استخدام خوارزمية أمثلية مستعمرات النمل في حل مسألة حقيبة الظهر0-1

Using Ant colony optimization for solving 0-1 Knapsack problem

أ.م.د عدنان شمخي جابر

كلية الإدارة والاقتصاد/جامعة بابل

إيمان حسن هادي

كلية الإدارة والاقتصاد/جامعة بغداد

Email:or.eman@yahoo.com

المستخلص

تعد مسألة حقيبة الظهر(0-1) من المسائل الصعبة والتي لاتمتلك خوارزمية تقريبية في وقت محدود حيث إن درجة تعقيد هذه المسألة تنتمي إلى المسائل من نوع (NP-hard) . تم في هذا البحث استعمال خوارزمية أمثلية مستعمرات النمل (ACO) لحل المسألة , وتم ايضاً توليد مجموعه من المسائل لمعرفة كفاءة الخوارزمية ومقارنتها مع الطرائق الأخرى,لقد أثبتت النتائج كفاءة الخوارزمية مقارنة مع الطرائق الأخرى كما بينت أيضا بان الوقت المستخدم لحل المسائل كان قياسي مقارنه مع الطرائق الأخرى.

Abstract

The (0-1)Knapsack problem of the difficult problem which does not possess the algorithm in parametric approximation as the complexity of this matter belongs to the problems of the type (NP-hard), the research using the algorithm of ant colony optimization (ACO) to solving the problem, and also generate a set of problems to determine the efficiency of the algorithm and compared with other methods of numerical results have proven the efficiency of the algorithm in comparison with other methods and also the time used to solving problem was standard compared to the other methods.

1- المقدمة

تعتبر مسائل الامثلية المركبة (Combination Optimization Problem) إحدى المسائل التي نشأت مبكراً مع تطور بحوث العمليات في تطبيقاتها الواسعة وبساطه صياغتها جعلت للباحثين حقل واسع للتطبيق وإيجاد الطرق المناسبة للحل , يمكن تعريف مسائل الامثلية المركبة على أنها المسائل التي يكون فيها أسلوب البحث الشامل غير ممكن وذلك للكم الهائل من الحلول البديلة , إن صعوبة استعمال الطرائق التقليدية دعت الباحثين إلى التوجه إلى طرائق الذكاء الاصطناعي لما لها من مرونة في التحكم بملحقاتها وإمكانيتها لإيجاد حل مناسب للمسألة لامتلاكها سرعه جيده في البحث عن الحلول .

تعتبر مسألة حقيبة الظهر(knapsack)المسماة حقيبة الجندي من مسائل الامثلية المركبة (Combination Optimization Problem),وهي تصنف من ضمن المسائل المعقدة والمتغيرة بنفس الوقت والتي تنتمي في درجة تعقيدها إلى المسائل المسماة (NP-Complete وNP-hard), (مسائل كبيرة تمتلك كماً هائلاً من الحلول البديلة).

وطالما إن المتوقع أنه لاتوجد خوارزمية لمسائل حقيبة الظهر يمكن بناؤها والتي يكون الوقت الأفضل لاحتسابها بتزايد كدالة (polynomial) لحجم المسألة،دعت الباحثين إلى الاستمرار في بناء واستعمال الخوارزميات المختلفة لحلها عن طريق تغيير طرائق بحث الخوارزميات أو عن طريق دمج خوارزميتين أو أكثر .

هناك تفاوت في أنواع مسائل حقيبة الظهر من ناحية مجموعة المدخلات سوية مع قيمتها (الأرباح) وأحجامها التي تكون معطاة بطريقة منتخبة لواحدة أو أكثر من المجاميع الجزئية المنفصلة بحيث أن المجموع الكلي للأحجام في كل مجموعة جزئية لا تتجاوز الأوزان المحددة والمجموع الأعلى للقيمة المنتخبة .

وبما إن هذه المسألة عامة جداً في تحقيق الامثلية المركبة ,فان احد التطبيقات المهمة لها ,كانت في حل مايسمى بمشكلة اثر اوريغون (Oregon Trail Problem), حيث جذبت الكثير من الانتباه نظراً لبساطة فكرتها,ولاهميتها الكبيرة في التطبيقات العملية إذ استخدمت بشكل واسع النطاق في التطبيقات الصناعية ,الإدارة المالية ,الرعاية الصحية الشخصية والاقتصاد وفي مختلف مسائل بحوث العمليات وعلوم الحاسوب وغيرها .

