المجلة العراقية للعلوم الاحصائية (11) 2007
ص ص [139-152]

استخدام الخوارزمية الجينية في حل مسألة النقل

بان أحمد حسن متراس* همسة معن محمد ثابت**

المستخلص

انصب اهتمام هذا البحث على دراسة الخوارزمية الجينية التي تعد أحد أساليب الذكاء الاصطناعي الحديثة وتطبيقها على مسألة النقل، حيث تم اقتراح خوارزمية نقل جينية لحل مسائل النقل وأدى تطبيقها على مسائل النقل المتوازنة الى إيجاد عدد من الحلول بعدد مرات التوليد من ضمنها الحل الأمثل (أقل كلفة كلية ممكنة). وتم أيضاً اقتراح طفرة جديدة من خلال خوارزمية النقل الجينية، أدى استخدامها إلى تحسين كبير في النتائج (تقليل قيمة الكلفة الكلية).

Using Genetic Algorithm in Solving Transportation Problem

ABSTRACT

This research concentrates on the study of genetic algorithm which is regarded as one of the approaches of modern artificial intelligence, an algorithm is suggested to transfer a gene to solve the problems of transportation. The application of this algorithm to the matters of balanced transportation led to a number of solutions equal to the number of generation including the most ideal solution (the least possible total cost). In addition, a new leap is suggested through the algorithm of genetic transference whose use led to tangible importance in the results (reducing the value of the total cost).

* جامعة الموصل- كلية علوم الحاسبات والرياضيات-قسم الإحصاء

** مدرس مساعد/ كلية الاداب

تاريخ التسلم : 30/ 5 /2005 ـــــــــــــــــــــــــ تاريخ القبول : 8/ 11 /2005

1. المقدمة (Introduction):

إن النقل يؤدي دوراً رئيساً ومهماً في تقدم الدول بوصفه أحد الركائز المهمة في البنيان الاقتصادي. وعلى مستوى المنشأة سواء أكانت إنتاجية أم خدمية فإن النقل يُعد من الفعاليات الاقتصادية المهمة التي تقوم بها تلك المنشأة، فهو عملية مكملة للعملية الإنتاجية. لذا فإنه يصبح من المتوقع أن تبذل المنشأة قصارى جهدها في إيجاد أفضل السبل لتقليص كلفة النقل التي تتحملها المنشأة وتظهر في سعر المُنتج وتؤثر في المستهلك. ولا يعني تقليص الكلفة أن تتأثر دقة الأداء أو نوعيته وإلا تضاعفت خسارة المنشأة. ولقد بات من الضروري في الوقت الحاضر أكثر من أي وقت مضى أن تخضع عمليات النقل لتخطيط علمي يهدف إلى السيطرة على تكاليف النقل المتزايدة مع الحفاظ على تلبية الطلب بأسرع وقت ممكن وأفضل وسيلة ممكنة . [4]

إن نموذج النقل هو أسلوب خاص ويمكن استخدام البرمجة الخطية في إيجاد الحل الأمثل وأول من توصل إلى هذا الأسلوب هو العالم الرياضي (Hitchcok) في عام 1941. إذ تهدف نماذج النقل إلى تقليل كلفة النقل لبضاعة ما تتوافر لدى مجموعة من مصادر التجهيز (Sources) لتوزيعها على مجموعة من مراكز الطلب (Destinations) لتلبية احتياجات تلك المراكز بشرط أن يكون العرض من قبل مصادر التجهيز، والطلب من قبل مراكز الطلب، معروفاً مقدماً.

ولغرض إكمال متطلبات نموذج النقل نحتاج إلى توضيح ما يأتي:

1) يجب أن تكون الكميات المتوافرة لدى مصادر التجهيز والكميات التي تحتاج اليها مراكز الطلب المختلفة معروفة.

