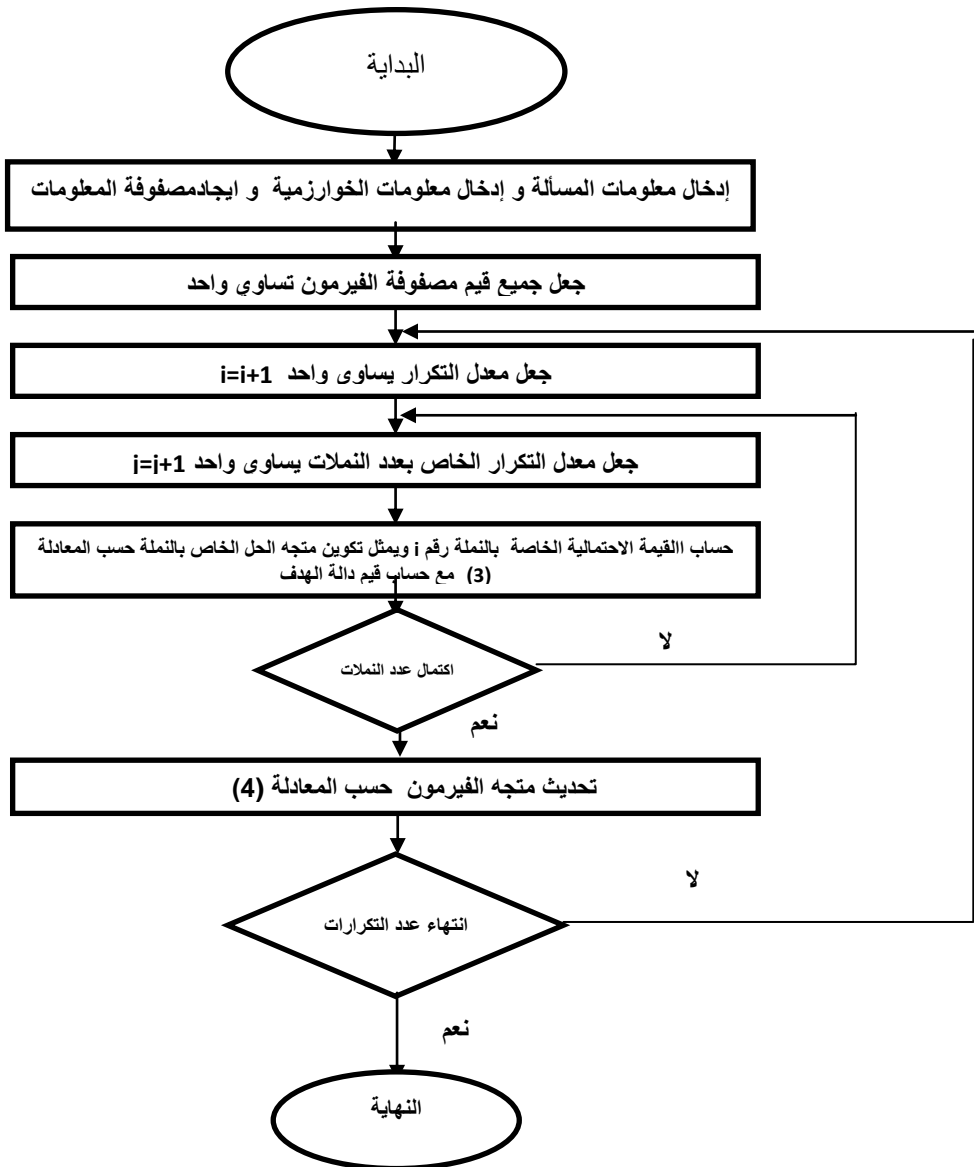
$$p(k, ij) = \frac{\eta(i, j)^{\beta} \tau(i, j)^{\alpha}}{\sum_{r \in F} \eta(i, j)^{\beta} \tau(i, j)^{\alpha}} \dots \dots \dots (3)$$

اذ ان $\tau(i, j)$ قيمة الفيومون الموجود على المسار, $\eta(i \dots j)(i, j)$ القيمة العددية للدالة الحدسية وتحتسب عكس طول المسافة بين العقدة i وبين العقدة j كما ذكر في الفقرة السابقة اذ ان $d(i, j)$ هو طول المسار $i \dots j$
 3: تمثل مجموعة المسارات التي سلكها فرد النمل k فعليا لكي لا يتم اختيارها مرة ثانية وخلال الجولة الواحدة.