2- مشكلة البحث

تتكون مشكلة البحث من مشكلتين الأولى هو عدم وجود طريقة مناسبة لحل مشكلة حقيبة الظهر تمتلك وقت محدد في التنفيذ وإيجاد الحل المناسب لمشكلة حقيبة الظهر(KP) خاصة ومشاكل الامثلية المركبة عامة والمشكلة الثانية هو بناء نموذج حقيبة الظهر إلى أحدى مؤسسات الدولة يساعدها في أعطاء الأولوية إلى الأشياء التي لها الربح الأكثر عموماً تمتلك حقيبة الظهر خاصية الاستغلال الأمثل للعناصر لإيجادها العناصر التي تحقق اكبر ربح ممكن من بين مجموعه العناصر وان بعض مؤسساتنا ليسلها المعرفة التامة في إيجاد العناصر المربحه لها خاصة إذا كان حجم العناصر كبير جداً وميزانية المؤسسة محدودة

فهنا يكون دور حقيبة الظهر فعال جداً لحل مثل هكذا مشكلة.

3-هدف البحث

يهدف البحث إلى تعريف مشكلة حقيبة الظهر (KP) من حيث تطبيقاتها وطرق الحل ومن ثم تعريف خوارزمية أمثلية مستعمرات النمل (Ant colony optimization algorithm) من حيث مكوناتها وخطواتها ومن ثم تعريف الهدف الأساسي للبحث وهو حل مسألة حقيبة الظهر باستخدام خوارزمية أمثلية المستعمرات النمل(ACO) وحساب كفاءة الخوارزمية في حل بعض المسائل القياسية ومن ثم مقارنة النتائج مع نتائج خوارزميات أخرى.

4- مسألة حقيبة الظهر

تعتبر مسألة حقيبة الظهر (KP) إحدى مسائل الامثلية التوافقية ,فإذا كانت لدينا مجموعة من العناصر لكل منها وزن وقيمة ,فعليك إن تحدد العناصر التي توضع في الحقيبة بحيث يكون مجموع أوزانها اقل أو يساوي كمية معينة, وان يكون مجموع القيم أعلى مايمكن .

إن اسم (حقيبة الظهر) مأخوذ من حالة شخص لدية حقيبة ذات حجم محدد وعليه إن يملئها بالعناصر الأعلى قيمة.

لقدتم تناول هذه المسألة منذ أكثر من قرن ولكن ليس من المعروف كيف نشأ تعبير (مسألة حقيبة الظهر kp) رغم انه تم ذكرها في أعمال العالم الرياضي (توبياس دانزج 1844-1956) وهو من اقترح هذا الاسم لنشأته في التراث الشعبي قبل إن تتم نمذجة المسألة رياضيا[1].

إن مشكلة حقيبة الظهر(kp) هي إحدى مشاكل البرمجة المتقطعة التي تم دراستها بشكل مفصل وخاصة في العقد الأخير ,حيث جذبت الكثير من أصحاب النظريات حيث نشأت الفائدة النظرية أساسا من هيكل بسيط الذي يسمح باستغلال عدد من الخصائص المركبة و إن المزيد من مشاكل الامثلية المركبة تحل من خلال سلسلة أنواع من المشاكل الثانوية للحقيبة أما من الناحية العملية يمكن نمذجة العديد من المشاكل الصناعية مثل :ميزانية رأس المال ,تحميل البضائع ,قطع الأوراق المالية, ويرجع سبب هذا الاهتمام مستمد أساساً من ثلاث حقائق :

- يمكن النظر إليها على أنها ابسط مسألة برمجة خطية صحيحة.
- تبدو كمسألة فرعية في العديد من المسائل المعقدة.
- قد تمثل عدداً كبير من الحالات العملية حيث تم استعمالها مؤخراً لحساب الحد الأدنى (Crowder,Johnson,Padberg) (1983) وفي العديد من معامل إجراءات التخفيض من اجل تعزيز البرمجة الخطية (LP) المحددة في البرمجة الصحيحة العامة[2].

4.1 وصف مسألة حقيبة الظهر

إن النموذج الرياضي لمسألة حقيبة الظهر(0-1) يمكن التعبير عنه بما يلي :

هناك (n) من العناصر أو المواد وحقيبة ظهر واحدة , ولكل عنصر لدية قيمة (pj) و وزن (wj)معين والهدف هو تعظيم المواد التي في الحقيبة على إن لا تتجاوز الطاقة الاستيعابية لها (C) ,والقرار هو اختيار مجموعه من العناصر أوالمواد التي في الحقيبة , حيث [3] :

Pj: الربح للعنصر j

Wj: الوزن للعنصر j

C : الطاقة الاستيعابية للحقيبة

إن اختيار مجموعه من العناصر أو المواد لتعظيم المنفعةUهو:

$$U=\sum_{j=1}^{N} Pjxj$$

s.to:

$$\sum_{j=1}^{N} Wj\ Xj \leq C \dots\dots\dots (1)$$

وانXj هـو متغيـر القـرار الثنـائي {0,1}حيـث ان العنصـر الـذي يوضـع فـي الحقيبـة يرمـز لـه Xj=1 , و Xj=0 عـدا ذلـك ,إمـا المتغيـرات التـي تعـرف المسـألةPj, Wj, وC تكـون إمـا إعداد حقيقية أو صحيحة (موجبة) وبافتراض عدم وجود خسارة , فان:

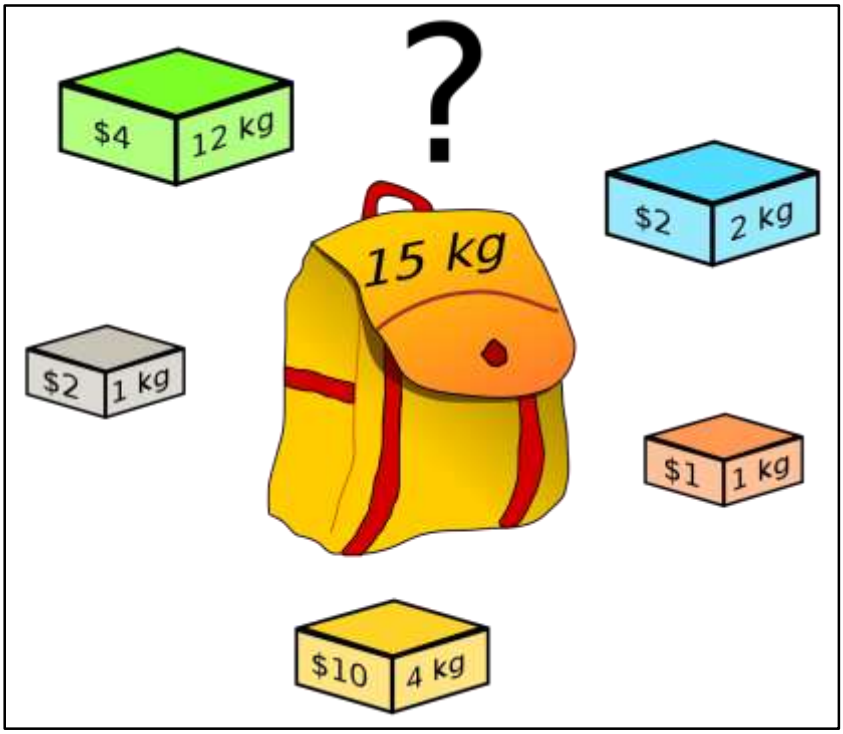
$$\sum_{j=1}^{N} \mathrm{Wj} > C \dots\dots\dots (2)$$

$$\mathrm{Wj} \leq \mathrm{C}\ \forall j \dots\dots\dots (3)$$

وان المعادلة (2) إذا لم تتحقق فان كل Xj=1 وان المنفعة ستكون:

$$U = \sum j\ Pj$$

فـان المعادلـة رقـم (3) سـوف لـم تتحقـق أيضـا إذ إنXj=0, لكـل j بحيـث $Wj > C$,وهنـا فـي هـذا البحـث تكـون مسـألة حقيبـة الظهـر ذات قيـد واحـد وان هنـاك حـالات مـن الممكـن إن تكـون حقيبـة الظهـر ذات قيـود متعـددة كمـا فـي المعادلـة رقـم (1) ,كـأن تكـون مقيـدة بـوزن محـدد أو حجـم معـين ولهـا m مـن المعـادلات وهنـاك أنـواع مختلفـه لمسـألة حقيبـة الظهـر .[4]



شكل (1) يوضح كيفية مسألة حقيبة الظهر[1]

5- خوارزمية أمثلية مستعمرة النمل ***Ant Colony Algorithm*** **Optimization** ***(ACO)***

تعتبر خوارزمية مستعمرة النمل من خوارزميات التعليم التطوري (*Evolutionary Learning*) التي يمكن تطبيقها لحل مسائل الأمثلة المركبة *Combinational Optimization* (مثال ذلك مسائل **NP-Complete**),كما وتعد من الخوارزميات الحدسية القوية (*Meta-heuristic*) ,التي تنتمي إلى ذكاء الأسراب وتستند إلى سلوك النمل, والتي تمثل نظرية عامة لتعريف الحدس لمدى واسع من مساحات المشكلة, ولذا فان خوارزمية مستعمرة النمل تستخدم العديد من النظريات لتعريف الحدسية المتأثرة بشكل كبير من قبل سلوك النمل الطبيعي, إذ إن النمل بطبيعته يكون قادراً على العثور على اقصر مسار من مصدر الغذاء إلى العش, حيث يضع المادة الكيميائية على الأرض كدليل للآخرين لإيجاد الطعام,كما إن اختيار المسار يعتمد على كثافة المادة الكيميائية ,ولذا فان سلوك النمل يحث على نشوء خوارزمية تتكون من مجموعة من النمل الذكائي (*Artificial Ants*) كمجموعة من الوكلاء(*Agents*) البسيطة التي تعمل مع بعضها البعض لحل المسائل عن طريق تبادل المعلومات بوساطة المادة الكيميائية (الفيرمون) التي تعمل كذاكرة موزعة لربط النمل مع بعضه ولذا فان هذه الخوارزمية تمثل نظام النمل المطبق على عدد من مسائل الأمثلية المركبة.[5][6]

إن المسألة التي تحل عن طريق خوارزمية (*ACO*) تستخدم المادة الكيميائية مع الدالة الحدسية,إذ إن المادة الكيميائية تعمل كتغذية عكسية وتحدث بالاعتماد على نوعية القاعدة المكتشفة ,وان الجزء المهم في اختيار المسار الصحيح الذي يتم انجازه على نحو احتمالي عن طريق استخدام الاحتمالية في اختيار المسارات المتاحة.

