المجلة العراقية للعلوم الإحصائية (25) 2013
عدد خاص بوقائع المؤتمر العلمي السادس لكلية علوم الحاسوب والرياضيات
ص ص[330-346]

إيجاد الحلول المثلى لمسألة البائع المتجول باستخدام طريقة التفريع والتحديد وإحدى التقنيات الذكائية مع التطبيق

د.ابتهاج عبد الحميد محمد الكسو * شهد جمال الزيدي**

المستخلص

تم في هذا البحث إيجاد الحلول المثلى لمسألة البائع المتجول باستخدام طريقة التفريع والتحديد فضلا عن استخدام إحدى التقنيات الذكائية ممثلة بمستعمرة النمل المثلى.وتطبيقهما على بيانات سلسلة الـ DNA في إيجاد الحلول المثلى. وقد أثبتت الطريقة الذكائية كفاءتها

Finding optimal solutions to Traveling Salesman Problem by using Branch and Bound method and one of intelligence techniques with application

Abstract

In this research we find an optimal solutions for traveling salesman problem (TSP) using Branch and Bound method as well as we use an intelligence techniques represented by ant colony optimization (ACO) and applied them on the DNA chain data, where the technique method give an optimal solution with high efficiency.

1- المقدمة Introduction

تعد مسألة البائع المتجول احدى مسائل التخصيص التي يعتمدها الشركات او المنشأت في توزيع المهام على العاملين (كافة اداء تلك المهام) او المكائن او الاقسام او فرق العمل لديها، بهدف تقليل كلفة التنقل بالنسبة للبائع وبأقصر مسار امثل، اذ تمثل الشركة بالبائع المتجول والمهام بالمدن التي سيقوم بزيارتها.[3][5]

*استاذ مساعد / قسم بحوث العمليات والتقنيات الذكائية / كلية علوم الحاسوب والرياضيات / جامعة الموصل

**باحثة / قسم بحوث العمليات والتقنيات الذكائية / كلية علوم الحاسوب والرياضيات / جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث 2013/10/10 ـــــــــــــــــــ تأريخ القبول 2013/11/21

تناول العديد من الباحثين مسألة البائع المتجول لأهميتها في الحياة العملية،اذ اقترح الباحث Chaweshly عام 2010 خوارزمية النمل المعتمدة على الطفرة لحل مشكلتي البائع المتجول وجدولة الوظائف اذ اثبت ان نموذج المقترح المناسب لحل المشاكل من نوع NP-Complete وقد اعطت هذه الخوارزمية نتائج جيدة مقارنة مع خوارزمية النمل التقليدية.[8]

وفي عام 2013 قدمت الباحثتان Habeeb&Sadiq طريقة لتحسين مشكلة البائع المتجول باستخدام نظام مستعمرة النمل باستخدام جافا ، اذ تم توليد حلول جيدة وحسب المعامل الارتباط بين عدد المعتمد وعدد مرات التكرار.[14]

وقد وظف الباحث السبعاوي عام 2012 مزايا خوارزمية التفريع والتحديد باعتبارها احدى الطرائق المثلى لحل مسألة البائع المتجول(TSP) اذ ادى تطبقها بالارتباط مع الحل الامثل بسهولة واقتراح بعض التحسينات للوصول الى الحل الامثل بسهولة ويسر .[2]

يهدف البحث الى ايجاد القيمة الاصغرية لسلسة الـDNA لبكتريا القولون ضمن مسار باستخدام طريقتين حدسيتين الاولى طريقة التفريع والتحديد وتتمثل الطريقة الثانية بمستعمرة النمل المثلى.

2- مسألة البائع المتجول Travelling Salesman Problem (TSP)

تكمن مسألة البائع المتجول في العثور على اقصر مسار لمندوب مبيعات شركة ما يبدأ به سفره من المدينة التي انطلق منها ،اذ يقوم هذا المندوب بزيارة جميع المدن الموجودة لديه او المنصوص عليها بالعقد المبرم مع الشركة ومن ثم العودة الى المدينة التي انطلق منها.

ان القيام بهذه الجولة يعتمد بوضوح على ترتيب المدن التي زارها المندوب ، وبالتالي فأن المشكلة هي ايجاد المسار "الامثل" عبر هذه المدن.

وهناك العديد من التطبيقات تقف وراء تخطيط الطريق من قبل البائع المتجول او مندوب الشركة وقد استخدمت مسألة البائع المتجول لفهم العديد من الصياغات الطبيعية لأنها تعد مشكلة نموذجية لتحسين وحل حالات كثيرة جدا من الصعب ان لم يكن من المستحيل حلها. [21][13][9]