ثالثاً: (المرحلة الثالثة): تحديث مصفوفة الفيومون وحسب العلاقة

$$\tau_{ij}(t+1) = \partial \tau_{ij}(t) + \phi(k, i, j, ij) \dots \dots \dots (4)$$

τ_{ij} تتألف خوارزمية النمل من الخطوات التالية كما موضح بالشكل (2)



شكل رقم (2) المخطط الانسيابي لخوارزمية النمل للتحسين

7. الخوارزمية الجينية

كان العالم جون هولاند (John Holland) من رواد العلماء الذي طور الخوارزمية الجينية حيث قام في عام 1970م وفي جامعة ميشيغان بنشر عدة بحوث متضمنة تحسين وإنشاء العديد من الخوارزميات والبرمجيات وبعض الأنظمة واستخدام الخوارزمية الوراثية، ومنذ عقد من الزمن أو أكثر، ظهرت تقنيات حديثة متعددة قد طورت اعتماداً على مراقبة التقدم في علوم الفيزياء والأحياء. ومن الأمثلة على الخوارزميات الوراثية الخوارزمية الجينية وخوارزمية محاكاة التلدين (Genetic Algorithm) (Simulated Annealing Algorithm) وهذه الخوارزميات استخدمت في حل العديد من المشاكل بنجاح وبشكل واسع متضمنة الأمثلة التركيبية، وتتبع تقنية الخوارزمية الجينية استعمال البيات أحيائية وبيولوجية طبيعية مثل إعادة الإنتاج (Reproduction)، الاختيار (Selection)، التزاوج (Crossover)، والطفرة الوراثية (Mutation) وتعتبر هذه الخوارزمية من التقنيات الحديثة الهامة في مجال البحث عن الحل الأمثل من بين مجموعة من الحلول المتوفرة من خلال تمرير الصفات الجيدة لعمليات التوليد المتعاقب وانتاج ذرية امثل وتكرار الدورات الوراثية لتحسين الذرية بطوار وانماط حديثة. [3]

1.7 خطوات الخوارزمية الجينية:

اولاً: التهيئة (initialization)

في البداية يتم توليد العديد من الحلول الفردية عشوائياً على شكل أولي للكورموسومات. ويكون حجم الكورموسومات معتمداً على طبيعة المشكلة، ولكن عادة ما يوجد عدة مئات أو آلاف من الحلول الممكنة. بشكل تقليدي بعد توليد الكورموسومات بشكل عشوائي، بحيث تغطي مجموعة كاملة من الحلول الممكنة لفضاء البحث (search spaces) وفي بعض الأحيان، فإن هذا الحل قد يكون "المصنف" في حالة الوصول إلى الحل الأمثل (optimal solution).

ثانياً: الاختيار (Selection)

في كل الأجيال المتعاقبة، هنالك نسبة من الكورموسومات الحالية هي المختارة لإنتاج جيل جديد. ويتم انتقاء هذه الكورموسومات بالاعتماد على دالة الأمثلية، حيث تزداد نسبة الاختيار بأفضلية الدالة الأمثلية، وهنالك طريقة أخرى عن طريق اختيار مجموعة عشوائية من الكورموسومات، لكن هذه الطريقة تحتاج وقتاً طويلاً جداً لاتمامها.

ثالثاً: الاستنساخ (Copy)

في هذه المرحلة يتم توليد جيل ثان من الكورموسومات التي تم اختيارها من خلال عملية الاختيار وبعدها تأتي عمليتي التهجين والطفرة لإنتاج الأبناء.

إن قبول الحلول الدنيا يسمح للبحث في أماكن مختلفة من سلسلة ملائمة من الحلول في محاولة للوصول إلى الحل الأمثل العام (Global Optimum)، ان متابعة عمليتي البحث وتقييم الحلول المجاورة تستمر حتى تحقق معيار ما للوصول الى الأمثلية في الحل.

رابعاً: عملية التهجين (crossover)

ان الآباء الذين تم اختيارهم من عملية الاختيار تجرى لهم عملية التزاوج وبين كل اثنين من الآباء لإنتاج طفلين جديدين وتستمر هذه الخطوة حتى يتم الحصول على مجموعة جديدة من الكورموسومات بالإضافة إلى مجموعة من الآباء [10].