2) نفترض أن هناك (m) من مصادر التجهيز $(S_1,S_2,\ldots,S_m)$ والكميات المتاحة لدى كل مصدر هي $(a_1,a_2,\ldots,a_m)$ وبصيغة عامة:

$S_i,\ i=1,2,\ldots,m;$
$a_i,\ i=1,2,\ldots,m$

3) نفترض أن هناك (n) من مراكز الطلب $(D_1,D_2,\ldots,D_n)$ التي تحتاج الى الكميات $(b_1,b_2,\ldots,b_n)$ المتوافرة لدى مصادر التجهيز وبصيغة عامة:

$D_j, j=1,2,\ldots,n$
$b_j, j=1,2,\ldots,n$

4) هناك أيضاً تكاليف نقل، فكلفة نقل وحدة واحدة من مصدر التجهيز (S_i) إلى مركز الطلب (D_j) هي (c_{ij}):

$c_{ij},\ i=1,2,\ldots,m\ ;\qquad j=1,2,\ldots,n$

5) نفترض أن الكمية المنقولة من مصدر التجهيز إلى مركز الطلب هي x_{ij}.

6) إن الهدف من نموذج النقل هو تحديد عدد الوحدات المنقولة من مصدر التجهيز إلى مركز الطلب بحيث تكون كلفة النقل الإجمالية أقل ما يمكن.

ويمكننا التعبير رياضياً عن نموذج النقل المستوفي للافتراضات أعلاه كالآتي:

$$Minimize\ z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}x_{ij}$$

إذ تعبر عن دالة الهدف لعملية النقل وبأقل كلفة ممكنة. فالمطلوب هو إيجاد قيم (x_{ij}) التي تجعل مجموع التكاليف الكلية (z) أقل ما يمكن،علماً بأنه هنالك محددات ينبغي مراعاتها عند حل النماذج المتعلقة بالنقل وهي:

$$(1)\ \sum_{j=1}^{n} x_{ij} = a_i \quad , \qquad (2)\ \sum_{i=1}^{m} x_{ij} = b_j$$

ولكي يكون الحل المتوصل إليه أساسياً فإن كل نموذج من نماذج مسألة النقل يجب أن يحتوي على (m+n-1) من المتغيرات، وهنالك عدة طرائق للتوصل الى حل ابتدائي اساسي لمسألة النقل:[6]

- طريقة الركن الشمالي الغربي (The North-West Corner Method)
- طريقة أقل كلفة (The Least Cost Method)
- طريقة فوجل التقريبية (Vogel's Approximations Method)