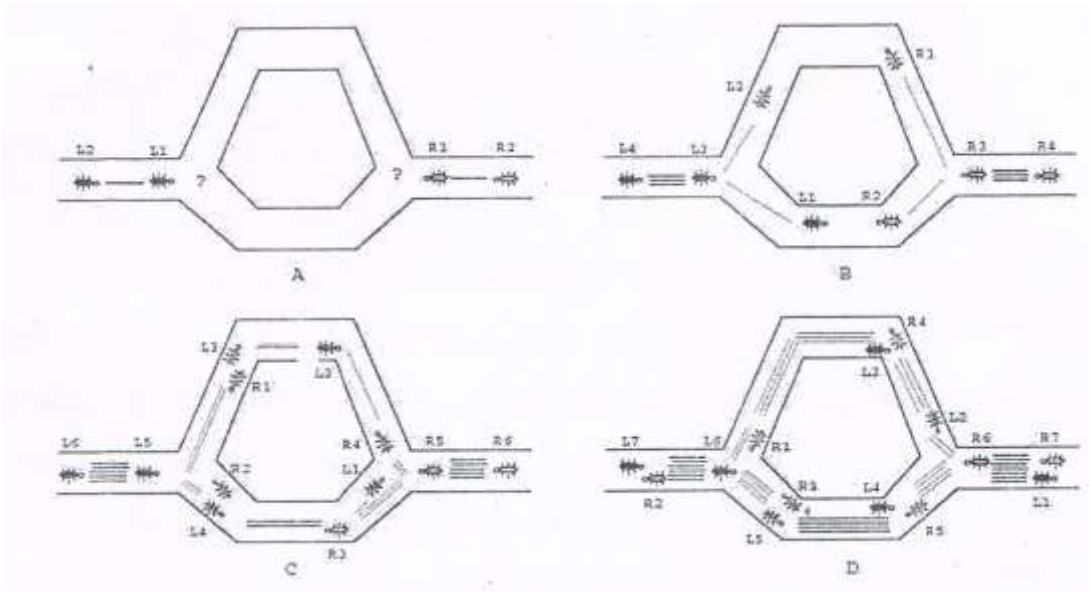
لقد تم تطبيق هذه الخوارزمية في عام 1996 من قبل الباحث الايطالي ماركو دوريكو(Marco DORIGO), كان أولها في حل مسألة البائع المتجول (*TSP*) (*Traveling Salesman Problem*), ,بعد ذلك تم تطوير الخوارزمية وتطبيقها في حل العديد من المسائل مثل مسألة توجيه العربة (*Vehicle Routing problem*), مسألة التخصيص التربيعية (*QAP*) ومسألة جدولة الإنتاج حسب الطلب (Job-shop Scheduling Problem(JSP)[3][4],وتم تطبيقها بنجاح على إيجاد حلول ناجعة لمسائل معقدة في الحياة العملية كتصميم شبكات الاتصالات الضخمة وجدولة تنظيم حركة المرور في المدن الكبرى وإيجاد المواقع المثالية لمحطات ومخازن الطاقة وغيرها [7].

ويمكن تفسير سلوك مستعمرة النمل على النحو الأتي :

على فرض إن المستعمرة تتكون من(N) نملة ,النمل يبدأ من العقدة الأم (العش) ومن ثم يقوم بالانتقال من خلال طبقات مختلفة ابتداءً من الطبقة الأولى و وصولاً إلى الطبقة الأخيرة (النهائية) إي عند العقدة المقصودة (الغذاء), وفي كل تكرار تستطيع النملة اختيار عقدة واحدة فقط في كل طبقة إذ تكون معطاة ومطابقة مع حالة الانتقال.

إن العقد المختارة على طول الطريق الذي يتم المرور به من قبل النملة تمثل حلاً مرشحا [6] , حيث تتمكن النملة من اكتشاف الطرق واختيار الطريق الأقصر إلى الهدف(الغذاء) بواسطة اكتشاف طرق الفيرمون (Trails *Pheromone*),فالنمل (Ants) يسلك الطريق الذي يكون تركيز المادة العطرية (*Pheromone*) فيه أعلى ,ويتم إدراك ذلك بواسطة حاسة الشم ,والشكل (2) يوضح ذلك [8].

في بداية عمل الخوارزمية يتم تهيئة الحواف جميعها مع كمية متساوية من الفيرمون, وخلال الخوارزمية يتم تحديث كمية الفيرمون الموضوعة اعتماداً على طول المسار الذي يسلكه النمل[9].