3- النموذج الرياضي لمسألة البائع المتجول:-

Mathematical Model for Travelling Salesman Problem

ان جوهر مسألة البائع المتجول عبارة عن نموذج تخصيص يستثني المسارات الفرعية،لذلك فأنه يمكن صياغة النموذج الرياضي لهذه المسألة TSP كالاتي:-

$$\text{Minimize } Z=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}\, x_{ij} \qquad , c_{ij}=\infty \quad \text{for all} \quad i=j$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad i=1,2,\dots,n \qquad \dots (1)$$

$$\sum_{i=1}^{n} x_{ij} = 1 \qquad j=1,2,\dots,n \qquad \dots (2)$$

$$x_{ij} = (0,1) \qquad \dots (3)$$

$$ui - uj + n\ xij \le n-1 \qquad \text{for } i \neq j \ ; \ i=2,3,\dots,n \ ; \ j=2,3,\dots,n \qquad \dots (4)$$

$$u_i \ge 0 \qquad i=2,3,\dots,n$$

أذ تمثل c_{ij} كلفة السفر او المسافة من المدينة (i) الى المدينة (j)، وتكون مسألة البائع المتجول متماثلة symmetric TSP اذا كانت $c_{ij}=c_{ji}$ لكل زوج من المدن j و i وبخلاف ذلك تعد المسألة غير متماثلة Asymmetric TSP ، اما x_{ij} فيمثل القرار وهو على حالتين هما:-

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{اذا تم وصل المدينة } i \text{ بالمدينة } j \\ 0 & o.w \end{cases}$$

وتعرف القيود (3 و2 و1) على انها نموذج تخصيص اعتيادي ،فاذا كان الحل الامثل لنموذج التخصيص (ماعدا القيد الرابع) يمثل مسارا فيعد هو الحل الامثل للمسألة ، ماعدا ذلك فأن القيد(4) يجب ان يؤخذ بعين الاعتبار لضمان الحل للمسار.[2][6][9]

ويعد القيد الرابع مفتاح الصياغة للمسألة اذ ان أية مجموعة x_{ij} تحتوي على مسار فرعي ستكون غير قابلة للتطبيق ومن ثم فأن اية مجموعة لـx_{ij} تمثل مسارا كاملا ستكون قابلة للتطبيق ، كما ان قيمة ui تمثل الموقع في المسار للمدينة i عندما تتم زيارتها(تسلسل المدينة i في المسار) ،يستخدم هذا غالبا في برمجة الحاسبات للتعرف على المسار الكامل ، اما في الحل اليدوي للمسألة فعادة مايتم على المسار بمجرد النظر الى الحل.

ويمكن صياغة القيد الرابع كلاميا عند ايجاد الحل يدوياً بالقول ان "الحل المتكون يجب ان يمثل مسارا متكاملا" او "الحل المتكون يمثل دارة هاميلتون". [2][11]

4- الطريقــة الهنكاريــة Hungarian method

طورت هذه الطريقة لحل مسألة التخصيص حلا أكثر فعالية وذلك بالاعتماد على خاصية رياضية اكتشفها العالم الهنغاري Konig سنة 1957م ومن هنا جاء اسم الطريقة ،و في هذه الطريقة تكون قيم التكاليف Cij غير سالبة. وينص المبدأ الاساس لهذه الطريقة على ان طرح او جمع عدد ثابت من أي صف او عمود في مصفوفة كلفة التخصيص القياسية لا يؤثر في التخصيص الامثل. فمثلا اذا تقلصت كلفة انجاز عمل على آلة معينة الى K دولار فأن دالة الهدف الاصغرية لمسألة التخصيص تصبح كما يأتي:-

$$\min z = \sum_{j=1}^{n}(c_{1j} - k)x_{1j} \qquad \dots \quad (5)$$

$$= \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} c_{ij} - k\sum_{j=1}^{n} x_{1j}$$

:- z لأن الآلة الاولى يخصص لها عمل واحد فقط، فتصبح الدالة

ألا أن $\sum_{j=1}^{n} x_{1j} = 1$

$$z = (\text{القيمة الاصلية}) - k \qquad \dots \quad (6)$$

تهدف هذه الطريقة الى الحصول على افضل تخصيص ممكن لعدد معين من المهام (المدن) على عدد من المكائن (البائع) وذلك عن طريق الحصول على اجمالي تكاليف فرص مساوية للصفر، أي ان افضل تخصيص لمهمة معينة على الة معينة هو الذي يتضمن تكلفة فرصة مساوية للصفر.[7] [16][21]

4-1خطوات الخوارزمية الهنكارية Steps of Hungarian algorithm

تتمثل الخوارزمية الهنكارية بالخطوات الاتية:-

1:- من المصفوفة الاصلية، جد اصغر قيمة من كل صف واطرحها من الصف نفسه.

2:- من المصفوفة الناتجة من الخطوة 1 ،جد اصغر قيمة من كل عمود واطرحها من العمود نفسه.

3:- جد الحل الامثل المرتبط بالعناصر المساوية للصفر في المصفوفة الناتجة من الخطوة 2، ثم اذهب الى الخطوة 8.

4:- اذ لم يوجد حل امثل (مع الاصفار المدخلة) يمكن تأمينه من الخطوة 1 و2، انتقل الى الخطوة 5.

5:- ارسم خطوط مستقيمة على العناصر الاصغرية (الاصفار) بشكل عمودي او افقي ،على المصفوفة الاخيرة بحيث تغطي جميع الاصفار في المصفوفة. فلتكن n تمثل عدد الصفوف او الأعمدة (بما ان المصفوفة مربعة ،عدد الصفوف= عدد الاعمدة) و N تمثل الخطوط المستقيمة العمودية او الأفقية. فاذا كانت n=N اي تم الوصول الى الحل اذهب الى الخطوة 3، اما اذ كانت n<N فأنه لايمكن التخصيص اذهب الى الخطوة 6.

