اقتراح نموذج رياضي برمجي لإيجاد خطة النقل الأقل كلفة بحال وجود مستودعات

طالبة الماجستير: م. منار حسن جهجاه كلية الهندسة المدنية – جامعة البعث

اشراف الدكتور: علي دياب

لملخص

تعد مشكلة النقل حالة خاصة من البرمجة الخطية وأهم مشاكلها، حيث تتعامل مع نقل البضائع وتوزيعها بين مراكز الطلب والعرض وذلك بأقل كلفة ممكنة. ويعتبر المخزون أصلاً من أصول المنشأة ويمكنه أن يغير من الوضع المالي للمنشأة ويحقق أرباحاً كبيرة أو يوقعها بخسائر فادحة.

إن عملية اتخاذ القرار في وضعنا الحالي في ظل مشكلة تقلب الأسعار من أصعب المشاكل التي تواجه المهندس، حيث تعتبر عملية شراء المواد بسعر ثم انخفاضه أو ارتفاعه من أهم العوامل التي تؤثر على تكاليف البناء.

من الممكن أن تؤدي عملية إدخال المستودعات إلى مسألة النقل العادية، حيث تعمل المخازن كمصادر طلب إضافية ومصادر عرض إضافية أيضاً وذلك حسب مدة وكلفة التخزين، إلى الحماية من زيادة الأسعار أو التغلب عليه في بعض الأحيان.

يساهم هذا البحث في إعطاء نظرة عامة لأصحاب المشاريع باتخاذ القرار في استخدام المستودعات وتخزين المواد أو عدم استخدامها.

في هذه الدراسة قمنا ببرمجة مسألة النقل العادية وحلها وفق الطرق المعروفة والحصول على الحل الأمثل وأيضاً إلى اقتراح نموذج رياضي لحل مسألة النقل بوجود مستودعات حيث تقوم باستقبال وتخزين وتوزيع المواد وذلك باستخدام برنامج Visual studio 2017 مكتوب بلغة C Sharp (C#).

الكلمات المفتاحية: مسألة النقل, المستودعات, تخزين, البرمجة بلغة C Sharp.

Suggesting a Software Mathematical Model to Find the Least Expensive Transportation Plan With Warehouses Case

Eng. Manar Jahjah Dr. Ali Diab

Abstract

The transportation problem is a special case of linear programming and its most important problem, as it deals with the transportation and distribution of goods between demand and supply centers at the lowest possible cost. Inventory is considered an asset of the facility and it can change the financial position of the facility and achieve great profits or inflict huge losses on it. The decision-making process in our current situation in light of the problem of price volatility is one of the most difficult problems facing the engineer, as the process of purchasing materials at a price and then dropping or increasing it is one of the most important factors that affect construction costs. It is possible that the process of introducing warehouses to the issue of normal transportation, where the stores act as additional sources of demand and additional sources of supply as well, depending on the duration and cost of storage, to protect against or sometimes overcome price increases.

This research contributes to giving an overview of project owners to make the decision to use warehouses and store materials or not to use them.

In this study, we programmed the problem of regular transportation and solved it according to known methods and obtained the optimal solution, and also proposed a mathematical model to solve the transportation problem in the presence of warehouses where you receive, store and distribute materials using Visual studio 2017 written in C Sharp (C#).

KEYWORDS: Transportation Problem, Warehouses, Storage, The C Sharp Program.

1. المقدمة:

تتعامل مسألة النقل مع توزيع البضائع من عدة نقاط من الموردين (مصدر العرض) إلى عدة نقاط من المستوردين (وجهة الطلب). ويمكن أيضاً استخدام نماذج النقل عندما تريد شركة أن تقرر موقع منشأة جديدة.

كان لمشاكل النقل قديماً وحديثاً دوراً مهماً في عملية اتخاذ القرار من قبل صناع القرار في المنشآت الانتاجية والصناعية، من أجل إيصال السلع الى المستهلك في الوقت والمكان المحددين والذي يعتبر من الفعاليات الاقتصادية المهمة لأنه مكملاً للعملية الإنتاجية. وعليه تسعى المنشآت بأنواعها الى استخدام الطرق الحديثة المتطورة من أجل تخفيض التكاليف المخصصة للنقل والتي بدورها تساهم في اتخاذ القرار المناسب وفق المبادئ الاقتصادية الصحيحة. [1]

يتعين على المؤسسات أن تتوقع تغير السوق وعليها أن تحتفظ بمخزون المواد تحسباً لعدم توافر المواد أو الزيادة المفاجئة في الأسعار، فعادة ما يتم شراء كميات مخزون كبيرة للاستفادة من ميزة خصم الكمية لانخفاض سعر الشراء إذا كانت الكميات كبيرة أو لتفادي الزيادة المستقبلية المتوقعة في الأسعار. ولذلك أصبحت المشاريع اليوم تهتم بالمخزون وذلك لدوره المهم والمتزايد في تحقيق الربح والاستقرارية. [2]

وبالتالي فإن ادخال المستودعات إلى مسألة النقل يرتبط بعدة عوامل تؤثر على عملية اتخاذ القرار في تخزين المواد أو عدم تخزينها.

2. الهدف:

يهدف هذا البحث إلى إيجاد نموذج رياضي لاستخدام المستودعات في مسألة النقل ومن ثم إيجاد برنامج يساعد المهندسين والمختصين في اتخاذ القرار باستخدام المستودعات لتخزين المواد أو عدم استخدامها بحيث يتم تحقيق أقل كلفة ممكنة لنقل المواد.

3. مواد وطرق البحث:

تتألف منهجية البحث من المراحل الآتية:

1. مرحلة دراسة المراجع ذات الصلة بالموضوع.
2. مرحلة صياغة المسألة: أي إيجاد النموذج الرياضي لمسألة النقل في حال وجود مستودعات.
3. مرحلة البرمجة: أي تحويل النموذج الناتج إلى برنامج حاسوبي مكتوب بلغة C Sharp (C#) وذلك باستخدام برنامج Visual studio 2017.
4. مرحلة استخلاص النتائج والتوصيات.

4. الأعمال السابقة:

- يهدف البحث [3] إلى بناء نموذج رياضي لحل مشكلة النقل لشركة الرافدين التي تكون فيها تكاليف النقل بين مخازن الشركة والجهات الطالبة لها مبهمة أي غير معروفة بشكل دقيق، وذلك لإيجاد أقل تكاليف لعملية النقل وبيان الحد الأدنى والحد الأعلى لمجموع هذه التكاليف، وذلك من خلال استعمال خوارزميات جديدة للحل الأولي (طريقة الركن الشمال الغربي وطريقة اقل الكلف) والحل الأمثل (طريقة توزيع العوامل).