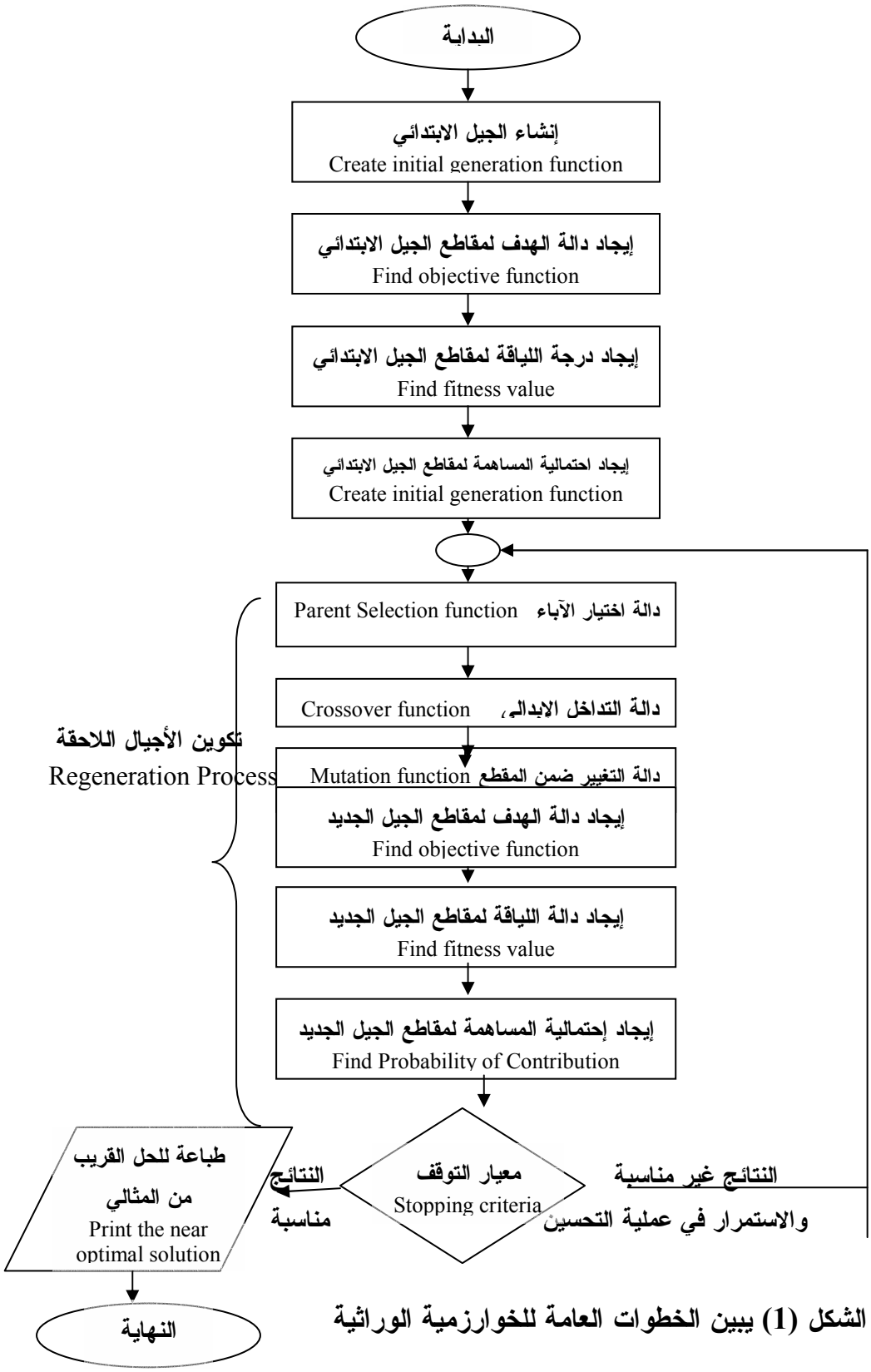
ولأجل التأكد من مثالية الحل المتوصل إليه أو لتحسينه في حالة كونه غير مثالي، نورد الطريقتين الاتيين:[9]

- طريقة الحجر المتحرك (Stepping Stone Method)
- طريقة التوزيع المعدل (Modified Distribution Method)

إن من العوامل التي ساعدت اختصاصي بحوث العمليات في حل المسائل المعقدة هو تطور الحاسبة الإلكترونية، إذ ساعد تطورها الباحثين في تنفيذ التحليلات والدراسات المطلوبة بسرعة فائقة، وأدى الى تطوير خوارزميات جديدة تهدف إلى حل هذه المسائل التي عجزت النماذج الرياضية عن حلها ويطلق على هذه الخوارزميات اسم (خوارزميات الأمثلية)، وتعد الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm) واحدة من هذه الخوارزميات، وهي خوارزمية ذكية اعتمدت على أفكار مستنبطة من علم الوراثة لإيجاد وتحسين حل المسائل المعقدة التي تدخل في العديد من المجالات لاعطاء حل ابتدائي للمسألة أو لتحسين حل موجود مسبقاً، وتهتم بشكل عام بكيفية إنتاج أفراد جدد يمتلكون صفات معينة من خلال التداخل الذي يحصل على المجموعات الموروثة بهدف تكوين أفراد جدد[7]

2. الخوارزمية الجينية (Genetic Algorithm GA):

تتضمن الخوارزمية الجينية عدداً من الخطوات الأساسية، هذه الخطوات تكون مترابطة بعضها مع البعض الآخر، ولا يمكن تطبيق هذه الخوارزمية على أية مسألة ما لم تطبق جميع هذه الخطوات وإلاّ تفقد الخوارزمية الجينية قيمتها وفائدتها في إيجاد أو تحسين الحل والشكل (1) يوضح المخطط العام للخوارزمية الجينية.[1]