6:- اختر اصغر قيمة غير مغطاة في المصفوفة واطرحها من جميع عناصر المصفوفة الغير مغطاة ،ثم قم بأضافة القيمة المختارة للقيمة الواقعة عند كل تقاطع للخطين المرسومين .

7:- اذ لم تستطع ايجاد حل امثل من الاصفار الناتجة في المصفوفة اذهب الى الخطوة 4 ، والا فأذهب الى الخطوة 3 لحساب الحل الامثل.

8:- التوقف.

5- طريقة التفريع والتحديد:. Branch & Bound method(BB)

تبدأ فكرة هذه الطريقة بالحل الأمثل المرتبط بمسألة التخصيص فأذا كان الحل يمثل مسارا تنتهي العملية، ماعدا ذلك يصار الى فرض قيود لإزالة المسارات الفرعية اذ ان كل تفريع يمثل وضع احد متغيرات المسارات الفرعية مساوية للصفر.

وقبل حل المسألة يتم تعيين الحد الأعلى وذلك بتحديد أي مسار متصل (لا يحتوي مسارات فرعية) واستخدام كلفته كحد اعلى ويرمز له بالرمز (Z0) ويفضل استخدام الحدسيات لأنها تنتج أفضل حد اعلى من أي مسار،ثم تحل المسألة باعتبارها مسألة تخصيص اعتيادية فاذا كان الحل يمثل دارة هاميلتون (لا يحتوي على مسارات فرعية) يتم التوقف ويعد هو الحل الأمثل ،أما إذا احتوى على مسارات فرعية فيتم تعين الحل الناتج كحد أدنى (Lower bound) ويرمز له (Z□).

إن حساب الحدود العليا والدنيا يشير إلى وجود المسار الأمثل في المدى (Z_1 ,Z0)وان أي حل ينتج مسارا اكبر او مساوٍ للحد الأعلى سوف يهمل، ثم يتم اختيار إحدى المسارات الفرعية لتفريعها ويفضل ان يحتوي المسار الفرعي المختار على اقل عدد من المدن(العقد) لتقليل عدد التفرعات ومن ثم إزالته عن طريق تمزيق حلقته في شجرة البحث، وبذلك تكون عدد التفرعات بقدر الحافات الموجودة في المسار الفرعي الذي تم اختياره، بعدها يتم اختيار إحدى التفرعات وتحذف الحافة للتفريع المختار وذلك يجعل $X_{ij}=0$ وتخصيص كلفة لا نهائية للمتغير المتفرع، وتحل مسألة التخصيص الناتجة بعد حذف الحافة ويشار لقيمة دالة الكلفة بالرمز (Z) الذي يقارن حله مع الحد الاعلى (Z0)، فإذا كان الحل الناتج اكبر او مساو للحد الاعلى ($Z \geq Z0$) يهمل الحل الناتج ويتم اختيار تفريعا أخر، إما إذا كان الناتج اقل من الحد الأعلى ($Z < Z0$) فهنالك حالتين هما:

1) الحالة الأولى:ـ اذا كان الناتج يمثل دارة هاميلتون فيتم تحديد الحد الأعلى باعتبار الحل الناتج هو الحد الاعلى ويتم اختيار تفريع آخر لحله والاستمرار لحين ايجاد حل افضل من الحد الاعلى،وفي حالة عدم وجود حلول افضل من الحد الاعلى فيعد الحد الاعلى هو الحل الامثل للمسألة.

2) الحالة الثانية اذا كان الحل الناتج لا يمثل دارة هاميلتون فيتم اختيار احدى المسارات الفرعية وتفريعه والاستمرار لحين الوصول الى الحل الامثل بشرط عدم بقاء اية مسألة فرعية غير محلولة في شجرة البحث.[2][17]

5-1 خطوات خوارزمية التفريعو التحديد:ـ

تتمثل خوارزمية التفريع والتحديد بالخطوات الاتية :-

1:- انشاء مسار عملي ابتدائي باستخدام الحدسيات او باستخدام المسار Xo والذي يمثل $1 \to 2 \to \ldots \to n \to 1$ وتعيين $Z0 = C12+C23+\ldots+Cn1$ كحد أعلى.

2:- حل مسألة التخصيص المرتبطة فأذا كان الحل يمثل دارة هاميلتون يتم التوقف ويكون هو الحل الأمثل ،وإلا سيتم تعيين قيمة الدالة (Z0) كحد ادنى.

3:- اختيار مسار فرعي بأصغر عدد من العقد وليكن (k) عقدة وبترتيب $i(1),\ldots,i(k)$ اذ ان $k<n$ اذ يكون الحل السابق :-

$$Xi(1),i(2)=Xi(2),i(3)= \ldots =Xi(k-1),i(k)=Xi(k),i(1)=1$$

4:- التفريـع : تعيـين (k) مـن المسـائل الفرعيـة بحـذف كـل حافـة فـي المسـار الفرعـي المختـار وبالتتابع وذلك بجعل

Xi(1),(2)=0 or Xi(2),(3)=0 or … Xi(k),i(1)=0

5:- اختيـار مسـألة فرعيـة لحلهـا، وحـل مسـألة التخصـيص المرتبطـة بوضـع Cij=∞ للحافـة المحذوفة ويؤشر الحل بـ(X و Z).