  تم استخدام دالة الرتب Rank function وتم تطبيق هذه الطريقة على احدى شركات القطاع الخاص وتم توضيحها من خلال مثال تطبيقي.

- قام الباحث في البحث [4] ببناء نموذج برمجة خطية لمشكلة النقل ذات المرحلتين حيث أن طرق النقل التقليدية تعجز عن حل مشكلة النقل لأكثر من مرحلة (يمكن تعميم النموذج لمشكلة نقل متعددة المراحل).

في هذا البحث تم التنبؤ بكمية الطلب بالاعتماد طريقة الأسي الموسمي (طريقة ونترز) ومن ثم تحويل نموذج النقل الى نموذج برمجة خطية حيث تم إيجاد الحل الامثل باستخدام البرنامج الجاهز WinQSB لإيجاد الكميات المثلى المنقولة وبأقل كلفة كلية ممكنة. تم تطبيق النموذج في شركة المها التجارية المحدودة لاستيراد المواد الغذائية والتي تعتبر من أكبر الشركات الخاصة الموجودة في العراق.

- في البحث **[1]** تم اقتراح طريقة جديدة تسمى ASM–Method لإيجاد الحل الأمثل لمجموعة واسعة من مشاكل النقل، تتطلب هذه الطريقة حلاً حسابياً ومنطقياً بسيطاً جداً، ولهذا السبب فهي سهلة جداً حتى بالنسبة إلى الشخص العادي لفهمها واستخدامها. ستكون هذه الطريقة مربحة للغاية بالنسبة لصانعي القرار في التعامل مع القضايا المتعلقة بالخدمات اللوجستية وسلسلة التوريد، وبسبب بساطة هذه الطريقة يمكن للمرء بسهولة تبنيه من بين الأساليب الحالية.
- تحتوي الورقة **[2]** على خوارزميات وبرمجيات لتنفيذ طرق الحل المذكورة في شكل قاعدة البيانات MS Access، ومكتوبة بلغة البرمجة Visual Basic. حيث تم وصف نموذج عام لمشكلة النقل، وكذلك بعض الطرق لتحديد ما يسمى بالحلول الأساسية الأولية وتحسين برامج النقل. وبالتالي سيمثل أداة برمجية كاملة وشاملة تحل مشكلة النقل تماماً.
- يقدم البحث **[3]** حل لمشكلة النقل باستخدام النمذجة الحاسوبية. حيث تم تطوير نموذج رياضي باستخدام جدول نقل معين، ووفقاً لهذا النموذج الرياضي يتم تطوير خوارزمية موحدة وتنفيذها كبرنامج برمجي يحسب طريقة رياضية

مختلفة لإيجاد الحلول المثلى لمشكلة النقل. تم تصميم البرنامج واختباره مع حالات مختلفة حيث كانت نتائجه دقيقة ومبررة عند مقارنتها بالحساب اليدوي.

- البحث **[4]** يدرس مشكلة النقل بحسابها بكود ماتلاب باستخدام البرمجة الرياضية. النموذج طور طريقة الزاوية الشمالية الغربية، طريقة أقل كلفة، طريقة تقريب فوجيل، وطريقة Modi لحل مشكلة النقل. إن طريقة كود الماتلاب أفضل من الطريقة التحليلية لحل مشكلة النقل، هذا النموذج يعطينا نتيجة جيدة في مشكلة النقل.

نلاحظ أن الدراسات السابقة عالجت مسألة النقل بطرق مختلفة وباستخدام خوارزميات جديدة ولكن لم يتطرق أي منها إلى تخزين المواد ومن ثم نقلها.

في دراستنا سيتم اقتراح نموذج رياضي لوجود المستودعات في مسألة النقل وبرمجتها بلغة (#C Sharp (C واختباره في حالات تغير الأسعار والتكلفة.

5. مسألة النقل:

مشكلة النقل هي أسلوب رياضي يتم بواسطته حل المشاكل الاقتصادية والإنتاجية بمساندة الموارد والامكانيات المتاحة من البيانات والأدوات والطرائق التي يستخدمها صناع القرار لمعالجة المشاكل، كما أصبحت المشكلة موضع اهتمام الباحثين والمختصين لإيجاد الحلول المناسبة والفاعلة للوصول إلى القرار الصائب في العملية الإنتاجية كونها مكملة للعملية الإنتاجية.

إن فكرة نموذج النقل هو إيجاد خطة مثلى لنقل كميات متجانسة من أماكن تصنيعها إلى مراكز استهلاكها، وبالتالي فإن نموذج النقل هو نموذج كمي يهدف إلى تحديد خطة مثلى لنقل كميات مثلى من منتج ما من مصادرها إلى عدد من جهات طلبها بأقل كلفة

نقل ممكنة، بشرط أن تكون طاقات العرض وكميات الطلب وكلفة الواحدة من المصدر إلى جهة الطلب معروفة ومحددة. [1]

1.5 مسألة النقل العادية:

1.1.5 النموذج العام لمشكلة النقل:

نموذج النقل هو نوع خاص من مشاكل الشبكات لشحن المواد من المصدر إلى جهات الطلب ويعتمد على الافتراضات الاساسية الآتية:

1. جميع المواد المنقولة بين المصادر ومناطق الطلب متجانسة.
2. عدم وجود عوائق للنقل بين أي مصدر وأي موقع للطلب.
3. إن مجموع كمية المواد المتوفرة لدى المصدر يساوي مجموع كمية المواد المطلوبة في المواقع.
4. إن تكاليف نقل المواد بين أي مصدر وأي موقع للطلب معروفة ولن تتغير في الامد القريب.
5. إن كلفة النقل بين أي مصدر وأي موقع طلب لا تتغير بتغير كمية المواد المنقولة.

وبافتراض نقل إحدى المواد من مراكز الإنتاج أو التخزين إلى مراكز الاستهلاك، ولنفترض أنه يوجد m مركزاً للإنتاج (أو التخزين) وأن المادة المفروضة متوفرة فيها بكميات محددة تساوي:

$a_1, a_2, a_3 \ldots\ldots\ a_i \ldots\ldots\ldots\ a_m$

ويوجد n مركزاً استهلاكياً وأن الكميات المعينة التي يحتاجها من تلك المادة تساوي:

$b_1, b_2, b_3 \ldots\ldots\ldots\ b_j \ldots\ldots\ldots\ b_n$

وأن تكلفة نقل الواحدة من المركز الإنتاجي i إلى المركز الاستهلاكي j تساوي C_{ij}، والكمية التي يجب نقلها من المركز الإنتاجي i إلى المركز الاستهلاكي j تمثل بالرمز X_{ij}.