شكل (2) يوضح اكتشاف النمل الحقيقي للطريق الأقصر[8]

5.1 سلوك بحث النمل ***Ant Searching Behavior***

عندما تكون النملة k في العقدة i فإنها تستخدم الفيرمون τ_{ij}والدالة الحدسية η_{ij} لحساب احتمالية اختيارها للعقدة j كعقدة قادمة وحسب المعادلة الآتية:

$$P_{ij}^{k} = \begin{cases} \dfrac{{\tau_{ij}}^{\alpha}.{\eta_{ij}}^{\beta}}{\sum_{j\in N_i^{(k)}} {\tau_{ij}}^{\alpha}.{\eta_{ij}}^{\beta}} & if\ j \in N_i^{(k)} \\ o & otherwise \end{cases} \quad \dots\dots(4)$$

إذ إن $N_i^{(k)}$ تمثل مجموعة العناصر التي لاتنتمي إلى الحل الجزئي S_P^K للنملة k تمثل قيم ثابتة تحدد نسبة أهمية المادة الفيرمون والمعلومات الحدسية على التوالي , كما إن الدالة الحدسية تحسب بالمعادلة $\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$ و d_{ij} تمثل المسافة بين الحافة i والحافة j [6].

5.2_ تتبع المسار وتحديث الفيرمون ***Path Retracing and Pheromone Updating***

قبل العودة إلى العقدة الأم (العش) تقوم النملة K بوضع $\Delta\tau^{(k)}$ من الفيرمون (المادة العطرية) على الحافات التي قامت بزيارتها , ولذا فان قيمة الفيرمون τ_{ij} عند الحافة (i,j) التي قامت النملة باجتيازها يتم حسابها على النحو الأتي :

$$\tau_{ij} = \tau_{ij} + \Delta\tau^{(k)} \dots\dots (5)$$

وعموماً فان الزيادة في كمية الفيرمون على حافة معينة تؤدي إلي زيادة في احتمالية اختيارها من قبل بقية النمل في المستعمرة .[6].

5.3_ **تبخر اثر الفيرمون *Pheromone Trail Evaporation***

عندما تتحرك النملة k إلى العقدة القادمة, فان الفيرمون يبدأ بالتبخر من جميع الحافات (i,j) وفقاً للقانون الأتي :

$$\tau_{ij} = (1-\rho)_{\tau_{ij}} \dots\dots (6) \qquad ,\forall (i,j)\epsilon A$$

إذ إن $\rho\epsilon(0,1)$ وتمثل معامل التبخر, A تشير إلى الحافات التي قامت النملة باجتيازها في طريقها من العقدة إلام إلى الوجهة,وعموماً يساهم تبخر الفيرمون في زيادة قدرة الخوارزمية على استكشاف مسارات مختلفة إثناء عملية البحث , كما يساهم أيضا في تقليص كمية الفيرمون على الحافات.

بعد عودة النمل إلى العقدة الرئيسية يتم تحديث الفيرمون حسب العلاقة الآتية :

$$\tau_{ij} = (1-\rho)_{\tau_{ij}} + \sum_{k=1}^{N} \Delta\tau_{ij}^{K} \dots\dots (7)$$

إن الهدف من تحديث الفيرمون يتمثل في زيادة كمية الفيرمون المرتبط مع مسارات جيدة و واعدة,ولذا فان الفيرمون الموضوع عند الحافة (i,j) من قبل النملة K يحسب بالعلاقة الآتية:

$$\Delta\tau_{ij}^{(K)} = \frac{Q}{L_K} \dots\dots (8)$$

إذ إن Q تمثل قيمة ثابتة تعمل على تحديد مقدار الزيادة في كمية الفيرمون في نطاقٍ محدود,L_Kيمثل الطريق الذي تقطعه النملة K وعموماً يمثل التكرار دورة كاملة تشمل حركة النمل وتبخر الفيرمون [6]

5.4خطوات خوارزمية مستعمرة النمل (ACO)

يمكن تلخيص خطوات خوارزمية مستعمرة النمل (ACO) , لحل مشكلة حقيبة الظهر(knapsack problem) كما يلي:

1. 5.4.الخطوة الأولى التهيئة (.Initialization): تخصص كل نملة إلى مكان (0 أو 1) المرتبطة بالمتغيرات,مجموعة الفيرمون الأولية لأصغر ثابت لكل مسار.
2. 5.4.الخطوة الثانية :تنتقل كل نملة للمكان التالي وفقاً لاحتمال انتقال مقداره (1) لحين محاولة إنشاء الحل .

3. 5.4.الخطوة الثالثة:تحديث كثافة الفيرمون باستخدام قانون تحديث الفيرمون ,في المعادلة رقم (5),لحين الوصول لمعيار التوقف .

4. 5.4.الخطوة الرابعة إنهاء الشرط : إن خوارزمية مستعمرة النمل (ACO) سوف تقرر أفضل حل , نلاحظه عندما نصل إلى معيار التوقف .