6:- a: اذ كان Z< Z0 ولكن الحل لا يمثل دارة هاميلتون (توجد مسارات فرعية)، اذهب الى الخطوة (3).

b: اذ كـان Z< Z0 ولكن الحـل يمثل دارة هـاميلتون (أي لاتوجـد مسـارات فرعيـة) فنقـوم بتجديد الحل (الحد الاعلى والمسار) بجعل Z0=Z و Xo=X ، اذهب الخطوة (7).

c: اذ كان Z> Z0 اذهب الخطوة (7).

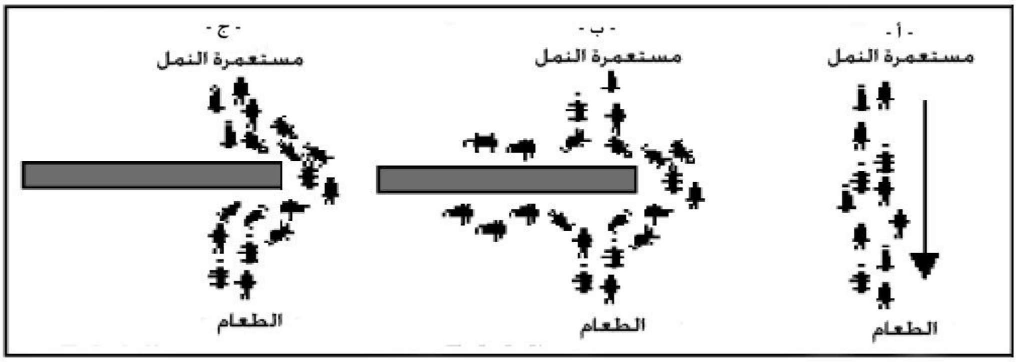
7:- اما اذا كان هناك مسائل فرعيـة غير محلولـة اذهب الـى الخطـوة (5) ، والا توقـف ، والحـل الامثل هو (X0 و Z0). [2][17]

6- تقنية مستعمرة النمل الاصطناعي المثلى

Optimum Artificial Ant colony Technique

تعتمد هذه االتقنية على مستعمرة النمل في الطبيعة التي تكون قادرة على اكتشاف اقصر الطرق بـين العـش(القفيـر) ومصـادر الغـذاء بكفـاءة عـن طريـق افـراز نـوع مـن الـروائح العطرية(الفيرمونpheromone) فكلما زادت الرائحة العطرية في مسار معين وكانت اكثر من المسـارات الاخـرى فهـذا يـدل علـى ان هـذا المسـار هـو المسـار الاقصـر، لـذا يـتم اسـتغلال السـلوكيات الغريبـة للنمـل الحقيقـي بوسـاطة النمـل الاصـطناعي عـن طريـق الاقتـران بـين اليـة التحفيز Catlytic Outo(التغذية العكسية الايجابية Positive feedback) وبين التقييم الضمني للحل Implicit evaluation of solution الذي يقصد به ان حقيقة المسار الاقصر الذي سيتم اختياره من قبل النمل الاصطناعي سيكون انجازه في وقت اقل من المسار الاطول، لذا فأن النمل يستلم الراحة العطرية (الفيرمون) من المسار الاقصر اسرع من المسار الاطول.
ويعد التقييم الضمني للحل المقترن مع الية التحفيز ذو فعالية عالية في ايجاد المسار الاقصر اذ كلمـا كـان افـراز (الفيرمـون) عـاجلا كلمـا ازداد عـدد النمـل المسـتخدم للمسـار الاقصـر واذا

استخدم التحفيز بشكل قياسي فأنه سيكون ذو فعالية قوية في المجتمعات المعتمدة على الخوارزمية المثلى، والشكل (1) يمثل سلوك النمل في ايجاد الطريق الى مصدر الطعام.

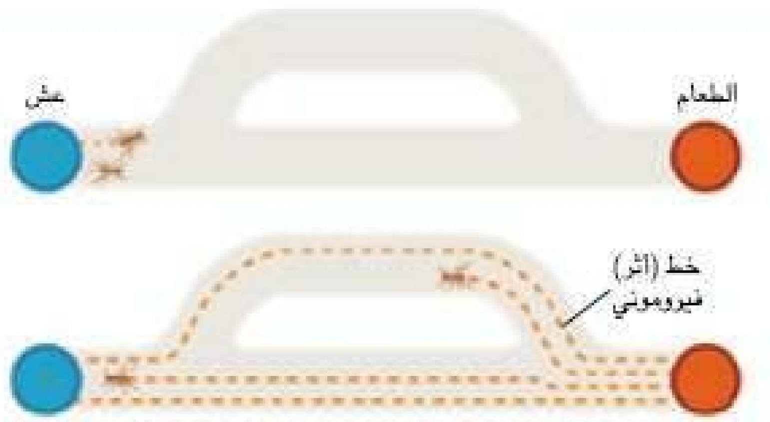


الشكل(1): سلوك النمل في إيجاد الطريق إلى مصدر الطعام

ويحاكي نظام النمل الاصطناعي سلوك النمل الحقيقي في الطبيعة من خلال تقنيتي التعاون والتدريب. اذ قام العلماء Dorigo et,al (1996) بأيجاد هذا النظام Artificial ant system (ACS) كنوع من الحدسيات الجديدة المستخدمة في حل مسائل الامثلية المركبة والتي تسمى بمستعمرة النمل المثلى Ant colony optimization(ACO) اذ تسمح للنظام باستخدام التغذية العكسية الايجابية بين الافراد. [5][10][12][15][19]