الشكل (1) يبين الخطوات العامة للخوارزمية الوراثية

3. خطوات خوارزمية النقل الجينية المقترحة (Steps of the proposed GTA):

من المعروف أن الخوارزمية الجينية خوارزمية ذكية تقوم بانتخاب الحلول المفضلة من بين عدد كبير من الحلول وإجراء بعض التداخلات والتبديلات بين هذه الحلول بهدف تكوين حلول أفضل. وكما ذكرنا سابقاً أن الخوارزمية الجينية تتضمن عدداً من الخطوات الأساسية لحل مختلف المسائل. ويكون الاختلاف في أسلوب صياغة وتطبيق كل خطوة من هذه الخطوات حسب المسألة ومجال تطبيقها وفي الآتي توضيح لخطوات خوارزمية النقل الجينية المقترحة:

(1) البيانات الأولية (Initial Data): وهي قراءة لقيم متغيرات مسألة النقل وتتضمن:

* مصفوفة الكلفة (C) : اذ تمثل عناصرها كلفة نقل الوحدة الواحدة من مصادر التجهيز

إلى مراكز الطلب في مسألة النقل قيد الدراسة.

* مصفوفة العرض (S): والتي تمثل عناصرها الكميات المعروضة في مصادر التجهيز وعددها n.

* مصفوفة الطلب (D): وتمثل عناصرها الكميات المطلوبة من قبل مراكز الطلب وعددها m.

(2) إنشاء الجيل الابتدائي (Initial Generation): ويعد النقطة الأولى لحل المسألة، وتتم عملية بناء الجيل الابتدائي بطريقة عشوائية ويرمز للجيل في البرنامج بالمصفوفة x (:,:,i) حيث تمثل (x) كمية المواد المتوافرة في مصادر التجهيز التي وزعت توزيعاً عشوائياً على مصادر الطلب المختلفة.

ويمثل طول الكروموسوم بعدد قيم x. (حيث أن كل جين من جينات الكروموسوم يمثل قيمة من قيم x). وكما هو موضح في الشكل (2) لمسألة نقل أبعادها (3x2):

x_{11}	x_{12}	x_{21}	x_{22}	x_{31}	x_{32}

الشكل المرقم (2) مقطع مسألة النقل

(3) دالة الهدف (Objective Function): في هذه الخطوة نحسب دالة الهدف الخاصة بالمسألة ولكل مقطع من مقاطع الجيل، ودالة الهدف في مسألة النقل عبارة عن مجموع حاصل ضرب كلفة نقل الوحدة الواحدة من الكمية الموزعة من مصادر التجهيز إلى مراكز الطلب وحسب المعادلتين الآتيتين:

$$Z_{i+1} = \text{sum (sum (xx(:,:,i+1)*C))}$$
$$Z_{i+2} = \text{sum (sum (xx(:,:,i+2)*C))}$$

حيث تمثل xx(:,:,i+1) و xx(:,:,i+2) الأجيال اللاحقة (أي الكميات الموزعة عشوائياً بعد إجراء عمليات الخوارزمية الجينية عليها).

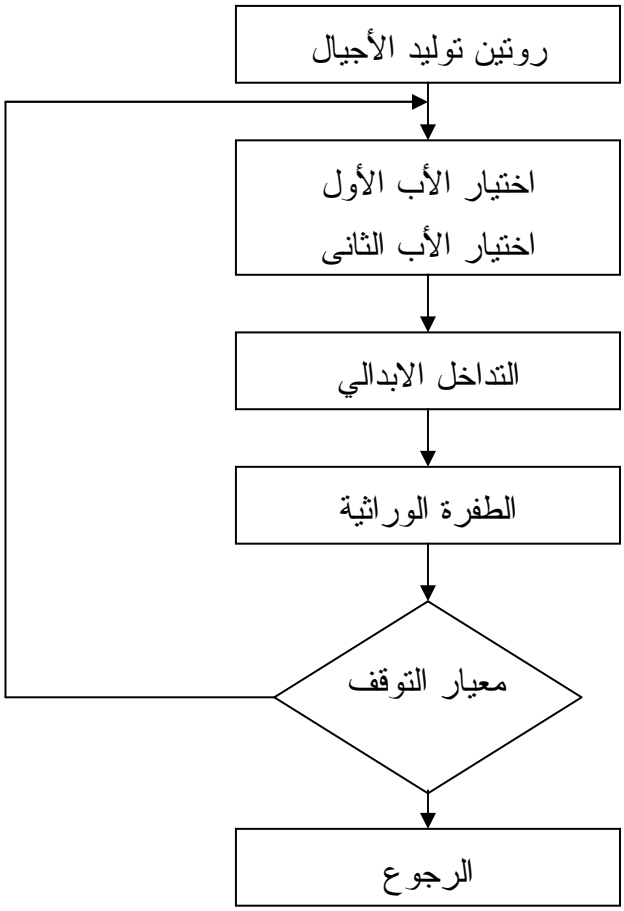
(4) قيمة الجودة (Fitness value): تم استخدام المعادلة:

$$Z(i) = \text{sum (sum (xx(:,:,i)*C))}$$

وهي معادلة مشابهة لمعادلة دالة الهدف ولكن الاختلاف في العناصر xx(:,:,i) حيث تمثل الجيل الابتدائي (أو الكميات الموزعة عشوائياً من مصادر التجهيز على مراكز الطلب).

(5) اختيار الآباء (Selection): بعد أن وجدنا قيم (درجة اللياقة) وعلى افتراض أن هذه القيم هي(50) قيمة نقوم بترتيبها تصاعدياً، بعد ذلك نقوم باختيار عدد من هذه القيم حسب نسبة معينة مثلاً 80% من أحسن (20 قيمة) و 20% من (30 قيمة) الباقية وتتغير هذه النسبة باستمرار لحين التوصل إلى الحل المناسب وتثبيت النسبة الملائمة.

(6) توليد الأجيال (Generation): يتم اختيار مقاطع الآباء حسب مبدأ الاحتمالية العشوائية، يتم الاختيار بإنشاء الأجيال اللاحقة والتي يكون عددها محدداً بالقيمة التي تم إدخالها في بداية التنفيذ. والمخطط الانسيابي(3) يوضح توليد الأجيال.



الشكل (3) مخطط يوضح توليد الأجيال

(7) التداخل الابدالي (Crossover): يتمثل عمل التداخل باختيار مقطعين وربطهما خطياً لإنتاج نوعين جديدين من المقاطع (الأبناء) وهذا النوع من التداخل يسمى (Arithmetic Crossover) ويتم بتطبيق المعادلتين الآتيتين:

offspring 1= a*Parent 1+ (1-a) * Parent 2
offspring 2= (1-a)*Parent 1+ a * Parent 2

إذ أن a : يمثل عدداً عشوائياً (يتم اختياره قبل كل عملية تداخل).

(7) الطفرة (Mutation): لقد تم اقتراح نوع من الطفرات من خلال هذه الرسالة وتتضمن عملية الطفرة طرح كمية قليلة مثل (q) من الكميتين المتقابلتين قطرياً والموزعتين عشوائياً من قيم (x) في جدول التوزيع، وجمع الكمية نفسها مع الكميتين المتقابلتين قطرياً أيضاً ولكن بعكس الاتجاه (بشرط أن لا تكون قيم x المطروح منها الكمية أقل أو مساوية للصفر) وفي المقطع نفسه. ولقد حقق تطبيق هذا النوع من الطفرات تحسيناً للحل. والشكل (4) يوضح مخططاً للطفرة:

x_1+q	x_2-q	d_1
x_3-q	x_4-q	d_2
s_1	s_2	

الشكل (4) مخطط الطفرة

إذ أن:

$$q = p * r$$

$$p=\min(x_1,x_2,x_3,x_4,d_1-x_1,d_1-x_2,d_2-x_3,d_2-x_4,s_1-x_1,s_1-x_3,s_2-x_4,s_2-x_2)$$

r: عدد عشوائي محصور بين 0 و 1.

