خوارزمية متقدمة بلغة R لحل نماذج النقل المتزنة

د. جمال بشير أوهيبة
كلية التقنية الصناعية، مصراتة ، ليبيا
jamaloheba@yahoo.com

الملخص- يعتبر نموذج النقل Transportation Model من الاساليب الرياضية الهامة في عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بنقل المواد أو السلع أو الخدمات من مصادر متعددة الي مراكز متعددة بهدف سد احتياجات المراكز المختلفة بأقل تكلفة ممكنة. تهدف هذه الورقة البحثية الي تقديم خوارزمية لحل نماذج النقل. الخوارزمية تم بناؤها بلغة R باستخدام البرمجة المتقدمة و المكتبة Rglpk المصاحبة لهذه اللغة وأدي تطبيقها علي مسائل النقل الي ايجاد أقل كلفة كلية ممكنة (الحل الامثل). أداء الخوارزمية المقترحة تم مقارنته بالخوارزميات الجينية و عدد 5 طرق أخري منشورة في المجلات العلمية العربية والعالمية لحل نماذج النقل وأوضحت نتائج المقا رنة ان الخوارزمية المقترحة فعالة وأدت الي تحسين كبير في النتائج.

الكلمات المفتاحية : نماذج النقل، خوارزمية بلغة Rglpk،R، الخوارزمية الجينية، البرمجة المتقدمة بلغة R.

1. المقدمة

ان نماذج أو مشاكل النقل Transportation models or problems هو من النماذج المشتقة من النموذج الرياضي العام للبرمجة الخطية و يفترض وجود عدد من مصادر الانتاج أو التجهيز إلي عدد من مراكز الطلب أو الاستهلاك و يشترط النموذج بشكله الاولي ضرورة المساواة بين حجم السلع في المصادر وحجم الطلب علي السلع من قبل المراكز. ويهدف النموذج الي تحديد عدد الوحدات المنقولة من مراكز التوزيع إلي مراكز الاستلام بحيث تكون كلفة النقل الكلية أقل ما يمكن.

ولما كان نموذج النقل امتداد للبرمجة الخطية فان صياغته تتطلب تحديد ثلاث عناصر أساسية أولها تحديد النشاطات التي يمكن أن تنتج من العملية الانتاجية وثانيهما تحديد القيود على المشكلة قيد الدراسة و التعريف عنها بمتباينات تتوافق مع الانشطة و أخيرا تحديد دالة الهدف وتمثيلها بمعادلة خطية عادة ما تكون تدنية [1]،[2].

يمكن حل مشاكل النقل باستخدام ثلاث طرق شائعة في مجال الهندسة الصناعية و بحوث العمليات أولها طريقة الزاوية الشمالية الغربية The North West Corner (NWC) وثانيهما طريقة أقل التكاليف The Leas Costs (LCD) واخيرا طريقة فوجل التقريبية The Vogel Approximation Method (VAM) [3]، [4].

إن من العوامل الهامة التي ساعدت الباحثين في حل المسائل المعقدة هو التقدم التقني في مجال الحاسبات و هندسة البرمجيات و الخوارزميات المتطورة الأمر الذي أدي إلي ايجاد مفاهيم جديدة لم تكن موجودة من قبل. فقد قدم الباحث تونكي كان Tuncay Can 2016 طريقة جديدة أطلق عليها أسم طريقة Approximation أثبت فيها أن طريقته الجديدة يمكن استخدامها كبديل لطريقة الزاوية الشمالية الغربية [5]. وفي جانب آخر استخدم الباحث هيون 2013 أسلوب الذكاء الاصطناعي من خلال خوارزمية جينية أثبت أنها فعالة لحل مسائل النقل [6]. كما قدم الباحث بان ميراس2007 خوارزمية جينية لحل مسائل النقل أثبت انها فعالة مقارنة بخوارزمية تم بناؤها بلغة باسكال [4]. وفي دراسة أخري قدم الباحث كيوم آرجارو 2014 وآخرون طريقة أطلق عليها أسم طريقة المقطع الصفري Zero Suffix Method (ZSM) أثبت أنها فعالة في بعض الحالات مقارنة بالطرق الشائعة [7].