وبالتالي الهدف الرئيسي هو تحديد حجم عمليات النقل X_{ij} من المراكز الإنتاج إلى مراكز الاستهلاك بحيث تكون تكلفة النقل الاجمالية أقل ما يمكن. يمكن تمثيل نموذج مسألة النقل في شكل جدول موجز مع كل المعلومات الضرورية وهذا الجدول يسمى بجدول النقل كما في الشكل (1).

بعد تطبيق طريقة البرمجة الخطية لحل مشكلة النقل نحدد قيمة دالة الهدف التي تقلل كلفة النقل، وتحديد عدد الوحدات المنقولة (X_{ij}) فإن نموذج البرمجة الخطية لمشكلة النقل يكون:

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

وضمن الشروط الآتية:

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = a_i$$

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = b_j$$

كما يجب أن يكون:

$$\mathrm{X}_{ij} \geq 0 \text{ , } (i{:}\ 1,2,3 \ldots.m), (j{:}\ 1,2,3 \ldots..n)$$

Destinations → / Sources ↓	B_1	B_2	…	B_n	Σ
A_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	…	c_{1n} x_{1n}	a_1
A_2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	…	c_{2n} x_{2n}	a_2
…	…	…	…	…	…
A_m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	…	c_{mn} x_{mn}	a_m
Σ	b_1	b_2	…	b_n	S

الشكل 1 جدول النقل

إن خوارزمية النقل مستندة على فرضية أن النموذج متوازن (النموذج مغلق) أي أن الطلب الكلي يساوي العرض الكلي. في بعض الأحيان، قد يكون مجموع العرض عند مراكز الإنتاج ومجموع الطلب عند مراكز الاستهلاك غير متساويين، فالنموذج يكون غير متوازن (النموذج مفتوح)، ونلاحظ الحالتين الآتيتين:

1- إذا كان الطلب أكبر من العرض $\sum_{i=1}^{m} a_i < \sum_{j=1}^{n} b_j$:

نضيف مركزاً إنتاجياً وهمياً (m+1) بحيث نجعل مقدار ماينتجه يساوي الفرق بين الاجماليين، أي نجعل a_{m+1} مساوياً لـ: $a_{m+1} = \sum_{j=1}^{n} b_j - \sum_{i=1}^{m} a_i$.

2- إذا كان الطلب أصغر من العرض $\sum_{i=1}^{m} a_i > \sum_{j=1}^{n} b_j$:

نضيف مركزاً استهلاكياً وهمياً بحيث نجعل مقدار استهلاكه يساوي الفرق بين الإجماليين، أي نجعل استهلاكه مساوياً لـ: $b_{n+1} = \sum_{i=1}^{m} a_i - \sum_{j=1}^{n} b_j$

وإن كلفة نقل الوحدة الواحدة من هذه المراكز الانتاجية أو لهذه المراكز الاستهلاكية الوهمية تكون مساوية للصفر:

$$C_{i,n+1} = 0 \text{ أو } C_{m+1,j} = 0 \ ; (i: 1,2,3. \ldots . m), (j: 1,2,3 \ldots . n)$$

2.1.5 الطرق المستخدمة في البحث:

إن الهدف من طرق الحل التي تعطي حلاً أولياً مقبولاً لمشكلة النقل، هو الحصول على حل ممكن لمشكلة النقل لا يتعارض مع طبيعة القيود التي تفرض على المشكلة ومنه الوصول إلى الحل الأمثل. ويمكننا إيجاد الحل القاعدي الأول بعدة أساليب أو طرق، قمنا ببرمجة أهمها وأكثرها استخداماً، وهم:[4]

1) أسلوب الزاوية الشمالية– الغربية لإيجاد الحل القاعدي الأول:

تعتبر هذه الطريقة أبسط الطرق إذ تبدأ بتعيين أعلى كمية مسموح بها من بين العرض والطلب للمتغير X_{11} في أقصى الركن الشمالي الغربي من الجدول.

2) أسلوب العنصر ذي التكلفة الأقل لإيجاد الحل القاعدي الأول:

يعتمد هذا الأسلوب على مبدأ اشباع الحجر ذات التكلفة الأقل في كل سطر أو عمود قبل غيرها من الحجر حسب الكميات المطلوبة والمتوفرة، ثم نترك كل سطر أصبح مشبعاً وننتقل إلى السطر الذي يليه.

3) أسلوب تقريب فوجيل (Vogel) لإيجاد الحل القاعدي الأول أو المثالي:

ويعتمد هذا الأسلوب على حساب الفرق بين أقل قيمتين للتكلفة في كل سطر وفي كل عمود، وذلك لمعرفة مدى الخسارة التي تلحق بتابع الهدف إذا لم نشبع الحجرة ذات التكلفة الأقل.

إن أسلوب فوجيل غالباً ما يعطينا حلاً قاعدياً يكون هو الحل المثالي المطلوب، أو الحل الذي يسبقه مباشرة ولا يخرج عن هذه القاعدة إلا في الحالات التي يتساوى فيها عنصران أو أكثر من العناصر الكبرى في عمود وسطر الفروقات.

- يتم استخدام **أسلوب الدرج (طريقة التخطي Stepping Stone)** لاختبار ولتحسين الحل القاعدي الأول وصولاً للحل الأمثل والذي تكون عنده قيمة دالة الهدف لكلفة النقل أقل مايمكن، وذلك بعد تحقق الشرط الأساسي: عدد الخلايا الأساسية يساوي $m+n-1$.

2.5 مسألة النقل بوجود المستودعات:

تحتفظ المشروعات بمواد مختلفة تساعدها في استمرارية العملية الإنتاجية بلا توقف حسب برامجها الإنتاجية المخطط لها، الأمر الذي يستدعي وجود مخزون، وتظهر أهمية هذا المخزون في كونه يمثل حلقة الوصل بين طلبات العملاء ومنتجات المشروع.