معيار التوقف يمكن إن يكون العدد الأقصى من التكرارات أو العدد الأقصى من التكرارات بين اثنين من التحسينات المتعاقبة من أفضل حل .[9]

6.خطوات عمل خوارزمية مستعمرات النمل لحل مسألة حقيبة الظهر

1. إدخال البيانات الأولية وهي قراءة لقيم متغيرات مسألة حقيبة الظهر وتتضمن :

- متجه المنفعة (P) : اذ تمثل عناصره قيم المنفعه او الارباح لكل عنصر في المسألة وهو بحجم (n) حيث إن تمثل حجم المسألة .

- متجه الأوزان (W) : اذ تمثل عناصره مقدار الوزن لكل عنصر في المسألة وهو بحجم (n) .
- حجم الحقيبة (C) : ويمثل الطاقة الاستيعابية للحقيبة.

2. إدخال معالم الخوارزمية$(\propto, \beta)$ وايضاً تحديد عدد النملات ليكون $(\mathrm{m} = 2\mathrm{n})$,وايضاً انشاء متجه الفيرمون (τ) ليكون متجه أحادي في بداية الحل .
3. أنشاء متجه المعلومات الحدسية (η) عن طريق المعادلة الاتية :

$$\eta(i) = \frac{p(i) \times w(i)}{C} i = 1, \dots, n \qquad \dots\dots(9)$$

4. لكل نملهK سيتم بناء حل لها على النحو الآتي :
   a) وضع عداد للعناصر الموجودة في المسألة $i = 1$.
   b) إيجاد المجموعه الجزئية N وهي تمثل مجموعة العناصر التي لم يتم ادخالها للحقيبة .
   c) لكل عنصر j من عناصر المجموعة N يتم احتساب حساب القيمة الاحتمالية وحسب العلاقة الآتية :

$$P_i^k = \begin{cases} \dfrac{{\tau_i}^{\alpha}.{\eta_i}^{\beta}}{\sum_{j \in N_i^{(k)}} {\tau_i}^{\alpha}.{\eta_i}^{\beta}} & if\ j \in N_i^{(k)} \\ o & otherwise \end{cases} \qquad \dots\dots(10)$$

   d) إذا كانت i=n يتم الانتقال إلى الخطوة (5), ماعدا ذلك يتم وضع $i = i + 1$ والعودة الى a.

5. تحديث الفيرمون (المادة العطرية) استناداً إلى العلاقة الآتية:

$${\tau_i}^{t+1} = (1 - \rho).{\tau_i}^{t} + \rho.\sum_{k=1}^{m} \Delta\tau_i^k \qquad \dots\dots(11)$$

حيث إن$0 < \rho < 1$,وهي تمثل معامل تبخر أثر الفيرمون وان $(1 - \rho)$ تمثل نسبة الفيرمون المتبقي , ويتم استعمال هذا المعامل لتجنب التراكم غير المحدود من الفيرمون على الاضلاع , $\Delta\tau_i^k$ تمثل كمية الفيرمون الموضوعه من قبل النملة k على المادة i وتعطى كالاتي:

$$\Delta\tau_i^k = \begin{cases} \dfrac{Q}{J_{\vartheta}^k} & \text{المادة } i \text{ تم ادخالها للحقيبة في حل النملة } k \\ o & otherwise \end{cases} \qquad \dots\dots(12)$$

إذ إن J_{ϑ}^{k} تمثل الحل الذي تم بناؤه من قبل النملة k , J_{ϑ}^{k} تمثل قيمة دالة الهدف للنملة k , Q تمثل قيمة ثابتة تعمل على تحديد مقدار الزيادة في كمية الفيرمون في نطاقٍ محدود وعادةً ما تأخذ القيمة *1*أو*10* .