في هذا السياق فان Rglpk هي أحدي المكتبات (البرمجيات) في لغة R تم اصدارها بتاريخ 2015/2/12 تتكون من مجموعة من الاوامر والوظائف لحل مسائل البرمجة الخطية العددية و الثنائية[9]. في هذه الورقة البحثية تم استخدامها وبرمجتها و تطويرها من خلال اضافة حلقة برمجية جديدة و بناء خوارزمية لحل نماذج النقل المتزنة .

2. نموذج النقل

النموذج الرياضي لمسائل النقل يمكن كتابته علي الصورة التالية :[1]

$$\min Z = \sum_{j=1}^{n} \sum_{i=1}^{m} C_{ij} X_{ij} \qquad (1)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = a_i \qquad i=1,2,\ldots\ldots,m \qquad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = b_j \qquad j=1,2,\ldots\ldots,n \qquad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{n} a_i = \sum_{i}^{m} b_j \qquad (4)$$

$$X_{ij} \geq 0$$

حيث أن

i=عدد مراكز التوزيع

$i = (i = 1,2 \ldots\ldots, m)$

j=عدد مراكز الاستلام

$(j = 1,2 \ldots\ldots, n)$

=عدد الوحدات المنقولة من مراكز التوزيع الي مراكز الاستلام. X_{ij}

= كلفة نقل الوحدة من مراكز التوزيع الي مراكز الاستلام. C_{ij}

a_i =عدد الوحدات المنقولة مراكز التوزيع الي مراكز الاستلام.

b_j عدد الوحدات المطلوبة في مراكز الاستلام

المعادلة رقم (1) تمثل قيمة دالة الهدف لاجمالي تكاليف النقل

المعادلة (2) تمثل قيود مراكز التوزيع أو التسويق.

المعادلة (3) تمثل قيود مراكز الاستلام أو الاستهلاك.

النموذج الرياضي السابق لمسائل النقل يمكن اعادة صياغته علي هيئة مصفوفة موضحة في الجدول1 [1]، [3].

جدول 1.مصفوفة النقل

D_j / S_i	D_1	D_2	D_3	$\cdots$	D_n	a_i
S_1	c_{11}	c_{12}	c_{13}	$\cdots$	c_{1n}	a_1
S_2	c_{21}	c_{22}	c_{23}	$\cdots$	c_{2n}	a_2
S_3	c_{31}	c_{32}	c_{33}	$\cdots$	c_{3n}	a_3
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
S_m	c_{n1}	c_{n2}	c_{n3}	$\cdots$	c_{mn}	a_m
b_j	b_1	b_2	b_3	$\cdots$	b_n	

1.2 نموذج النقل المتوازن وغير المتوازن

يقصد بنموذج النقل المتوازن أنه يجب أن تكون مجموع قيم العرض مساوية لمجموع قيم الطلب و فقا للمعادلة (4) ولكن في بعض الحالات لا تكون هذه القيم متساوية و بالتالي يكون النموذج غير متوازن وبصيغة رياضية [1] :

$$\sum_{i=1}^{m} a_i > \sum_{j=1}^{n} b_j \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^{n} b_j > \sum_{i=1}^{m} a_i \quad (6)$$

أما أن يكون العرض أكبر من الطلب و يعبر عنه رياضيا بالمعادلة (5) أو الطلب أكبر من العرض و يعبر عنه رياضيا بالمعادلة (6). لمعالجة هذه الحالة أي تحويلها من حالة عدم التوازن الي حالة التوازن ، يتم ذلك بأضافة صف أو عمود وهمي تكون التكاليف فيه تساوي أصفارا و يمثل الفرق بين مجموع الكميات في كل من مراكز التوزيع و مراكز الاستلام.

2.2 طرق حل نماذج النقل

ان عملية البحث عن حل لنموذج النقل تتطلب استخدام الطرق الشائعة في مجال بحوث العمليات والتي نوجزها كما يلي:-

أ- طريقة الركن الشمالي الغربي تعتبر من أبسط الاساليب الرياضية لحل نماذج النقل ، حيث أن بداية تطبيق هذه الطريقة هي خلية النقل الواقعة في الركن الشمالي الغربي من جدول النقل وفي كثيرا من الاحيان لا تحقق الحل الامثل[2].

ب-طريقة أقل التكاليف من عيوب طريقة الركن الشمالي الغربي عدم تحقيق الاستفادة من التكلفة القليلة المتوفرة في جدول النقل لذا وضعت هذه الطريقة لمعالجة مثل هذا النوع من العيوب في نماذج النقل حيث يتم البحث والتركيز عن أقل عنصر من التكاليف ضمن جدول النقل و اعتماده كبداية لتحديد جهتي الطلب والعرض[3].