7- مستعمرة النمل ومسألة البائع المتجول Ant colony And TSP

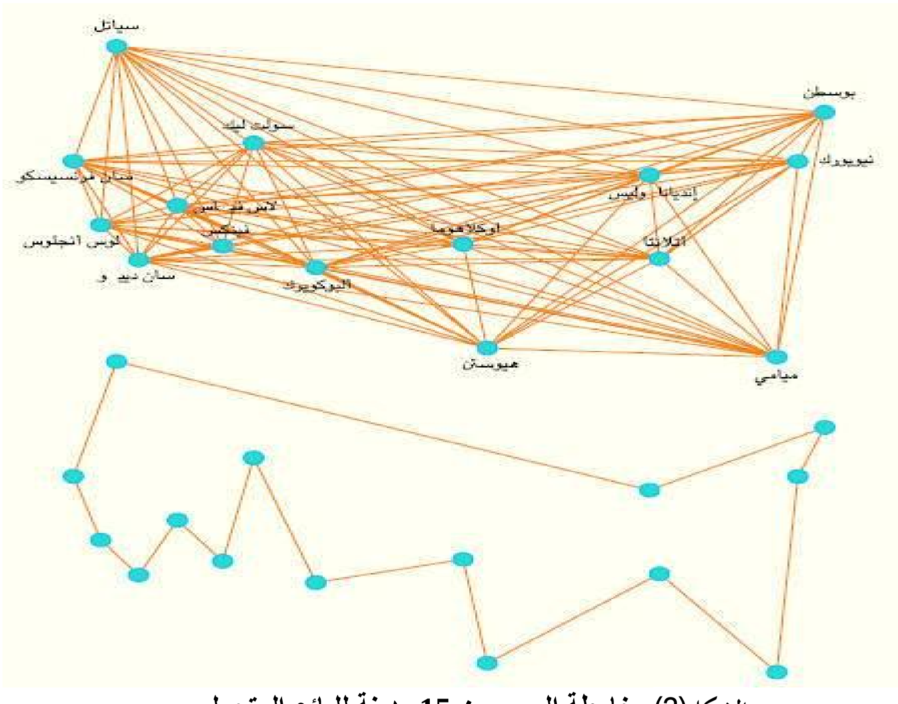
في تجربة أجرها Dorigoعلى النمل الأرجنتيني الذي يحمل اسم Linepithema humile ،قام بصنع قنطرة ذات فرعين أحداهما له ضعف طول الفرع الآخر لاستخدامها معبرا بين المستعمرة ومصدر الغذاء. وفي غضون دقائق كان نمل المستعمرة يختار في معظم الوقت الفرع الأقصر. ولقد تحقق الباحث من أن النمل يترك أثارا من الفيرمون ويتتبعها في بحثها عن الغذاء. وبديهي أن يكون أسرع النمل رجوعا قادما من مصدر الغذاء هو الذي سلك الطريق الأقصر ذهابا وإيابا. ولما كان هذا الطريق الأسبق اكتسابا لكمية مضاعفة من الرائحة العطرية (الفيرمون) فأن باقي النمل في المستعمرة سوف ينجذب أليه،و الشكل (2) يوضح ذلك.



الشكل(2): سلوك الطريق الاقصر من قبل النمل ذهاباً واياباً الى المستعمرة

ويتبين من الشكل(2) ان الطريق الاقصر سيكون هو الاسرع بالرجوع الى القفير بسبب رائحة (الفيرمون) المتبقية في الطريق إذ تكون اقوى فيه، وبذلك سوف ينجذب اليه بقية النمل.[10][12]

وفي مسألة البائع المتجول Travelling salesmen problem يكون على البائع أيجاد اقصر طريق ممكن بين العديد من المدن التي سيتم زيارتها من دون تكرار. ان هذه المسألة القديمة بالغة الصعوبة فثمة بلايين الاحتمالات للمسير من لـ15 مدينة فقط وهي !(n-1) و الشكل (3) يوضح ذلك. [12][15][18]



الشكل(3): خارطة السير بين 15 مدينة للبائع المتجول

7-1 خوارزمية النمل لحل مسألة البائع المتجول

Steps for ACO algorithm to solve TSP

كل نملة من النمل تستخدم المادة العطرية (الفيرمون) وحدسها في البحث والانتقال بين المواقع التي يتواجد فيها الغذاء. ويمكن الاستفادة منها في حساب احتمالية الانتقال من منطقة الى اخرى في مسألة البائع المتجول كما موضح في الخطوات الاتية:-

1:- عرف مصفوفة المسافات او الكلف والتي يرمز لها بالرمز D.