خامساً: الطفرة الوراثية (mutation)

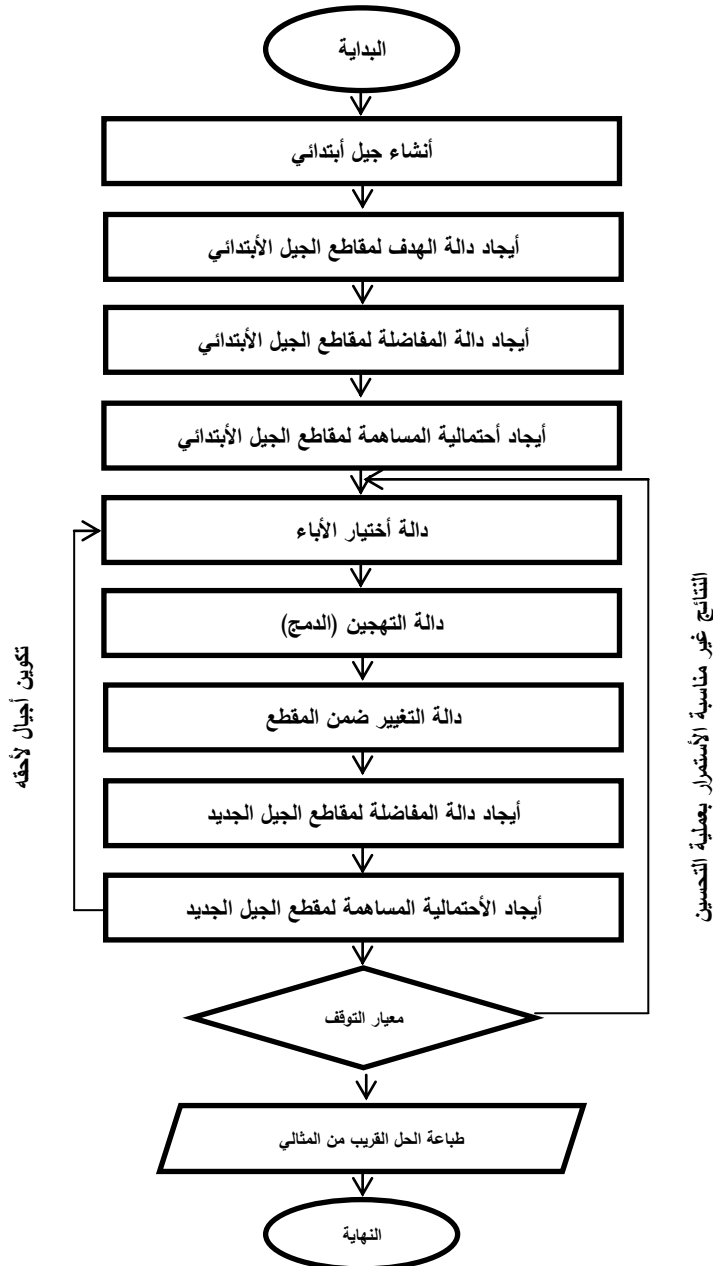
بعد إنتاج الأبناء الجدد من عملية التهجين قد تحدث عملية مفاجأة بحيث تغير في شكل الكروموسوم عن طريق تغير أحد مكوناته (تغير bit) هذه العملية ليست ناتجة من الآباء. في النهاية في عملية الاستنساخ يتم إنتاج الكورموسومات جديدة فيتم تطبيق عليها دالة الأمثلية لإنتاج أبناء جدد.

سادساً: الإنهاء (Fenition)

تستمر عملية إنتاج كورموسومات جديدة (جيل جديد) الى ان تحدث أحد أسباب الإنهاء التالية

وهي:

- 1- الحصول على الحل الأفضل.
- 2- الوصول إلى العدد المطلوب من الأجيال.
- 3- الحصول على قيمة معينة (budget) مثل حساب (الوقت/الكلفة).
- 4- الوصول إلى (local minimum) وعدم المقدرة على الخروج منها.
- 5- التخمين.
- 6- باستخدام مجموعة من الأسباب السابقة



شكل رقم (3) المخطط الانسيابي لمراحل تطبيق الخوارزمية الجينية (بتصرف الباحثة).