يحقق المخزون مجموعة من المنافع للمشروع، فإذا كان هناك توقع لارتفاع الأسعار وكانت المادة قابلة للتخزين، تكون الكمية الكبيرة من المخزون والتي تم شراؤها بأسعار منخفضة قادرة على تغيير الوضع المالي للمنشأة وتحقق لها أرباحاً كبيرة من خلال بيعها أو عدم شراء مواد جديدة.

1.2.5 النموذج الرياضي المقترح:

تتطلب إدارة المخزون أن يكون لديها نظام معلوماتي متطور يتجاوب بسرعة في تلبية الطلبات، ويساعد مدير المشروع في اتخاذ القرار بشكل أسرع.

النموذج المقترح سيفترض أن كل ورشة ستقوم بتخزين المواد فيها وذلك حسب عدد الأشهر المفروضة للتخزين، والكمية المطلوبة لكل شهر تكون محددة ومعروفة، وبالتالي ستتفرع إلى عدة مراكز طلب.

الكمية المتوفرة في مراكز العرض الأساسية معلومة، سيضاف إليها مراكز إضافية يعبر كل منها عن مصدر البضاعة وأين تم تخزينها وفي أي شهر. الكمية المتوفرة في المراكز الإضافية إما تساوي الكمية المطلوبة الكلية مطروحاً منها الكمية التي تم استهلاكها في

الورشات أثناء الشهر المدروس وقبله، أو يمكن أن تكون الكمية المتوفرة هي مجموع كل الكميات المطلوبة.

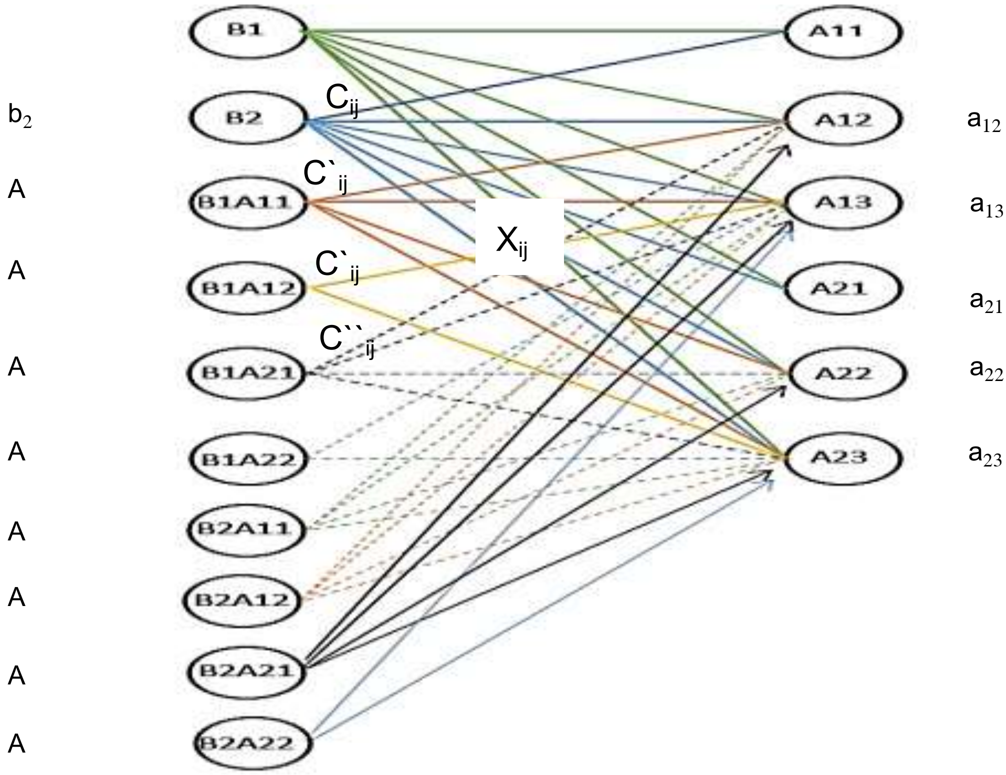
بافتراض أنه يراد نقل إحدى المواد من مراكز الإنتاج إلى مراكز الاستهلاك، ولنفترض أنه يوجد لدينا مركزين للإنتاج B1,B2 وأن المادة المفروضة متوفرة فيها بكميات محددة تساوي: b_1, b_2.

ويوجد مركزين استهلاكيين A1,A2 وأن عدد الأشهر المفروضة للتخزين(du) هي ثلاثة أشهر(du=3) والكميات المطلوبة التي يحتاجها من تلك المادة في كل شهر محددة وتساوي: $a_{11},a_{12},a_{13}, a_{21},a_{22},a_{23}$، كما في الشكل (2).

- C_{ij}: تكلفة نقل الواحدة من المركز الإنتاجي الأساسي i إلى المركز الاستهلاكي j.
- $C_{j\ stg}$: كلفة التخزين الوحدة الواحدة من المادة في الورشة j.

الكمية المطلوبة مراكز الاستهلاك مراكز الإنتاج الكمية المتوفرة

a_{11} C_{ij} b_1



الشكل 2 مسألة النقل بوجود مستودعات

- $C_{jk\ trans}$: كلفة نقل الوحدة الواحدة للمادة من الورشة i إلى الورشة k.
- $C`_{ij}$: تكلفة نقل الواحدة من المراكز الإضافية التابعة للمركز Ai إلى المراكز الاستهلاكية التابعة للمركز Ai وتساوي إلى كلفة النقل من المركز الاستهلاكي الأساسي مضافاً إليها تكلفة التخزين.

$$C`_{ij}=C_{ij}+C_{j\ stg}$$

- $C``_{ij}$: تكلفة نقل الواحدة من المراكز الإضافية التابعة للمركز Ai إلى المراكز الاستهلاكية التابعة للمركز Aj و تساوي تكلفة النقل من المركز الاستهلاكي

الأساسي مضافاً إليها تكلفة التخزين وكلفة النقل من المركز الاستهلاكي j إلى المركز الاستهلاكي k ($j\neq k$).

$$C``_{ij}=C`_{ij}+C_{jk\ trans}$$

- X_{ij}: الكمية التي يجب نقلها من المركز الإنتاجي i إلى المركز الاستهلاكي j .
- عدد مراكز العرض الإضافية يساوي (مدة التخزين −1) مضروباً بعدد مراكز العرض وعدد مراكز الاستهلاك أي لدينا: $(du-1)\times D\times S=(3-1)\times 2\times 2=8$ مركزاً اضافياً.
- الكمية المتوفرة في المراكز الإضافية تساوي مجموع كل الكمية المطلوبة أي $A=a_{11}+a_{12}+a_{13}+a_{21}+a_{22}+a_{23}$.