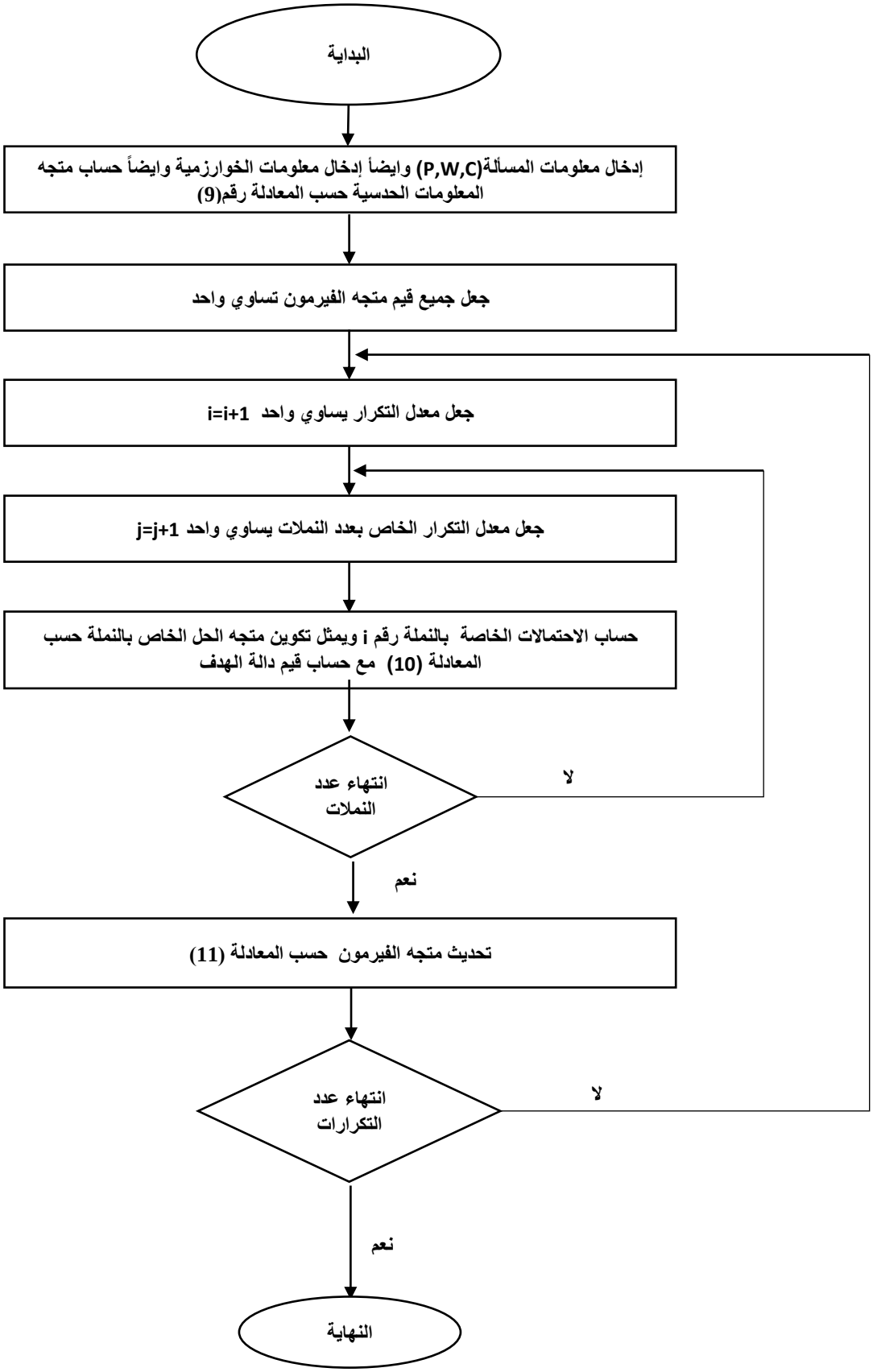
6. يتم تكرار كل خطوات الخوارزمية إلى إن يتم الوصول إلى العدد المحدد من التكرارات المخصص للخوارزمية .

7. التجارب العدديــةNumerical Experiments

لقد تم تطبيق خوارزمية مستعمرات النمل(ACO) على (10) مسائل حسابية يتم توليدها عشوائياً وبأحجام مختلفة مع حل المسائل باستعمال الخوارزمية الجينية (GA) وخوارزمية محاكاة التلدين (SA) ومن ثم مقارنة النتائج بحساب الوقت المستغرق لكل خوارزمية وايضاً حساب الانحراف المعياري والمتوسط بعد تكرار كل خوارزمية (5) مرات على كل مسألة اختبار, وفي ما يلي تفاصيل مسائل الاختبار :

جدول رقم (1) يبين حجم الحقيبة لكل مسألة

اسم المسألة	حجم المسألة	حجم الحقيبة
A	50	1000
B	100	3820
C	150	3500
D	200	4500
E	250	5000
F	300	5400
G	400	15000
H	450	18000
I	500	22000
J	1000	20000