8. الجانب العملي

فكرة هذا البحث هو تطبيق خوارزمية النمل للتحسين في حل مشكلة تواجه الكثير من الناس. في داخل نظام خدمي كبير (مستشفى العلوم العصبية) ان لهذا النظام أهمية كبيرة لانه في تماس مباشر مع حياة الانسان وخاصة في وقتنا الحاضر. فالمريض يدخل هذا النظام ويواجه الاعداد الكبيرة من المراجعين وهذه المسألة تفرض عليه حالة الوقوف في طابور انتظار الخدمة فكان محور عملنا هو ترتيب (جدولة) تدفق المرضى الخارجين من المحطات الاستشارية (عيادة الطبيب المختص) على آلة التشخيص (جهاز الرنين، جهاز المفراس، جهاز تخطيط الدماغ، الأشعة الاعتيادية) على ضوء متسلسلة تقلل وقوف المريض في طابور الانتظار من أجل الدخول على هذه الالات وذلك بعد تقليل وقت الاكمال الاجمالي للاعمال على هذه الاجهزة وتقليل من زمن تأخيرانجاز الاعمال [بعد الزيارة الميدانية للمستشفى والتعرف على ظروف العمل فيها] وقد تم اجراء الجانب العملي من خلال جزئين هما:

1.8 الجانب التجريبي

ليبين كفاءة خوارزمية النمل للتحسين (ACO) في مسالة جدولة تدفق الاعمال او جدولة تدفق عدد المرضى على الاجهزة في مستشفى العلوم العصبية (مجال دراستنا) تم توليد مجموعة من المسائل عشوائيا وباحجام مختلفة وتطبيق خوارزميتين هما خوارزمية النمل (ACO) والخوارزمية الجينية (GA) ويعد توليد المسائل تم حل كل مسالة بكلتا الطريقتين (الخوارزمية ACO,GA). ومن ثم عملنا على المقارنة بين نتائج تلك التطبيقات للوصول للخوارزمية التي تعطي أفضل النتائج في حساب اقل وقت تكميلي للاعمال (makspan) والحصول على افضل تسلسل على هذه الالات. قمنا بتوليد بيانات عشوائية فكانت هذه البيانات بعدد معين من الالات التي ينجز عليها عدد معين من المهام ومن ثم تطبيق خوارزمية النمل للتحسين (ACO) وتطبيق الخوارزمية الجينية (AG) باستخدام برنامج بلغة ماتلاب (MATLAB) واستخراج النتائج من كلتا التطبيقين ومن ثم نقوم بتغيير قيم البيانات (تغيير في عدد المهام مع تثبيت عدد الالات) واجراء تطبيق الخوارزميتين مرة اخرى على قيم البيانات الجديدة واستخراج نتائج جديدة مرة ثانية وهكذا تم تكرار العملية هذه (24) مرة وتم تطبيق الخوارزميتين (480) مرة.

1.1.8 تحليل النتائج

بعد استحصال النتائج من تطبيق البرنامج على البيانات تم اجراء عملية المقارنة بين قيم النتائج ولكتا الخوارزميتين وكانت المقارنة وفق معايير تشمل أقل قيمة لدالة الهدف وأعلى قيمة لها وقيمة المتوسط ومقدار الانحراف المعياري وقيمة (Maksplan) للبيانات. وتم استحصال نتائج التطبيقات وفق جداول تم استحصالها من تطبيق الخوارزميتين.

وكانت النتائج لكلتا الخوارزميتين التي تم ذكرها كزوج مرتب من الاعداد (ACO, GA) وكما يلي:

في الجدول رقم (1) وفي حالة عدد الالات يساوي (3) وعدد المهام تساوي (10) فان قيم المعايير الناتجة عن تطبيق خوارزمية (ACO) كانت أقل من نظيرتها عند تطبيق خوارزمية (GA) ماعدا حالة

الدورة الثامنة كانت أقل قيمة لدالة الهدف عند تطبيق الخوارزمية الاولى (ACO) تساوي (393) بينما عند تطبيق الخوارزمية الثانية (GA) تساوي (389)، وكذلك قيم الانحراف المعياري في الدورة العاشرة عند (ACO) تساوي (22,16) وعند (GA) تساوي (20,62) وعند $n=20$ يكون الانحراف المعياري (STD) في الدورة الاولى والخامسة والسابعة والتاسعة والعاشرة عند تطبيق (ACO) أعلى قيمة عند تطبيق (GA) وكالاتي: (34,94 ,39,11)، (21,50 , 23,60)، (22,33, 23,23)، (30,46)، (29,85, 34,58, 34,96) على التوالي، وعند $n=50$ كانت قيم الانحراف المعياري لخوارزمية (ACO) أعلى من قيم خوارزمية (GA) في الدورة الاولى والثانية والسادسة والعاشرة وكمايلي (55,07) ، (43,51 ، (46,23, 56,41)، (51,35,53,54)، (53,75,54,83) وعند $n=5$ ، $n=10$ كانت قيم mean T(sec) عند تطبيق (ACO) أعلى من القيم عند تطبيق (GA) ولكل الدورات وكما في الجدول رقم (1).