الهدف الرئيسي هو تحديد حجم عمليات النقل X_{ij} من مراكز الإنتاج إلى مراكز الاستهلاك بحيث تكون تكلفة النقل الاجمالية أقل ما يمكن. يمكن تمثيل نموذج مسألة النقل بوجود مستودعات في شكل جدول موجز كما في الشكل (3):

	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	Supply
B1	C_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	b1
B2	C_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	C_{ij}	b2

B_1A_{11}	___	$C`_{ij}$	$C`_{ij}$	___	$C``_{ij}$	$C``_{ij}$	A
B_1A_{12}	___	___	$C`_{ij}$	___	___	$C``_{ij}$	A
B_1A_{21}	___	$C``_{ij}$	$C``_{ij}$	___	$C`_{ij}$	$C`_{ij}$	A
B_1A_{22}	___	___	$C``_{ij}$	___	___	$C`_{ij}$	A
B_2A_{11}	___	$C`_{ij}$	$C`_{ij}$	___	$C``_{ij}$	$C``_{ij}$	A
B_2A_{12}	___	___	$C`_{ij}$	___	___	$C``_{ij}$	A
B_2A_{21}	___	$C``_{ij}$	$C``_{ij}$	___	$C`_{ij}$	$C`_{ij}$	A
B_2A_{22}	___	___	$C``_{ij}$	___	___	$C`_{ij}$	A
Demand	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{21}	a_{22}	a_{23}	

الشكل 3 جدول النقل بوجود مستودعات

B_1A_{11}: هي الكمية المنقولة من المركز B1 إلى المركز الاستهلاكي A1 في الشهر الأول والمخزنة فيها ويمكن النقل إلى الأشهر التي تلي الشهر المخزنة فيه فقط.

B_1A_{12}: هي الكمية المنقولة من المركز B1 إلى المركز الاستهلاكي A1 في الشهر الثاني والمخزنة فيه ويمكن النقل إلى الأشهر التي تلي الشهر المخزنة فيه فقط أي لا يمكن أن تعطي A_{11} و A_{12}.

فإن نموذج البرمجة الخطية المقترح لمشكلة النقل بوجود مستودعات يكون:

1. عدد مصادر العرض الجديدة m`: $m` = m + [(du - 1) \times n \times m]$.
2. عدد مصادر الاستهلاك الجديدة $n`$: $n` = du \times n$.

وبالتالي دالة كلفة النقل الكلية:

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

وذلك ضمن الشروط الآتية:

$$\sum_{j=1}^{n`} X_{ij} = b_j$$

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = a_i \quad , \sum_{i=m+1}^{m`} X_{ij} = A$$

النموذج المقترح يحل مسألة النقل من خلال افتراض إمكانية التخزين في الورشات وذلك حسب عدد الأشهر المفروضة للتخزين مع إمكانية إعادة نقل المواد إلى ورشات أخرى بحيث يعطي صورة عامة لتكاليف النقل الكلية وقدرة للمهندس باتخاذ القرار ومعرفة التغيرات التي تطرأ على مسألة النقل في حال استخدام التخزين.

6. البرنامج الحاسوبي لحل المسألة المطروحة:

تم برمجة مسألة النقل باستخدام برنامج Visual Studio 2017 وكتابة الكود البرمجي بلغة (C#) C Sharp.

ينقسم البرنامج إلى قسمين، القسم الأول يحل مسألة النقل العادية بالطرق الثلاث (الشمالية–الغربية، أقل كلفة، فوجيل) وطريقة الدرج لإيجاد الحل المثالي. أما القسم الثاني يحل مسألة النقل بوجود مستودعات كما في المثال التالي:

- يراد نقل مادة البلوك نوع 15cm من المركزين B1 وB2 إلى الورشتين A1 وA2 مع إمكانية تخزين المادة لثلاثة أشهر، ويوضح الجدول التالي كلفة نقل وشراء الوحدة الواحدة (بلوكة) من البلوك من المركزين إلى الورشتين. الكمية المطلوبة في الورشة ولمدة ثلاثة أشهر معلومة، وكلفة نقل مع الشراء بعد شهر وبعد شهرين محددة بشكل تقريبي. علماً أن كلفة النقل m^3 من البلوك من الورشة A1 إلى الورشة A2 وبالعكس هي 50000 ل.س وذلك باستخدام شاحنة ذات حجم $4\ m^3$.

	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{21}	A_{22}	A_{23}	الكمية المتوفرة
B1	670	1250	1900	710	1300	2000	1500
B2	680	1400	2000	700	1200	1950	2000
الكمية المطلوبة	100	200	400	700	600	400	

سيتم تخزينها في مستودع مأجور ضمن الورشة حيث أن حجم المستودع في الورشتين يساوي $200m^3$ وبافتراض أنه سيتم استخدام 0.8 من حجم المستودع لوجود ممرات لنقل المادة. يوضح الجدول التالي كلفة تخزين المادة لشهر:

المستودع في الورشة	كلفة التخزين
A1	100000 ل.س
A2	90000 ل.س

يتم حساب عدد البلوكات ذات الأبعاد cm (15, 20, 40) في $1m^3$ كما يلي:

$1/(0.15*0.2*0.4)= 83.33\approx 83$ بلوكة

وبالتالي سيتم حساب كلفة تخزين البلوكة الواحدة في m^3 كما يلي:

في الورشة الأولى : $100000/(0.8\times200)= 625$ ل.س $\rightarrow$ $625/83=7.5$ =8 ل.س

في الورشة الثانية : $90000/(0.8\times200)\approx565$ ل.س $\rightarrow 565/83=6.8 =7$ ل.س