شكل(3) يوضح المخطط الانسيابي لخوارزمية مستعمرة النمل في حل مسألة حقيبة الظهر

جدول رقم (2) يبين نتائج المقارنة بين الخوارزميات

المسألة	الخوارزمية	*size of problem*	*Mean*	*Max*	*Min*	*Std*	*Mean of time*
A	***GA***	50	**2988.2**	**3000**	**2966**	**14.49**	**3.88**
	SA		**2222.4**	**3088**	**3032**	**22.74**	**4.78**
	ACO		**3095**	**3095**	**3095**	**0**	**0.93**
B	***GA***	100	**11501.2**	**11744**	**11289**	**168.43**	**6.07**
	SA		**15160**	**15170**	**15144**	**10.69**	**1.07**
	ACO		**15170**	**15170**	**15170**	**0**	**0.18**
C	***GA***	150	**6401.2**	**6566**	**6282**	**110.10**	**8.20**
	SA		**7957**	**7957**	**7957**	**0**	**5.20**
	ACO		**7957**	**7957**	**7957**	**0**	**2.58**
D	***GA***	200	**10426**	**10659**	**10228**	**202.14**	**10.46**
	SA		**12120**	**12125**	**12112**	**5.12**	**4.96**
	ACO		**12116**	**12124**	**12114**	**4.47**	**4.09**
E	***GA***	250	**13827**	**13969**	**13599**	**152.59**	**12.44**
	SA		**15023**	**15031**	**15016**	**5.89**	**4.94**
	ACO		**15013**	**15013**	**15013**	**0**	**5.36**
F	***GA***	300	**15952.4**	**16024**	**15844**	**75.05**	**14.91**
	SA		**17060**	**17092**	**17024**	**26.22**	**5.05**
	ACO		**17140**	**17140**	**17140**	**0**	**7.22**
G	***GA***	400	**21194**	**21309**	**20899**	**169.31**	**19.13**
	SA		**25571.2**	**25584**	**25564**	**7.66**	**7.67**
	ACO		**25607**	**25607**	**25607**	**0**	**11.90**
H	***GA***	450	**24585.4**	**24828**	**23844**	**423.42**	**22.34**
	SA		**30701.6**	**30710**	**30699**	**42.88**	**7.66**
	ACO		**30692**	**30716**	**30686**	**13.41**	**14.34**
I	***GA***	500	**27853.2**	**28469**	**27449**	**419.69**	**23.36**
	SA		**36094.4**	**36103**	**36085**	**8.35**	**7.92**
	ACO		**36137**	**36137**	**36137**	**0**	17.43
J	***GA***	1000	**44304.8**	**45946**	**43272**	**1.02**	**22.54**
	SA		**75718**	**75718**	**75718**	**0**	**14.82**
	ACO		**75718**	**75718**	**75718**	**0**	**6.51**

8. الاستنتاجات والأعمال المستقبلية

Conclusions and future research

من خلال إجراء المقارنة لمسائل الاختبار والبالغ عددها (10) وبإحجام مختلفة لحقيبة الظهر كما موضح في الجدول رقم (1),و من الجدول رقم (2) نلاحظ من خلال النتائج العددية التي توصل إليها البحث, تفوق خوارزمية مستعمرة النمل (ACO) في معظم التجارب العددية ,حيث كانت النتائج كالأتي:

متوسط الانحراف المعياري (std) للخوارزمية الجينية (GA) وخوارزمية محاكاة التلدين (SA) هي (173.624) (12.955) على التوالي ,بينما متوسط الانحراف المعياري لخوارزمية مستعمرة النمل (ACO) كان (1.788), إما المتوسط العام للوقت المستغرق (mean of time) للـخوارزمية الجينية (GA) و خوارزمية محاكاة التلدين (SA) هو (14.333) ثانية (6.407) ثانية على التوالي , بينما كان متوسط الوقت المستغرق لخوارزمية مستعمرة النمل هو (7.054) ثانية .

يوصي الباحث بتهجين خوارزمية مستعمرة النمل (ACO)بخوارزمية أخرى,مثل محاكاة التلدين(SA) أو سرب الطيور (PSO) ,لحل مسألة حقيبة الظهر (KP) أو مسائل مركبة أخرى. مثل مسألة البائع المتجول (TSP) ومسألة التخصيص التربيعية (QAP)وغيرها,كما يوصي الباحث بأستعمال مسألة حقيبة الظهر(KP) في إدارة المحفظة الاستثمارية (portfolio) أو شحن البضائع لإسهامهما الكبير في تعظيم الإرباح .

المصـــــادر*REFERENCES*

[1]ويكيبيديـــا ,الموسوعة الحـرة,"حقيبـة الظـهر"

http://ar.wikipedia.org/wiki/حقيبةالظهر

[2] Martello,S. and Toth,P.(1990)."Knapsack problems"John Wiley.

[3]Wang,D.Ouyang,L.(2012)."New Particle Swarm Optimization algorithm for Knapsack Problem", International Conference on Natural Computation (8):786.

[4]Mattias,O.Hong,P.(1995)." A study of the mean filed approach to knapsack problems":2.

[5]عبد الرحمن حسو,مهى.إسماعيل علي,أسيل,"تحديد الحافات باستخدام خوارزمية مستعمرة النمل وتطبيقها على الصور الطبية",(2012),مجلة الرافدين لعلوم الحاسوب والرياضيات(2):64.

[6]Glover, F. and Kochenberger, Gary A. (2003). "Handbook of Meta heuristics," Kluwer Academic.

[7]Saleh, H.A. (2003), ."An Artificial Intelligent design for GPS Surveying Networks"..GPS solutions,(7):101-108.

[8]خالد إبراهيم,سوزان."تحديد الحافات للصور الرقمية باستخدام خوارزميات متطورة" .رسالة ماجستير.جامعة الموصل,كلية علوم الحاسبات والرياضيات.(2005).

[9]Zhao1,p. Zhao2,p.Zhang,X."A New Ant Colony Optimization for the knapsack problem".