ج- طريقة فوجل التقريبية

تعتبر طريقة فوجل من أهم الطرق الثلاث [3] لما تتميز به هذه الطريقة من القدرة للوصول الي الحل الامثل او القريب من الحل الامثل من خلال عمليات حسابية طويلة مقارنة بالطرق السابقة . و تتلخص خطوات إيجاد الحل الأولي بهذه الطريقة كما يلي:-

- حساب الفرق بين أقل كلفتين في كل صف وفي كل عمود وكتابة هذه الفروق علي جانبي الجدول.
- تحديد الصف أو العمود الذي له أكبر قيمة فرق في الكلفة.
- اختيار الخلية ذات الكلفة الاقل في ذلك الصف أو العمود.
- في الخلية التي اختيرت في الخطوة السابقة تتم مقارنة الطلب والعرض لتحديد القيمة الاقل.
- اعادة حساب الفرق مرة أخري لكل من الصفوف و الأعمدة ونكرر العملية السابقة الي أن يتم تلبية احتياجات مراكز التوزيع و الاستلام [1]،[2] .

3. المنهجية العلمية

1.3 لغة *R* والبرمجية *Rglpk*

لغة *R* بدأت في جامعة أوكلاند بنيوزلندا وسميت بالحرف R نسبة الي الحرف الاول من الباحثان , Ross Ihaka Robert Gentlmen وكان أول اصدار لهذه اللغة سنة 1997[10].خلال السنوات القليلة الماضية صعد نجمها بسرعة كبيرة جدا من خلال عدد المستخدمين مقارنة باللغات المعروفة وفرضت نفسها بقوة من خلال مؤتمر علمي سنوي ومجلة علمية

لغة R يمكن تعريفها بأنها لغة برمجة علمية مجانية مفتوحة المصدر تتكون من مجموعة كبيرة من الاوامر و الدوال بالإضافة إلي آلاف المكتبات المصاحبة لدراسة وتحليل النظريات العلمية و المسائل الهندسية و الاحصائية البسيطة منها و المعقدة كما تمتاز بمرونة كبيرة في التعامل مع اطر البيانات وكذلك اخراج الرسومات الثنائية والثلاثية الابعاد بجودة عالية . انتشرت R بسرعة كبيرة و اعتمدت كتقنية عالية في معظم الجامعات العالمية و مراكز الابحاث العلمية سواء في تدريس المقررات الدراسية أو انجاز الابحاث العلمية فمعظم الكتب العلمية المطبوعة حديثا تستخدم لغة R. لغة R يمكن تصنيفها الي :

- لغة لغير المبرمجين من خلال استخدام وتنفيذ و تطبيق المكتبات المصاحبة لحل مشاكل علمية محددة.
- لغة للمبرمجين من خلال الاضافات الحديثة للمكتبات و تطويرها[7].

Rglpk هي أحدي المكتبات (البرمجيات) المصاحبة صدرت بتاريخ 2015/2/12 وتتضمن مجموعة من الاوامر والدوال لحل مسائل البرمجة الخطية العددية و الثنائية و المختلطة. الوظيفة الرئيسية للمدخلات في المكتبة Rglpk نوضحها كما يلي:

Rglpk_solve_LP (obj , mat, dir, rhs,types, min)

1- obj متجه يمثل معامل دالة الهدف .
2- mat متجه او مصفوفة تمثل معامل القيود.
3- dir متجه يوضح اشارة المتباينات للقيود مثل ("==", "<","">", "=<", "=>").
4- rhs الارقام التي تمثل الطرف الايمن للقيود.
5- types يحدد نوعية المسألة هل هي مستمرة أو ثنائية أو أعداد صحيحة ("I", "B", "C").
6- min دالة الهدف تقليل.

مخرجات المكتبة Rglpk

solution متجه يمثل الحل الامثل لمعامل دالة الهدف.

optimum قيمة دالة الهدف عند الحل الامثل.

status الحالة اذا كان الحل أمثل فان القيمة تكون صفر و عدد صحيح إذا كان غير ذلك [8].