جدول رقم (1) يبين نتائج المقارنة بين خوارزمية مستعمرات النمل والخوارزمية الجينية عند عدد مكان (m= 3) وعند عدد من المهام (n= 10,20,50,100)

N	Num Problem	LB for Makespan	Ant Colony Optimization					Genetic Algorithm				
			Min F	MAX F	MEAN F	STD F	MEAN T(sec)	Min F	MAX F	MEAN F	STD F	MEAN T(sec)
10	1	430.1	393	455	425.4	22.77035	0.549124	404	478	439.3	23.9678	1.051447
	2	409	403	442	416.7	12.18423	0.542883	404	458	427.4	15.45028	1.026487
	3	412.9	383	453	417.9	25.84333	0.542883	392	476	431.3	26.02584	1.029607
	4	430.2	411	463	427	18.02467	0.552244	420	484	443.5	19.87321	1.028047
	5	411.1	376	432	415.6	16.92598	0.535083	390	457	435.9	20.84573	1.031167
	6	420.4	393	446	417.1	18.57388	0.542883	403	464	431.2	21.16496	1.007766
	7	414.5	398	445	421.9	15.70881	0.536643	408	478	435.3	19.37381	1.031167
	8	406	393	451	423.1	20.46922	0.536643	389	468	437.6	23.05645	1.012446
	9	425.4	398	456	430.5	19.23683	0.535083	411	483	446.9	24.27825	1.021807
	10	425.4	397	466	437.9	22.16328	0.544443	411	470	442.1	20.62065	1.018687
20	1	759.4	716	846	799	39.10669	1.305728	754	863	813.3	34.93502	1.369689
	2	767.7	760	846	790.1	23.8628	1.294808	762	886	808.5	33.39411	1.358769
	3	745.9	749	818	793.9	21.61507	1.297928	765	841	815.1	21.96184	1.360329
	4	753.1	717	819	774.4	30.3725	1.293248	737	832	797.8	32.35498	1.375929
	5	748	744	815	774.1	23.59119	1.301048	767	835	793.2	21.49832	1.360329
	6	757.6	709	860	787.2	40.94658	1.290128	707	877	806.1	45.13794	1.363449

	7	755.3	758	823	788.6	23.23407	1.304168	779	853	804.6	22.33184	1.366569
	8	762.6	751	835	794.8	32.34811	1.302608	767	888	820.2	36.01173	1.354089
	9	766.5	755	853	807.3	30.46327	1.307288	772	860	829.3	29.85167	1.365009
	10	763.5	730	834	781.9	34.95855	1.299488	754	871	808	34.58323	1.360329
50	1	1784.3	1781	1970	1873	55.06965	4.586429	1827	1976	1917.5	43.50798	2.383695
	2	1782.3	1755	1933	1834.7	56.40735	4.564589	1779	1939	1866	46.24812	2.371215
	3	1774	1812	1930	1848	44.47721	4.539629	1820	1962	1881.2	45.29606	2.366535
	4	1787.5	1801	1912	1869.1	37.8431	4.561469	1840	1977	1903.7	42.78642	2.377455
	5	1773.3	1783	1934	1845.2	44.77301	4.584869	1789	1957	1876.1	50.96066	2.377455
	6	1790	1767	1963	1847.3	53.53514	4.556789	1791	1980	1884.1	51.34513	2.374335
	7	1800.5	1780	1959	1861	60.54934	4.547429	1804	2015	1893.9	60.7919	2.391495
	8	1779.8	1799	1917	1855.9	39.12501	4.570829	1796	1950	1885.6	49.97822	2.371215
	9	1789.1	1802	1942	1867.5	37.86599	4.580189	1826	1982	1894.7	45.78949	2.363415
	10	1831.4	1771	1970	1884.5	54.83156	4.575509	1797	1971	1911.5	53.75097	2.377455
100	1	3522.2	3550	3853	3664.2	86.16109	13.52841	3631	3887	3715	72.11873	4.054466
	2	3547	3558	3787	3656.4	65.5137	13.35837	3593	3825	3701.2	79.82592	4.041986
	3	3543.3	3569	3781	3674.6	65.78956	13.39113	3618	3807	3723.7	56.41129	4.045106
	4	3531.7	3569	3681	3632.9	42.39877	13.31625	3587	3775	3678.2	66.14597	4.043546
	5	3498.7	3546	3769	3658	63.89401	13.40049	3604	3808	3711.2	62.08023	4.051346
	6	3527.9	3546	3752	3648.7	71.24145	13.43013	3620	3798	3696.7	63.08909	4.052906
	7	3528.7	3573	3753	3640.5	53.91815	13.34277	3590	3812	3695.2	60.83822	4.035746
	8	3533	3545	3720	3620.7	48.80357	13.40049	3589	3825	3676.2	64.58724	4.035746
	9	3538.1	3504	3805	3630.6	82.3761	13.34901	3519	3847	3676.6	94.12191	4.045106
	10	3510.3	3537	3739	3621.3	62.00547	13.37397	3592	3809	3662.8	69.07934	4.040426