بعد الانتهاء من تكوين مقاطع الجيل نبدأ بحساب دالة الهدف ودرجة اللياقة واحتمالية المساهمة لكل مقطع من مقاطع الجيل الجديد وبالطريقة نفسها التي تم فيها الحساب لمقاطع الجيل الابتدائي.

بعد تكوين العدد المحدد من الأجيال يتوقف تنفيذ الدالة وتقييم النتائج لملاحظة مدى التقرب من الحل، لاتخاذ القرار إما بالاستمرار بتكوين الأجيال أو بالتوقف إذا كانت النتائج مناسبة.

4. الجانب التطبيقي (Application Part):

تم تنفيذ البرنامج على مسألة النقل المتوازنة، المدرج جدول كميات الطلب والعرض وكلفة نقل الوحدة الواحدة في الجدول (1): [8]

الجدول (1)

To From	Phoenix	Los Angeles	Denver	Cheyenne	Butte	Boise	Seattle	Portland	Supply العرض
San Francisco	1.3	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	15000
Dallas	1.5	1.8	1.5	1.8	1.9	2	2.1	2	15000
St.Louis	1.8	2	1.6	1.7	1.8	2	2.2	2.1	15000
Omaha	1.6	1.7	1.3	1.3	1.5	1.6	1.8	1.8	15000
Duluth	1.9	2	1.7	1.5	1.3	1.5	2	2	15000
Bismark	2.1	2.1	2	1.5	1.2	1.5	1.6	1.7	10000
Demand الطلب	10000	20000	15000	5000	5000	5000	15000	10000	85000

بعد توليد (500) جيل، كان أصغر مجموع للكلفة الكلية (z) هو (130500) دولار، أما بعد تطبيق برنامج النقل (المصمم حسب طريقة أقل كلفة وبلغة باسكال) وكان مجموع الكلفة الكلية الناتجة من تطبيق طريقة (اقل كلفة) هو (132500) دولار على مسألة النقل أعلاه. وأدناه قيم z الناتجة من توليد (500) جيل:

154500	147500	149000	149000	136500
145000	153000	151000	145000	157000
151500	155500	149000	148000	153000
143000	139000	151000	151000	148500
140000	153000	141000	150500	154000
147000	146500	149500	149000	137500
149500	152500	143000	149000	151000
150000	144000	138500	139000	147000
149000	150000	151500	151000	142500
151500	145000	147000	147000	144500
149000	140000	151000	135000	144500
152000	145000	151500	133000	147000
142000	143500	154000	148500	145500

142500	151500	152500	151000	149500
152000	143500	144500	155000	149500
149000	149500	154500	143500	143000
146000	141000	153000	144500	148500
143500	140000	141500	147000	144500
152000	151500	156000	141500	148500
148500	146500	158000	154000	145000
151000	156000	147500	155000	149500
154500	153500	139500	153500	139500
147000	152500	156500	152500	152000
151500	142500	148500	143500	144500
149500	153500	142500	150000	144000
153500	152000	139500	151000	153500
138000	145500	151500	146000	148000
142500	143000	149500	147000	147500
150500	154500	149500	150500	151000
143500	134000	154000	143000	142000
148000	146000	145500	153500	152000
143000	145500	153000	144000	157500
145000	149500	141500	143000	152000
144000	151000	143500	151000	146500
149500	143500	143000	154000	137000
149500	150000	156000	143000	144500
149000	152500	147000	148000	139500
153500	155000	144500	150000	148000
138500	145000	156000	141500	144000
145500	146500	153500	151000	144500
135500	151500	151000	148500	154500
149500	144000	145000	143000	155500
148500	153500	153000	156000	146000
140500	156000	144500	146500	147500
155000	155500	148000	155000	148000
149000	143000	148000	149000	153000
147000	145500	155500	149000	150500
147000	146500	150500	153000	142000
146500	152000	143500	149500	152000
151500	151500	154000	150000	153500
140500	149500	146500	149500	145500
146000	147000	136500	145500	145000
141000	158000	148000	140500	143000
151000	138000	150000	149500	150500