2.3 خطوات الخوارزمية المقترحة لحل نماذج النقل

بعد إتمام عملية تنزيل لغة R وتنصيب المكتبة Rglpk من الموقع الرسمي https://cran.r-project.org [9] . تتضمن الخوارزمية المقترحة عدد من الخطوات الأساسية المترابطة مع بعضها البعض التي تم بناؤها باستخدام البرمجة المتقدمة والدوال و الوظائف المتوفرة بالمكتبة Rglpk المتخصصة في حل البرمجة الخطية، وتمثل هذه الخطوات أيضا تطوير للمكتبة من خلال اضافة حلقة برمجية جديدة لقراءة قيم أي مصفوفة لحل نماذج النقل المتزنة (n*m) وذلك باتباع الخطوات التالية:

1- متجه يحدد معامل دالة الهدف R> coef <- $c(c_{11,} c_{12,} c_{mn})$
2- تحديد عدد مراكز التوزيع ب 4 m <-
3- تحديد عدد مراكز الاستلام ب3 n <-
4- اضافة حلقة برمجية جديدة لقراءة قيم أي مصفوفة نقل

```
Amatrix  <- matrix (0, n+m, n*m)
for (i in 1:m){
for (j in 1:n){
Amatrix   [i, n*(i -1) + j] <- 1
Amatrix  [m+j, n*(i -1) + j] <- 1
}
}
```

5- تحديد اتجاه القيود

```
signs <- c(rep("<=, m), rep(">=", n))
```

6- تحد يد الارقام التي تمثل الطرف الايمن للقيود

rhs <- c($a_{1,}$ a_2, a_n, b_1, b_2, b_m)

7- دالة الهدف تقليل

```
min <- TRUE
```

8- ايجاد الحل الامثل كقيمة عددية optimum ومتجه يمثل معامل دالة الهدف.

```
solution <- Rglpk_solve_LP(obj =coef ,
mat=Amatrix , dir=signs , rhs=rhs , min=
TRUE)
```

9- تحويل المخرجات السابقة الي مصفوفة تمثل الحل الامثل وعرضها

```
Optimum-transportation <- matrix
(solution$solution
[1:12] , 3,4, byrow = TRUE)
Optimum-transportation
```

4. الجانب التطبيقي

ثم تطبيق الخوارزمية علي عدد من نماذج النقل المنشورة في المجلات العلمية العربية والعالمية ومقارنتها بالخوارزميات الجينية والطرق الأخرى ومنها NWC,LCM,VAM,ZSM كما يلي:

أ- نموذج نقل1 من الورقة العلمية للمؤلف هيون 2013 [6] الذي استخدم الخوارزمية الجينية لتحديد قيمة دالة الهدف وكذلك التوزيع الامثل .نموذج النقل المستخدم موضح في الجدول 2 ومخرجات حل الخوارزمية المقترحة الذي يمثل الحل الأمثل وكذلك المصفوفة النهائية للتوزيع الأمثل موضحة في الجدول3.

جدول 2. نموذج نقل1

20	18	22	25	170
15	25	30	15	200
45	30	40	30	180
130	160	120	140	

جدول 3. مخرجات الخوارزمية المقترحة

```
12140   [1]$optimum
solution$
0   160 0   120 0   0   80  0   120 0   50
20
status$
0
opt <- matrix (solution$solution [1:12]
) , 3,4, byrow = TRUE
opt    [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]   50    0  120    0
[2,]   80    0    0  120
[3,]    0  160    0   20
```

ب- نموذج نقل2 من الورقة العلمية للمؤلف كيوم آرجارو 2014 [7] أستخدم فيه طريقة NWC, LCM, VAM, ZSM لحل النموذج الموضح في الجدول4 ومخرجات حل الخوارزمية المقترحة الذي يمثل الحل الامثل وكذلك المصفوفة النهائية للتوزيع الامثل موضحة في الجدول 5.

جدول 4 . نموذج نقل2

20	22	17	4	120
24	37	9	7	70
32	37	20	15	50
60	40	30	110	

جدول 5 .مخرجات الخوارزمية المقترحة

```
$optimum
[1] 3460
$solution [1] 60 40  0 20  0  0 30 40
0  0  0 50
$status0
> opt
     [,1] [,2] [,3] [,4]
[1,]   60   40    0   20
[2,]    0    0   30   40
[3,]    0    0    0   50
```

ج- نموذج نقل3 من الورقة العلمية للمؤلف بان ميراس 2007 [4] الذي استخدم الخوارزمية الجينية وخوارزمية بلغة باسكال. نموذج النقل موضح في الجدول 6.