ومن خلال الجدول السابق وجداول اخرى التي تم فيها تغيير قيمة (m) عدد الالات وتغيير في قيم (n) عدد الوظائف نلاحظ تفوق الخوارزمية (ACO) على الخوارزمية (GA) في الوصول الى الحل الأمثل حيث كانت نسبة الأفضلية للخوارزمية بالاعتماد على معيار الحد الأدنى للحصول على أقل دالة هدف للمسألة هو 97,92%. ونسبة الأفضلية للخوارزمية نفسها على الخوارزمية الجينية بالاعتماد على معيار الحد الأعلى للحصول على أعلى دالة هدف للمسألة هو 91,67% ونسبتها بالاعتماد على معيار متوسط دالة هدف للمسألة هو مئة بالمئة ونسبتها بالاعتماد على معيار الانحراف المعياري هو 73,33 بالمئة ونسبة تفوق خوارزمية النمل على الخوارزمية الجينية بالاعتماد على معيار متوسط ((T (sec) هو 54,17%. بعد تحليل النتائج السابقة في الجانب التجريبي تم استخدام خوارزمية النمل للتحسين (ACO) على البيانات الخاصة بعدد المرضى داخل المستشفى ضمن الجانب التطبيقي

2.8 الجانب التطبيقي

1.2.8 مجال الدراسة واستحصا البيانات:

مستشفى العلوم العصبية هي مركز تخصصي ثالثي يعنى بامراض الدماغ والحبل الشوكي والاعصاب والفقرات تأسس عام 1997م وافتتح بتاريخ 22/11/2005 واهم الاختصاصات الاستشارية الموجودة داخل المستشفى هي اختصاص الجراحة العصبية والباطنية العصبية وعصبية اطفال ويوجد داخل المشفى كادر كفوء من الاطباء الممارسين واسماء من الاطباء معروفة بالخبرة والمهارة في مجال الطب اما بالنسبة للمحطات التشخيصية (الالات) التي تكون مجال يعين الطبيب في تشخيص المرض وهي جهاز (الرنين، المفراس، الأشعة الاعتيادية، تخطيط الدماغ، السونار وتخطيط القلب)، ان اهم الوحدات الاستشارية داخل المستشفى هي غرفة طبيب الجراحة العصبية وغرفة طبيب الباطنية العصبية وغرفة طبيب عصبية اطفال وهناك صالة الطوارئ وكذلك يدخل المريض الخارجي (يكون قد راجع عند طبيب في العيادة الخارجية ولم يفحص على اجهزة الرنين والمفراس لاي سبب من الاسباب) كل هذه الوحدات الخمسة السابقة تم اعتبارها اعمال او مهام مطلوب جدولتها على صالات الفحص (الرنين، المفراس، تخطيط الدماغ والأشعة الاعتيادية) التي تم اعتبارها الالات التي يدخلها المريض بطلب من الطبيب لكي يكمل الطبيب تشخيصه للمرض على ضوء النتائج المستحصلة من هذه الالات، في دراستنا سنعمل على جدولة دخول المريض على هذه الالات (الاجهزة) واتمام انتقاله هذا بأقل وقت ممكن يوفر للمريض أقل وقت بقاء داخل النظام (المستشفى)، وقد تم استحصا البيانات من داخل المستشفى بالتواجد المباشر مع المرضى وحساب عدد المرضى الواردين على كل جهاز (الرنين، المفراس، الأشعة الاعتيادية وتخطيط الدماغ) بعد خروج المريض من الطبيب المختص (الاستشاري) وحساب وقت وصوله للألة ومدة بقاءه داخل الجهاز (فترة الخدمة) وتم جمع البيانات خلال شهر واحد ومدة الدوام الرسمي اليومي من الساعة الثامنة صباحا وحتى الساعة الثانية بعد الظهر.