2:- ادخل المدن المساوية اعدادها لحجم المصفوفة وكذلك اعداد النمل المساوية لاعداد المدن.

3:- احسب الدالة الحدسية ηij والتي تساوي مقلوب المسافة من العلاقة الاتية:-

$$\eta_{ij} = 1./d_{ij} \qquad \dots (7)$$

اذ ان :-

i : العقدة او المدينة التي تكون فيها النملة، وj العقدة او المدينة التي ستنتقل اليها النملة.

dij : المسافة بين العقدة i والعقدة j .

4 :- ادخل قيم α وβ وp: اذ ان α وβ ثابتان يمثلان متغيرا التحكم ويحددان اهمية العلاقة بين (الفيرمون) والدالة الحدسية وقيمة لـp تمثل معلمة تبخر الفيرمون، اذ ان p€(0,1] تشير الى الحافات التي مرت بها النملة من بداية جولتها الى موقعها الحالي، وادخل عدد التكرارات المطلوبة.

5: احسب احتمالية انتقال كل نملة من مدينة الى اخرى كما في المعادلة الاتية:-

$$p_{ij}^{k} = \begin{cases} \dfrac{\tau_{ij}{}^{\alpha} \cdot \eta_{ij}{}^{\beta}}{\sum_{j \in N_i^k} \tau_{i1}{}^{\alpha} \cdot \eta_{i1}{}^{\beta}} & if\ j \in N_i^k \\ 0 & otherwise \end{cases} \qquad \dots (8)$$

6: يبدأ الفيرمون بالتبخر من جميع الحافات عند تحرك النملة k وحسب العلاقة الاتية:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1-p)\tau_{ij} \quad ; \forall (i,j) \in A \qquad \dots (9)$$

7: بعد انتهاء كل نملة من جولتها يتم تحديث الفيرمون وكما في المعادلة الاتية:

$$\tau_{ij} = (1-p)\tau_{ij} + \sum_{k=1}^{N} \Delta\tau_{ij}^{k} \quad \ldots\ldots \quad (10)$$

اذ ان:-

$\Delta\tau_{ij}^{k}$:التغير في كمية الفيرمون الذي يحسب كما من المعادلة الاتية:-

$$\Delta\tau_{ij}^{k} = \frac{Q}{L_k} \quad \ldots (11)$$

أذ أن:-

Q: قيمة ثابتة تعمل على تحديد مقدار الزيادة في كمية الفيرمون في نطاق محدد.

L_k : الطريق الذي تقطعه النملة k.

8: تتوقف الخوارزمية عند انتهاء عدد التكرارات. اذ ان كل تكرار عموما يمثل دورة كاملة تشمل حركة النمل وتبخر الفيرمون.[15][18]

8- الحامض النووي الرايبوزي منقوص الاوكسجين

Nucleic Acid (DNA) Deoxyribo

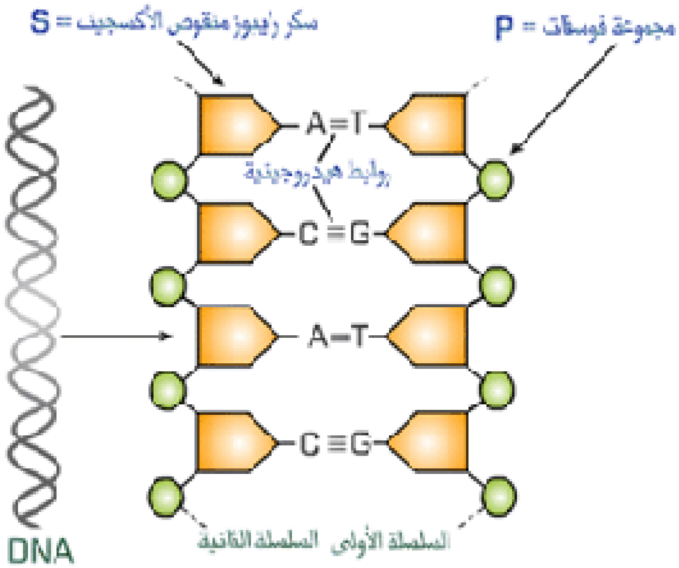
بدأ الاعتقاد عام (1953) بأن الحامض النووي الـ DNA هو المادة الوراثية عندما قام العالمان واتسن وكريك (J. Watson and F. Crick) بوضع نموذج للتركيب الرائع لهذا الحامض والذي يوضح مصادر صلاحية هذا الحامض لأن يكون المادة الوراثية .

وتتمثل أهمية الـ DNA في انه يشكل مادة وحدات الوراثة المسماة بالمورثات أو الجينات (Genes) وهذه بدورها تتحكم في الصفات الوراثية و بجميع الأنشطة التي تقوم بها الخلايا.

ويعرف الـDNA على انه جزيئة كبيرة مسؤولة عن حمل الصفات الوراثية ولـه القدرة على مضاعفة نفسه Self_ duplication بنفس تركيبه السابق.