جدول 6 . نموذج نقل3

1.3	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.7	
1.5	1.8	1.5	1.8	1.9	2	2.1	2	15000
1.8	2	1.6	1.7	1.8	2	2	2.1	15000
1.6	1.7	1.3	1.3	1.5	1.6	1.8	1.8	15000
1.9	2	1.7	1.5	1.3	1.5	2	2	15000
2.1	2.1	2	1.5	1.2	1.5	1.6	1.7	10000
10000	20000	15000	5000	5000	5000	15000	10000	85000

مقارنة نتائج الخوارزمية المقترحة لحل نموذج1و2 بالخوارزمية الجينية و خوارزمية بلغة باسكال ونموذج نقل 3 بالطرق المختلفة NWC,LCM,VAM,ZSM موضحة في الجدول 7و8 علي التوالي.

جدول.7. نتائج مقارنة الخوارزمية المقترحة بالخوارزمية الجينية و خوارزمية بلغة باسكال

	حجم المسألة	خوارزمية بلغة باسكال	الخوارزمية الجينية	الخوارزمية المقترحة
نموذج نقل 1	n=3 m=4	----------	12596	12140
نموذج نقل 2	n=6 m=8	132500	130500	125500

جدول 8. نتائج مقارنة الطرق المختلفة

	NWM	ZSM	VAM	LCM	الخوارزمية المقترحة
نموذج نقل 3	3680	3460	3520	3720	3460

يبين الجدول7 أن الخوارزمية المقترحة حققت أقل تكاليف نقل بالنسبة للنموذج نقل1 والنموذج نقل 2، ويوضح الجدول 8 أن الخوارزمية المقترحة حققت نتائج أفضل لنموذج نقل 3 من الطرق المعروفة ومساوية للطريقة الحديثة ZSM وبالتالي يمكن استخدامها بكفاءة عالية في حل نماذج النقل المتزنة المشابهة.

الخلاصة

لقد أصبحت الحاجة الي استخدام الطرق العلمية الكمية في مختلف المجالات الصناعية و الخدمية متطلب حيوي و أساسي خصوصا ونحن نعيش اليوم عصر الثورة في مجال الحاسبات و هندسة البرمجيات المتطورة و أن أحد أهم معالم هذه الثورة هي انتشار برمجيات ولغة **R** أو ما يعرف اختصارا ب **R** . قدمت الورقة البحثية عدد من الخطوات الاساسية المترابطة مع بعضها البعض لبناء خوارزمية باستخدام البرمجة المتقدمة بلغة **R** وتطوير الحزمة البرمجية **Rglpk** المتخصصة في حل البرمجة الخطية الي خوارزمية لحل أي مصفوفة نقل متزنة. أداء الخوارزمية المقترحة تم مقارنته بالخوارزميات الجينية و طرق أخري لحل نماذج النقل وأوضحت نتائج المقارنة أن الخوارزمية المقترحة فعالة وأدت الي تحسين كبير في النتائج.

المراجع

أ- المراجع العربية

[1] محمود العبيدي ، مؤيد عبد الحسين الفضل، بحوث العمليات و تطبيقاتها في ادارة الاعمال، عمان، مؤسسة الوراق،2004.

[2] فتحي خليل حمدان، رشيق رفيق مرعي، مقدمة في بحوث العمليات، عمان ،دار وائل للنشر،.2004.

[3] موفق محمد الكبيسي، بحوث العمليات تطبيقات وخوارزميات، عمان، دار الحامد للنشر،1998.

[4] بان أحمد حسن متراس، همسة معن تابث، استخدام الخوارزمية الجينية في حل مسألة النقل ، المجلة العراقية للعلوم الاحصائية ،2007.

ب- المراجع الاجنبية

[5] Tuncay Can , Kosack ,H. Tuncay Can Approximation Method to obtain initial feasible solution for transportation problem. Applied Computational Mathematics,5,2,82-78,2016.

[6] Huyen,T., N, Loung S.,T., Alday, ,B.,R,. Genetic Algorithm For Solving Balanced Transportation Problem. International Journal For Innovative Technology and exploring [7] Engineering. 4,3,2013.

[7] -Kum araguru, S., Satheesh Kumar, B., Revently , M, Comparative Study of Various Methods for Solving Transportation Problem, International Journal of Scientific Research. 3,9,2014.

[8] - Package Rglpk 2015.

[9] https://cran.r-roject.org,2017.

[10] https://www.wikipedia.org,20/03/2017.