2.2.8 تحليل النتائج

فقد تم تطبيق الخوارزمية لعدة مرات وتم تحديد تسلسل معين للأعمال (تقليب) يتم احتساب الوقت التكميلي لكل عمل على الألة الأخيرة وبالتالي المقارنة بين تلك الاوقات وايجاد دالة الهدف التي تمثل أقل

قيمة للوقت التكميلي وكانت نتائج تطبيق خوارزمية النمل للتحسين هو الحصول على تسلسل الأعمال على الآلات كالآتي: 5-1-4-2-3

نلاحظ من خلال إيجاد الحل الأمثل لمسألة الجدولة ان الوقت اللازم لاتمام التشخيص لجميع المرضى على الاجهزة الطبية 12 ساعة تقريبا لذلك لايد من زيادة ساعات العمل اليوميه لاكمال جميع الاعمال على الاجهزه او زيادة الاجهزة الطبية في المستشفى لتغطية جميع الحالات المرضيه على الاجهزه . اما تفسير الحل الامثل فهو ان يبدأ العمل على العمل الثالث(3) حسب التدفق ووقت انجاز العمل ومن ثم العمل الثاني على جميع الاجهزه ومن ثم العمل الرابع (4) ويليه الاول(1) ثم الخامس (5) ليكون الوقت المستغرق لاكمال جميع المرضى داخل المستشفى حسب معدل التدفق اليومي 12 ساعة تقريبا وكانت قيمة دالة الهدف تساوي 748.4

جدول رقم (2) يمثل وقت البداية لكل عمل على كل ماكينة

	JOP 1	JOP 2	JOP 3	JOP 4	JOP 5
Machine1	0	3.5	34.1	38	65.2
Machine 2	3.5	34,1	321.1	321.1	655.6
Machine 3	21.8	321.1	411.1	655.6	737.1
Machine 4	35.3	411.1	458.2	707.8	740.4

جدول رقم (3) يمثل وقت النهاية لكل عمل على كل ماكينة

	JOP 1	JOP 2	JOP 3	JOP 4	JOP 5
Machine 1	3.5	34.1	38	65.2	66
Machine 2	21.8	321.1	321.1	655.6	737.1
Machine 3	35.3	411.1	411.1	707.8	740.4
Machine	44.2	458.2	458.2	720.8	748.4.

اما تسلسل الحل الامثل للاعمال على الماكائن هو: 5-1-4-2-3

9. الاستنتاجات

تم التوصل الى مايلي:

- 1- بعد طرح موضوع الجدولة لمسنا الأهمية الكبيرة لهذا الموضوع في عملية اتخاذ القرار والدور المهم في توزيع المهام بالشكل الذي يحقق الهدف الذي لانستطيع التهاون به الا وهو مسألة الوقت.
- 2- ان الصعوبة في مسائل الجدولة تنحصر في فضاء البحث الكبير وتداخل الاهداف (اندماجها) وحسب حجم المسألة، اذ ان حجم المسألة الكبير وعند أستعمال الأساليب التقليدية يحتاج وقت كبير في التنفيذ، لذلك كان اللجوء الى طرائق الذكاء الصناعي لما تختص في ايجاد حلول كفوءة في وقت جيد.
- 3- ان قراءة النتائج في الجانب التجريبي والتي أعطت تفوق خوارزمية النمل للتحسين على الخوارزمية الجينية وفق معايير الحد الأدنى والحد الأعلى لدالة الهدف والحصول على أقل قيمة لـ (Makespan) يعطي دلالة على ان استخدام هذه الخوارزمية يساعد الباحث في الحصول على النتائج المرغوبة وبأقل وقت وهو الهدف المطلوب الوصول اليه.
- 4- في الجانب التطبيقي كان التقلب للأعمال أو أفضل تبادل للأعمال هو انجاز العمل الثالث الذي هو استشارية أطفال أعصاب ويأتي في الترتيب الثاني العمل الثاني (استشارية باطنية أعصاب) وفي الترتيب الثالث استشارية الطوارئ وفي الترتيب الرابع استشارية الجراحة العصبية وفي الترتيب الخامس الاستشارية الخارجية وكل هذه الأعمال تدخل على نفس الترتيب على جهاز المفراس ثم الرنين ثم الأشعة الاعتيادية وبعدها تخطيط الدماغ.
- 5- وفق التقلب السابق وباستخدام خوارزمية (ACO) تم التوصل الى أفضل حل وهو أقل وقت تكميلي لانجاز كافة الأعمال السابقة وعلى آخر جهاز (تخطيط الدماغ) (Makespan) والذي قيمته 748.3889 والذي يمثل دالة الهدف.