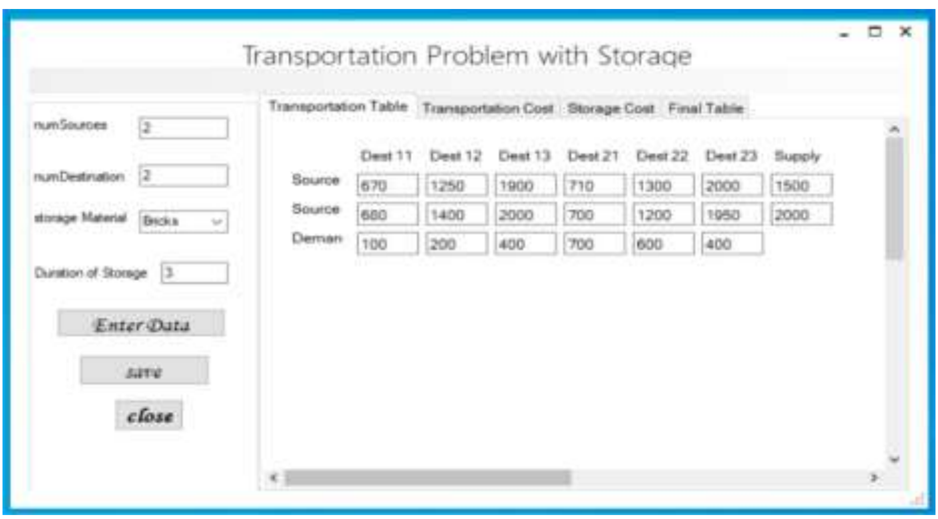
يتم حساب كلفة نقل البلوكة الواحدة في m^3 من البلوك بين الورشتين A_1 و A_2 كما يلي:

$4/(0.15*0.2*0.4)= 333.33 \rightarrow 300$ بلوكة

$50000/300= 166.67 =167$ ل.س

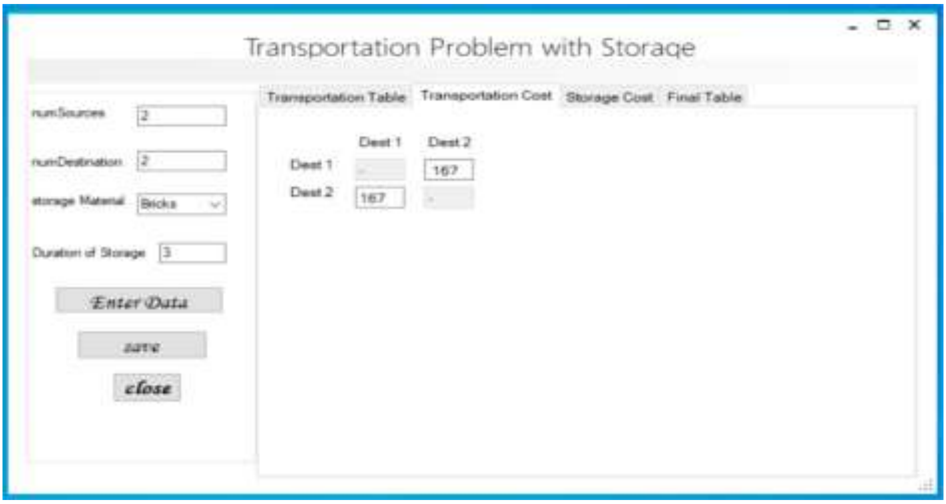
المدخلات: يتم ادخال عدد مراكز الإنتاج وعدد مراكز الاستهلاك ونوع المادة المخزنة. ويمكن اختيار نوع المادة المخزنة (اسمنت، رمل، بلوك، بحص...) أو يمكن إضافة مادة جديدة وتحديد مدة تخزينها.

أولاً يتم ادخال كلف النقل من مراكز الطلب إلى مراكز الاستهلاك والكميات المطلوبة والمتوفرة كما في الشكل 4:

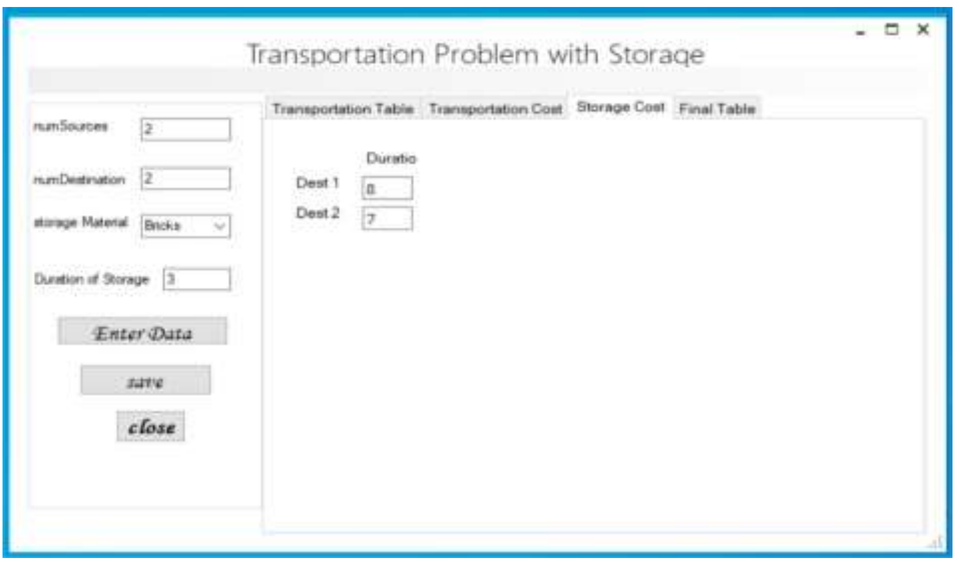


الشكل 4 كلفة النقل بين مراكز الانتاج ومراكز الاستهلاك

ثم يتم ادخال كلفة التخزين وكلفة النقل بين الورشات كما في الشكل 5 و6:

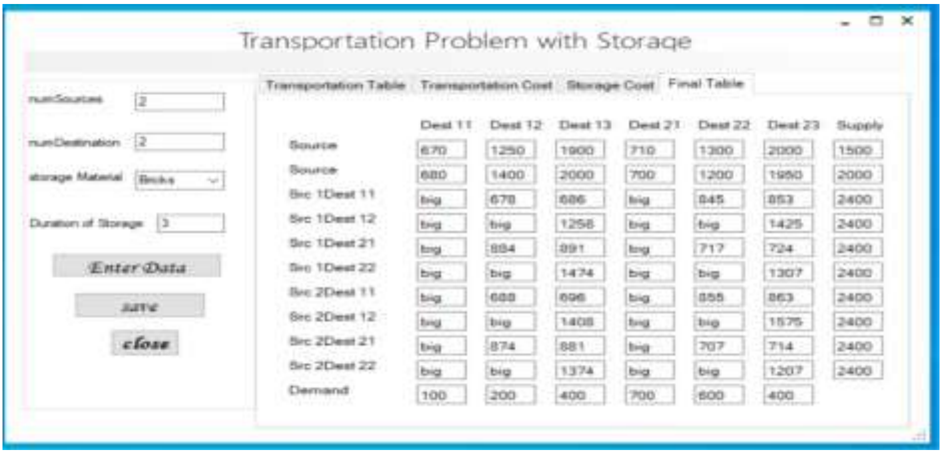


الشكل 5 كلفة النقل بين مراكز الاستهلاك



الشكل 6 كلفة التخزين في مراكز الاستهلاك

يقوم البرنامج بحساب جدول النقل النهائي موضحاً كلف النقل بين مراكز الطلب والاستهلاك والمستودعات حيث أن مراكز العرض الإضافية تكون الكمية المطلوبة فيها مساوية لمجموع الكميات المطلوبة كما في الشكل 7:

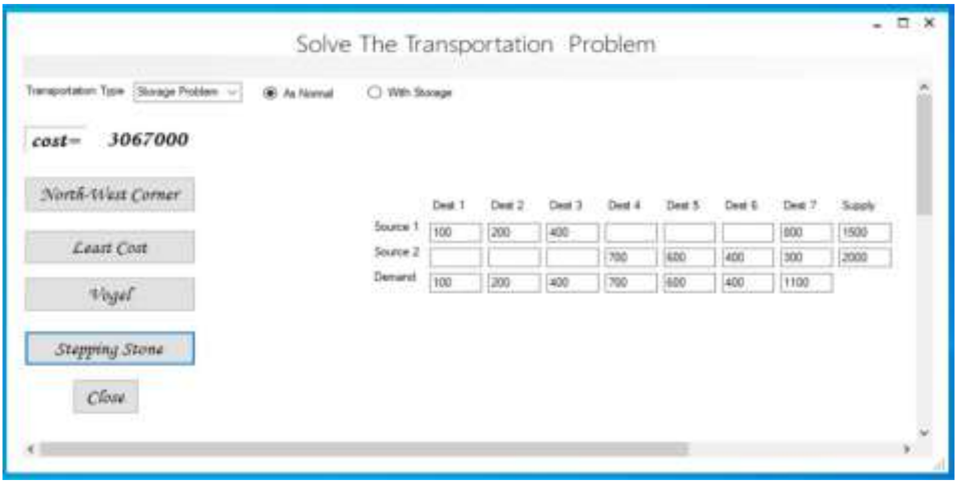


الشكل 7 جدول النقل النهائي

المخرجات:

عند اختيار حل المسألة تظهر نافذة يتم من خلالها اختيار نوع المسألة المطلوب حلها (عادية أو مع وجود مستودعات)، ووفقاً للاختيار تظهر الطرق المعروفة للحل ثم جدول النقل النهائي مع الكميات المنقولة وكلفة النقل الكلية.

مسألة النقل مع وجود مستودعات يمكن للبرنامج حلها كمسألة نقل عادية أو مع وجود مستودعات، الشكل 8. تم الاعتماد عند حل المسألة بوجود مستودعات على طريقتين (الطريقة الشمالية الغربية، طريقة الدرج للوصول إلى الحل المثالي).

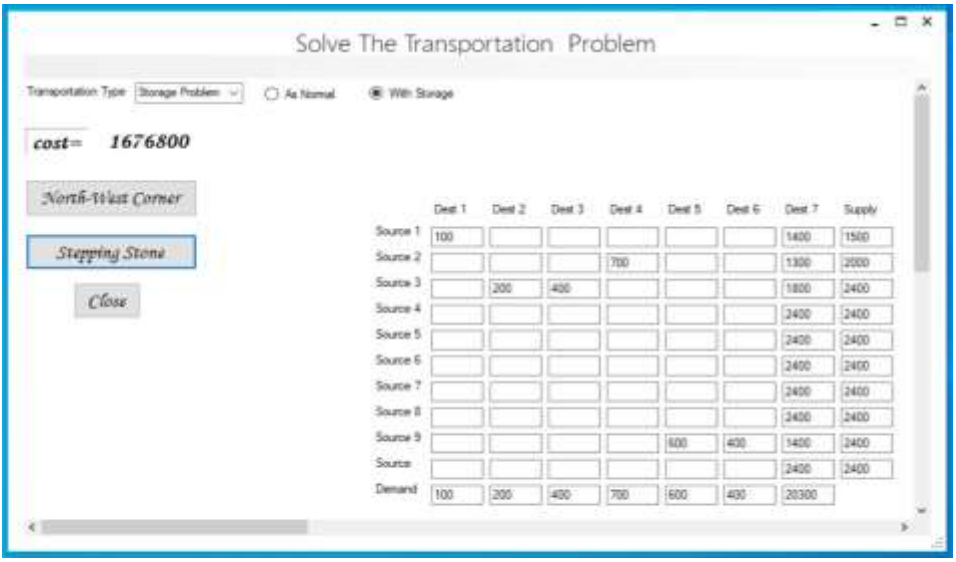


الشكل 8 حل مسألة النقل بوجود مستودعات كمسألة نقل عادية

لم يتم اعتماد طريقة الأقل كلفة وفوجيل في حل المسألة بوجود مستودعات لأنه عند تطبيقها دخل البرنامج بحلقة لا نهائية وذلك بسبب وجود خلايا لا يمكن النقل إليها وبالتالي هناك حجرات لم يتم اشباعها ولا يمكن الحصول على الحل القاعدي الأول.

يظهر الحل للمثال المقترح أنه يفضل استخدام التخزين حيث يقترح نقل البلوك من المركز الأول B1 إلى الورشة الاولى A1 واستخدامها بعد تخزينها لمدة شهرين في نفس الورشة.

ونقل البلوك من المركز الثاني B2 إلى الورشة الثانية A2 واستخدامها بعد تخزينها لمدة شهرين في نفس الورشة، كما في الشكل 9.



الشكل 9 حل مسألة النقل بوجود مستودعات

7. اختبار النموذج المقترح:

- تظهر النتائج للمثال المقترح أن استخدام التخزين خفّض الكلفة بنسبة 45% تقريباً حيث أن كلفة النقل في الحالة العادية كانت 3067000 بينما أصبحت في حال استخدام المستودعات 1676800.
- سنقوم في هذا القسم عرض ومناقشة نتائج اختبار البرنامج في الحالات الآتية:

<u>الحالة الأولى</u>: تغير سعر المادة فقط:

يبين الجدول 1 قيم كلف النقل في حالة زيادة سعر مادة البلوك خلال فترتي تخزين (3 أشهر، 6 أشهر):

التخزين لمدة 6 أشهر		التخزين لمدة 3 أشهر		نسبة الزيادة
كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية	
3096600	3097500	1675400	1675400	1%
3101800	3164900	1676800	1692000	2%

3101800	3233200	1676800	1709200	3%
3101800	3750400	1676800	1829600	10%

جدول 1 كلفة النقل العادية وبوجود مستودعات في حالة تغير سعر المادة فقط

نلاحظ من الجدول أنه يفضل استخدام المستودعات للحصول على أقل كلفة ممكنة عند زيادة الأسعار فقط بنسبة 2% وأكثر مع تخزين المادة لمدة 3 أشهر وزيادة الأسعار فقط بنسبة 1% وأكثر مع تخزين المادة لمدة 6 أشهر.