يتكون الحامض النووي (DNA) من خيطين مجدولين مع بعضهما بواساطة قطع صغيرة موصولة ببعضها تسمى النيوكليوتيدات Nucleotides يمكنها أن ترتبط بروابط تساهمية بأي نظام لتكوين نظام طويل عديد الوحدات Long polymer. . مما يعطي للحامض النووي شكل

لولبي يعرف باسم الحلزون الثنائي (Double Helix) .و الشكل(4) يوضح تركيب الـDNA. [1][4][22][20]



الشكل(4): شكل توضيحي لتركيب الـ DNA

9-الجانب التطبيقي

في هذا الجانب :تم أستعراض مصفوفتين لسلسلة الـDNA لجرثومة بكتريا القولون واللتان تمثلان مصفوفات الانتقال التكرارية (ازواج Oij ، رباعيات Oijkl) للقواعد النتروجنية. و من خلال التطبيق ثم عرض النتائج لكل من الطريقتين (التفريع والتحديد ومستعمرة النمل المثلى) على هذه المصفوفاتو المقارنة بين هاتين الطريقتين للحصول على افضل قيمة اصغرية لهذه السلسلة.[1]

1- مصفوفة الانتقال التكرارية لازواج القواعد النتروجنية Oij:

i \ J	A	C	G	T
A	123	120	128	127
C	122	121	144	111
G	154	142	153	97
T	98	116	121	80

2- مصفوفة الانتقال التكرارية لرباعيات القواعد النتروجينية Oijkl:

kl / ij	AA	AC	AG	AT	CA	CC	CG	CT	GA	GC	GG	GT	TA	TC	TG	TT
AA	15	18	12	10	9	8	5	6	22	11	19	10	9	7	4	1
AC	9	16	8	11	8	12	3	7	6	8	7	2	4	5	5	5
AG	13	13	9	5	5	11	12	2	8	6	1	5	1	0	1	5
AT	4	9	9	7	3	11	8	2	8	8	17	11	3	7	10	3
CA	6	4	11	6	5	6	7	8	12	11	10	6	5	9	2	4
CC	8	7	18	8	4	4	7	6	9	7	13	4	5	3	11	5
CG	9	5	4	5	12	12	13	11	16	15	14	15	7	8	4	3
CT	2	5	14	4	3	2	13	5	4	4	19	6	1	11	15	5
GA	11	3	7	7	18	8	5	13	9	5	4	3	24	7	4	21
GC	11	6	7	6	7	11	12	10	11	7	21	9	10	9	17	8
GG	2	10	7	4	9	13	5	9	4	13	0	9	6	15	14	9
GT	6	2	7	2	9	5	11	9	12	4	7	8	2	2	12	5
TA	5	2	1	10	2	4	0	4	10	11	5	3	4	2	1	6
TC	10	7	7	11	5	7	4	9	3	3	3	6	6	8	8	6
TG	12	7	16	7	18	12	15	8	14	10	10	3	6	15	1	3
TT	3	8	10	2	4	9	2	5	2	6	11	5	4	6	2	2

والجدول (1) يوضح النتائج التي تم التوصل اليها بعد تطبيق خوارزميتي و(1-5) و(1-7) على مصفوفتي سلسلة الـDNA وعلى النحو الاتي:

الجدول(1): نتائج تطبيق الخوارزميتين على مصفوفتي سلسلة الـDNA

المصفوفة / الخوارزمية	Oij	Oijkl
Branch & Bound	459	42
ACO	459	42

10- الاستنتاجات و التوصيات

10-1 الاستنتاجات

خَلُصَ البحث الى عدد من الاستنتاجات نوجزها بالاتي:-

1- يلاحظ من الجدول (1) تطابق نتائج الخوارزميتين بالنسبة لمصفوفتي الازواج Oij والرباعيات Oijkl.

2- توصلت خوارزمية النمل المثلى ACO الى القيم الاصغرية لمصفوفتي سلسلة الـDNA بشكل اسرع من خوارزمية التفريع والتحديد ،وبذلك تعد هذه الطريقة الافضل من بين الطرائق المستخدمة.

3- في حالة كبر حجم المصفوفات يفضل استخدام التقنيات الذكائية بسبب وجود التكرارات التي تؤدي الى الحل الامثل او القريب منه بوقت قليل، اذ ان زيادة عدد التكرارات بأستخدام خوارزمية مستعمرة النمل المثلى تؤدي الى الحصول على قيمة اصغرية اسرع من القيم الاصغرية التي يتم الحصول عليها من بقية الخوارزميات مع التأكيد بثبات القيمة فيما لو طبقت على نفس المصفوفة.

4-ان القيمة الاصغرية المستحصلة من تطبيق الخوارزميتين (مستعمرة النمل المثلى والتفريع والتحديد) على المصفوفات الكبيرة الحجم (الرباعيات) لسلسة الـDNA اقل من القيمة الاصغرية المستحصلة من تطبيقهما على المصفوفات الاصغر حجما (الازواج) لنفس السلسلة.

10-2 التوصيات

في ضوء الاستنتاجات التي تم التوصل اليها اعلاه يوصى بالأتي:

1- أستخدام خوارزمية مستعمرة النمل في المصفوفات ذات الحجم الكبير وكذلك يوصي استخدامها في حل مسائل من نوع Np-complete .