148000	151000	148000	151000	146500
151000	141000	155000	138500	146000
149000	143000	149000	148500	141500
151000	142000	150500	155500	141000
144500	145500	140500	155000	149500
144500	149500	155000	147000	140500
147500	152500	147000	145000	145000
154500	147500	138500	153500	144500
145000	142500	150500	155000	155000
150500	145500	148000	151000	154500
148000	152000	154000	148500	149000
149500	155000	152500	150500	137500
143500	144000	146000	150500	156500
146500	149500	149000	150500	141500
148500	152000	155500	145500	145000
146000	**131500**	142500	148500	145000
150500	145500	152000	137500	148500
148000	152000	139500	156500	148500
147000	141500	145000	152000	153000
147000	149000	145000	153000	142000
157500	144500	142000	143500	152500
146500	148000	141500	151000	144000
153000	155500	148500	137000	149000
147000	155500	148000	146500	151000
142000	143500	149500	147000	147000
145000	154500	155500	146000	151000
151000	149500	144500	154000	146500
147000	151500	150000	147500	143500
139000	137500	149000	152000	152500
148500	146000	149000	146000	151500
145500	148000	147000	153500	139500
148000	154000	153000	145500	151000
144000	146000	149500	145500	146000
156500	143000	152000	141500	146500
150500	153000	153000	153500	143500
153500	149500	147500	156500	149500
145000	147000	149500	149500	151000
143000	143000	152000	149000	156500
152500	147500	145000	150500	140500
154500	153000	151000	137000	149500

147000	155500	155000	149500	150500
141000	143500	152500	152000	145500
155500	139000	143500	154000	151000
142000	140000	154500	147500	148500
149000	145500	153500	153000	147000
148500	152500	147500	138000	143500

كما تم تطبيق البرنامج على مسائل نقل مختلفة الأحجام وكما ياتي:

الجدول (2): مسألة النقل [10]

مراكز الطلب / مصادر التجهيز	1	2	3	4	العرض
1	8	6	10	9	35
2	9	12	13	7	50
3	14	9	16	5	40
الطلب	45	20	30	30	

قيمة z الناتجة من تطبيق برنامج باسكال كانت: 1080

قيمة z الناتجة من تطبيق برنامج (خوارزمية النقل المقترحة) وأقل كلفة كلية: 1020

الجدول (3) [6]

مراكز الطلب / مصادر التجهيز	1	2	3	4		العرض
1	3	4	6	8	9	20
2	2	10	1	5	8	30
3	7	11	20	40	3	15
4	2	1	9	14	16	13
الطلب	40	6	8	18	6	

قيمة z الناتجة من تطبيق برنامج (باسكال): 555

قيم z الناتجة من تطبيق برنامج (خوارزمية النقل المقترحة) وأقل كلفة كلية: 267

المصادر

1. النعيمي، زياد حازم. (1999): "مقارنة أساليب برمجية مختلفة لحل مسألة التخصيص"، رسالة ماجستير، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، (غير منشورة).

2.بقجة جي، صباح الدين وآخرون. (1998): "بحوث العمليات"، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، دمشق.

3. صالح، هلال هادي وعبو، خالد جرجيس. (1987): "بحوث العمليات وتطبيقاتها"، الجامعة التكنلوجية/ وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

4. عادل، مازن بكر وعليوة، محمد كامل وحبشي، جميل حنا. (1986): "بحوث العمليات للإدارة الهندسية"، الجامعة التكنلوجية، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

5. محمد، صادق ماجد. (1991): "بحوث العمليات"، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة البصرة، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

ب – المصادر الأجنبية:

6. Chacko, G. (1993). "Operations Research Management Science", By McGraw-Hill, Inc. New York.
7. Gen, M. and Cheng, R. (1997). "Genetic Algorithms and Engineering Design", John Wiley & Sons, Inc. New York.
8. Robert, A.D. and Kenneth, D.R. (1981). "Management Science", Macmillan Publishing Co., Inc.
9. Taha, A.H. (2003). "Operations Research" by Pearson Education. Inc.
10. Winston, W. (1994). "Operations Research" by Wads Worth, Inc.