المصادر:

أولاً: المصادر العربية

- 1- المنصور, كاسر ادارة العمليات الانتاجية. دار الحامد, عمان(2010)
- 2- الغريري , سامي " ادارة الانتاج والعمليات. مكتبة زين الحقوقية و الادبية بيروت (2013)
- 3- الكلاك, اسراء نذير. السبعواوي, أحمد محمود. "دراسة مقارنة لخوارزميتين من خوارزميات جدولة المعالجات المتعددة" بحث مسنل لرسالة ماجستير, مجلة التربية والعلم, مجلد(17), العدد (20) لسنة (2005).
- 4- آل فيحان أ.د. ايثار عبد الهادي (ادره الانتاج والعمليات) جامعة بغداد 2011.
- 5- ثابت , همسة معن. "بعض تطبيقات الخوارزمية الجينية في حل مسائل الأمثلية". رسالة ماجستير كلية علوم الحاسبات والرياضيات, جامعة الموصل, (2005م).
- 6- سعيد , أماني صديق. " استعمال خوارزمية مستعمرة النمل لادارة المثلى في سد حديثة". رسالة ماجستير كلية الادارة والاقتصاد, جامعة بغداد, (2015).
- 7- حسو, مهى عبد الرحمن .علي, أسيل اسماعيل., "تحديد الحافات باستخدام خوارزمية مستعمرة النمل وتطبيقها على الصور الطبية", مجلة الرافدين لعلوم الحاسوب والرياضيات, كلية علوم الحاسوب والرياضيات, جامعة الموصل, المجلد(9), العدد(2)

ثانياً: المصادر الاجنبية

- 8- F raminan, J. M., Gupta, J. N. D., and Leisten, R. (2004)"A review and classification of heuristics for permutation flow-Shop scheduling with makespan objective" .JournAL of Operational Research Society, 55, pp. 1243–1255
- 9- D irecteur, Memoire.(Ant Colony Optimization Algorithm For Bi objective Permutation Flow shop problems) 2006-2007 UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES
- 10- AlB yati, Abbas, Y., and, Qubat, Nawar, N., "An implementation of an initial scale in solving Binary Knapsack Problem using a Genetic Algorithm", Raf. J. of Comp & Math's, vol.(4), No.(2), p.p 43-57, (2007).

The use of Antcolony Algorithm in Scheduling Time Constraints Restricted Project with Activities Alternatives

Khalid Th. Al-Taee ,Ph.D.(Prof.)* Ebtehal Hashem Raheem**

Abstract

Business Scheduling is a process for formulating a short-term plan, including timing of the tasks completion for a specific system, according to a limited sequence that allows the organization to achieve its targets in a perfect time .To do this is to deal with several methods the most recently of which is using algorithms . One of these methods is A.C.O of which that is used to solve the fusion problems, depending on the social behavior of ant, to ensure that A.C.O is the more better algorithms that are used to solve problems In the service system of the Neuroscience Hospital which distributes the patients to diagnosis devices to serve them in an ideal time. A.C.O compared with the most famous algorithms (G.A) by simulating the problems in terms of computerizing both algorithms. It has been found that the A.C.O is the better. Depending on above, and submitting real data from hospital we reached to more better business series total time (Make Span) as less as possible with activate less delay time for patients .

*Al-Mansour University College

** Al-Mustansiriyah University