2- يمكن تطبيق الخوارزمية الجينية ايضا في هذا البحث ومقارنة نتائجها مع مستعمرة النمل - المثلى.

3- اقتراح خوارزميات مهجنة بين التفريع والتحديد وخوارزمية النمل ومقارنتها مع الخوارزميات المستخدمة في هذا البحث.

المصادر References

أ - المصادر العربية

1- الازدي، ايمان سليمان محمد،(2002)، " **تقدير رتبة سلاسل ماركوف مع التطبيق على سلاسل DNA** " رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ،جامعة الموصل.

2- السبعاوي ،احمد محمود محمد،(2012)، "**استخدام خوارزمية التفريع والتحديد والخوارزمية الجينية في حل مسألة البائع المتجول**" مجلة العراقية للعلوم الاحصائية ،جامعة الموصل.

3- الشمرتي ،حامد سعد نور و الزبيدي، علي خليل.(2007)، "**مدخل الى بحوث العمليات**"، دار مجدولاي للنشر والتوزيع ، عمان، الاردن.

4- تاج الدين،د.سعد جابر والعيسى، د.عبد النبي هادي (2000) ،" **الخلية والوراثة الجزء الثاني علم الوراثة**"، الطبعة الثانية، جامعة البصرة.

5- محمود، محمود صبحي ،(2011) ، "استخدام خوارزميتي النمل والتنظيم الذاتي في كشف وتصنيف التطفل في شبكات الحاسوب" رسالة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسبات والرياضيات ،جامعة الموصل.

6- نعوم، جيهان هشام ،(2006)، "مصفوفة الانتقال لمسألة البائع المتجول " رسالة ماجستير، جامعة التكنولوجية، بغداد.

ب - المصادر الاجنبية

7- Burkad R,Dell'Amico M and Martello S ,(2009), **"Assignment Problems"**, Society for Industrial and Applied Mathematics ,Philadephia .

8- Chaweshly, Dr. Saran Akram,(2010**), " Proposal of Mutation-Based Bees Algorithm (MBA) to Solve Traveling Salesman & Jobs Scheduling Problems"**, journal Eng. & Tech.,vol28, University of Salahddien /Erbil.

9- Davendra ,Donald ,(2010),**"Traveling Salesman Problem, Theory and Applications",** Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia.

10-Dorigo,M.,Birattari,M.andStuzle,T.,(2006),**“Ant Colony Optimization and swarm Intelligence”**, LNCS sublibray:SL1-Theoretical computer science and Issues ,Germany.

11-Froushani , Mahshid Abtahi and Yusuff Rosnah Mohd.,(2009) **, "Development of an Innovative Algorithm for the Traveling Salesman Problem (TSP)",** European Journal of Scientific Research **,** ISSN 1450-216X Vol.29 No.3, pp.349-359.

12- Gambardella, L.& Dorigo M.(1997**) “Ant Colony System : ACooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem”**, University Libre de Bruxelles ,Belgium, Accepted for publication in the IEEE Transactions on Evolutionary Computation,Vol.1, No.1, In press.

13-Gutin, Gregory and Punnen, Abraham P., (2004)," **The Traveling Salesman Problem and Its Variations (Combinatorial Optimization)"** , KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, New York

14-Habeeb,Shatha and Sadiq,Zainab **"Optimize TSP using Ant Colony System using Java"**,joural of Iraqi journalist Academic, Baghdad.

15- Hlaing ,Zar Chi Su Su, and Khine ,May Aye ,(2011)” **An Ant Colony Optimization Algorithm for Solving Traveling Salesman Problem**”, International Conference on Information Communication and Management
IPCSIT vol.16 , IACSIT Press, Singapore.

16- Kuncheva, Ludmila I. ,(2010)**“Full-class set classification using the Hungarian algorithm”,** journal of Int. J. Mach. Learn. & Cyber.1:53–61.

17- Labb´e ,Martine and Yaman ,Hande , Gourdin, Eric,(2005) **“A branch and cut algorithm for hub location problems with single assignment”** journal of Math. Program., Ser. A 102: 371–405 .

18- Merkel, D. ; Middendorf, M. and Schmeck, H. (2000) **“Pheromone Evaluation in ant colony optimization”**, Institute for applied Computer Sciences and Formal description methods(AIFB), University of Karlsuhe,D-67135 Karlsuhe ,Germany.

19- Ostfeld ,Avi,(2011),“**Ant Colony Optimization - Methods and Applications”** Published by InTech ,Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia.

20- Robinson, Richard ,(2003)**,“genetics”,** Macmillan Reference USA, Vice President and Publisher. LIBRARY OF CONGRESS CATALOGING- IN-PUBLICATION DATA.

21- Taha,H.A.,(2007**)," Operations Research An Introduction "** ,Pearson Precintle hall, 8th Edition ,New Jersey , USA .

22- Tutton ,Richard and Corrigan, Oonagh,(2004),“**Genetic databases: Socio-ethical issues in the collection and use of DNA”,** First published by Routledge,11 New Fetter Lane, London EC4P 4EE,Simultaneously published in the USA and Canada ,by Taylor & Francis Inc.