<u>الحالة الثانية</u>: تغير سعر المادة مع تغير كلفة التخزين:

يبين الجدول 2 قيم كلف النقل في حالة زيادة سعر مادة البلوك يرافقه تغير في كلفة التخزين بنفس النسبة خلال فترتي تخزين (3 أشهر، 6 أشهر):

التخزين لمدة 6 أشهر		التخزين لمدة 3 أشهر		نسبة الزيادة
كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية	
3096600	3097500	1675400	1675400	1%
3102800	3164900	1676800	1692000	2%
3103800	3233200	1676800	1709200	3%
3108900	3750400	1677600	1829600	10%

جدول 2 كلفة النقل العادية وبوجود مستودعات في حالة تغير سعر المادة وكلفة التخزين بنفس النسبة

نلاحظ من الجدول أن عند زيادة الأسعار وكلفة التخزين بنسبة 2% وأكثر مع تخزين لمدة 3 أشهر وعند زيادة الأسعار وكلفة التخزين بنسبة 1% وأكثر مع تخزين لمدة 6 أشهر وأكثر، يفضل استخدام المستودعات للحصول على أقل كلفة ممكنة.

الجدول 3 يوضح قيم كلف النقل في حالة زيادة سعر مادة البلوك يرافقه تغير في كلفة التخزين بنسب مختلفة خلال فترتي تخزين (3 أشهر، 6 أشهر):

التخزين لمدة 6 أشهر		التخزين لمدة 3 أشهر		نسبة زيادة كلفة التخزين	نسبة زيادة سعر المادة
كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية	كلفة النقل بوجود مستودعات	كلفة النقل العادية		
3096600	3097500	1675400	1675400	10%	1%
3108900	3164900	1677600	1692000	10%	2%
3117900	3233200	1678000	1709200	20%	3%
3126600	3750400	1678400	1829600	30%	10%

جدول 3 كلفة النقل العادية وبوجود مستودعات في حالة تغير سعر المادة وكلفة التخزين باختلاف نسبة الزيادة

نلاحظ من الجدول أنه يفضل استخدام المستودعات عند زيادة الأسعار بنسبة 2% وأكثر وذلك مهما زادت كلفة التخزين، وعند التخزين لمدة 6 أشهر وأكثر خزنت المادة لعدة أشهر فقط وذلك مع زيادة الأسعار 1% وأكثر مع اختلاف كلفة التخزين.

8. النتائج والتوصيات:

- تبدو نتائج النموذج المقترح لمسألة النقل بوجود المستودعات متقاربة بشكل كبير من أجل جميع حالات تغير الأسعار، وعلى الرغم من تقارب النتائج نلاحظ بشكل عام أن البرنامج كان قادر على اعطاء صورة عامة عن خطة وكلفة النقل في حال استخدام المستودعات.
- تعتبر هذه الدراسة الخطوة الأولى للحصول على نموذج يحل مسألة النقل مع إمكانية تخزين المواد ليتم بعدها برمجة هذا النموذج واختباره وهذا يقودنا إلى الخطوة الأهم وهي الوصول إلى برنامج قادر على حل النموذج.

- النموذج المقترح وطرق الحل المعتمدة هي حاصل دراسة مرجعية، ويمكن أن يتغير جزء منها تبعا لتغير النموذج واللغة البرمجية المستخدمة. ولكن الدراسة المقدمة تقدم نواة بحثية يمكن الاستعانة بها لتطوير مسائل النقل في مجال التغلب على تضخم الأسعار.
- يمكن اقتراح نموذج آخر للمسألة واستخدام المستودع في تخزين أكثر من مادة في نفس الورشة، بالإضافة إلى إمكانية إيجاد حل للمسألة بطرق جديدة.
- يمكن أيضاً ربط البرنامج بشبكة خرائط لمراكز العرض وتحديد أماكن الورشات ليقوم البرنامج بتحديد المراكز القريبة والتي تحقق أقل كلفة نقل بين مراكز العرض والطلب.

9. المراجع العربية:

[1] حمادة، عفراء 2018 **حل مشكلة النقل بالطرق المباشرة لإيجاد الحل الأمثل (بعض مستودعات النفط في بغداد_ حالة دراسية)**، مجلة المثنى للعلوم الادارية والاقتصادية.

[2] أحلام، دريدي 2018 **دور استخدام أساليب بحوث العمليات في تحسين أداء المؤسسات الجزائرية**، جامعة محمد خيضر-بسكرة (كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلم التسيير).

[3] م. ح. ب. م. ز. ج. أ.م.د عبد الجبار خضر بخيت 2018 "**استخدام خوارزمية الرنك (Al-Rank) لاتخاذ القرار المثل لنماذج النقل الضبابية**،" pp. 486-501.

[4] العلي، إبراهيم 2003-2004 **مدخل إلى بحوث العمليات**، جامعية تشرين (كلية الاقتصاد).

[5] فريد،بن ختو 2016 **مطبوعة في تقنيات تسيير المخزون**، جامعة قاصدي مرباح-ورقلة (كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير).

10. المراجع الاجنبية:

[1] S. J. M. K. Abdul Quddoos،, 07July 2012 "**A New Method for Finding an Optimal Solution for Transportation Problems** "،pp. 1271-1274.

[2] L. S. M. B. Vladica Stojanovic ، September 2014 "**Software Application for Solving the Transportation Problem** "، *https://www.researchgate.net* ،pp. 23-26 .

[3] A. M. M. H. S. I. E. H. A. Moh'd Ishaq Abu Halawa 2016 ، "**An Optimal Solution for Transportation Problem Using Computing Modelling**،" ResearchGate.

[4] Dr.J.Sengamalaselvi 06January 2017 ."**SOLVING TRANSPORTATION PROBLEM BY USING MATLAB** "، http:// www.ijesrt.com ،pp. 374-381.