تطبيق نماذج النقل في بحوث العمليات لتقليل كلف نقل الطاقة الكهربائية

م.د. سامي غني خضير عطره

جامعة المصطفى

ECONOMICS AND ADMINISTRATIVE STUDIES JOURNAL (EASJ)

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

تطبيق نماذج النقل في بحوث العمليات لتقليل كلف نقل الطاقة الكهربائية

Application of transportation models in operations research to reduce electrical power transmission costs

م.د. سامي غني خضير عطره *

جامعة المصطفى

Teacher Dr. Sami Ghani Khadir Etraa *

Al-Mustafa University

تاريخ الاستلام: 2025/02/02 تاريخ القبول: 2025/04/07 تاريخ النشر: 2025/12/01

Received: 02/02/2025 Accepted: 07/04/2025 Published: 01/12/2025

المستخلص:

في هذا البحث تم استخدام اساليب بحوث العمليات لاستخراج عدة نتائج لكلفة نقل الطاقة الكهربائية من محطات انتاجها إلى المدن التي تستهلكها وذلك عن طريق ايجاد الحل الأساسي الابتدائي المقبول واختيار الكلفة الأقل من بينها ومن ثم اجراء الاختبارات على هذه الكلفة الأقل لمعرفة هل ان هذه الكلفة الأقل لا يمكن تحسينها (تقليلها اكثر) وبذلك تعتبر هي الحل الأمثل، او يمكن تقليلها إلى حد معين وبذلك تكون الكلفة الجديدة هي التي تمثل الحل الأمثل وكل ذلك يتم باستخدام طريقتي الاختبار طريقة الحجر او المسار المتعرج وطريقة المضاعفات او عوامل الضرب ، حيث قام الباحث بتصميم حالتين ، تبين في الحالة الأولى ان اقل كلفة من كلف الحل الأساسي الابتدائي المقبول(وبعد استخدام طريقتي الاختبار المشار اليها في اعلاه) لا يمكن تقليلها وبذلك تمثل هذه الكلفة الحل الأمثل ، أما في الحالة الثانية فقد امكن تخفيض اقل كلفة من كلف الحل الأساسي الابتدائي المقبول وبذلك تعتبر الكلفة المخفضة هي الحل الأمثل ، وفي نهاية البحث تم التوصل الى عدد من الاستنتاجات منها وجوب استخراج نتائج الحل الأساسي الابتدائي المقبول بالطرق الثلاثة التي تم ذكرها في البحث والتركيز على الكلفة الأقل المستخرجة منها لمعرفة هل هي تمثل (الحل الأمثل) ام لا بحيث يمكن تحسينها (تخفيضها) للوصول الى الحل الأمثل الجديد باستخدام طريقتي المسار المتعرج والمضاعفات ، وان دقة النتائج التي توفرها النماذج الإحصائية المستخدمة في حساب كلفة النقل مرهونة بتوافر وموثوقية البيانات الإحصائية المستخدمة ، وتم اقتراح عدد من التوصيات .

الكلمات المفتاحيه: الحل الأساسي الابتدائي المقبول ، الحل الأمثل ، طريقة الحجر او المسار المتعرج ، طريقة المضاعفات او عوامل الضرب.

Abstract

In this research, operations research methods were used to extract several results for the cost of electric power transfer from its production station to consuming cities,this is by finding the Starting Basic Feasible Solution (S.B.F.S) and choose the lowest cost than them,then tests at this lowest cost to find out that this cost is the lowest cannot be improve (reducing it more) and thus is the optimal solution,or it can be reduced to a certain extent and thus the new cost that represents the optimal solution,all of this is used by using the two methods of testing,stepping stone or winding path method and multiplication factors, where the researcher designed two cases,the first case shows that the lowest cost of the Starting Basic Feasible Solution(after using the tests referred in the above) it cannot be reduced,so

*Corresponding Author: sami_atrah@yahoo.com

this cost represents the optimal solution.As for the second case,it was possible to reduce the lowest cost of the costs of the (S.B.F.S),and thus the reduced cost is the optimal solution. At the end of the research,a number of conclusions were reached,including that the results of starting basic feasible solution must be extracted by the three methods mentioned in the research and focusing on the lowest cost from it to know whether it represents the optimal solution or not so that it can be improved (reduced) to reach the new optimal solution using the way of winding path and multiplication,the accuracy of the results provided by the statistical models used in the calculation of the transportation cost is subject to the availability and reliability of the statistical data used,and a number of recommendations have suggested.

Keywords: Basic, accepted, primary, optimal, zigzag method, multiplier method

المقدمة Introduction

من المعروف ان كلفة تقديم السلعة او الخدمة للمستهلك تتأثر بعوامل عدة منها كلفة النقل لهذه السلعة او الخدمة وفي هذا البحث استخدمنا اساليب بحوث العمليات Operations Research ومنها ايجاد الحل الأساسي الابتدائي (الأولي) المقبول (.Starting Basic Feasible Solution(S.B.F.S من اجل استخراج عدة نتائج لكلفة النقل واختيار الأقل منها ، حيث قام الباحث بتصميم جدول لنقل الطاقة الكهربائية من ثلاث محطات لإنتاجها وتوزيعها إلى اربعة مدن بكلف نقل بالمليون دينار لكل ميكا واط (وحدة قياس الطاقة) حيث تباينت كلف النقل هذه من كل محطة الى كل مدينة من المدن الأربعة ثم تطبيق ثلاث طرق لاستخراج (.S.B.F.S) واختيار اقلها كلفة ، ثم نقوم باختبار هل ان الكلفة الأقل هذه لا يمكن تخفيضها وبذلك هي تمثل الحل الأمثل Optimal Solution الذي نبحث عنه او يمكن تقليلها (تحسينها) حيث يتم معرفة ذلك باستخدام طريقتي اختبار الأولى تسمى طريقة المسار المتعرج والثانية طريقة المضاعفات او عوامل الضرب حيث تبين من خلال العمل على تصميين (جدولين) لنقل الطاقة من (تصميم الباحث) أن النتيجة الأقل كلفة من التصميم (الجدول) الأول والتي ظهرت عن طريق ايجاد الحل الأساسي الابتدائي المقبول لا يمكن تخفيضها عند تطبيق طريقتي الاختبار المذكورة سابقا وعندها اعتبرت هي تمثل الحل الأمثل ، بينما كانت نتيجة التصميم الثاني قابلة للتخفيض عند تطبيق طريقتي الاختبار المشار اليها في اعلاه حيث تم الاستمرار بتخفيض كلفة النقل الى الحد الذي لا يمكن بعده اجراء اي تخفيض(تحسين) وعند ذلك اعتبرت هذه الكلفة المخفضة الأخيرة تمثل الحل الأمثل والذي هو اقل من اقل كلفة مستخرجة عن طريق الحل الأساسي الابتدائي المقبول وبذلك تم تطبيق الأساليب العلمية من اجل تقليل كلف النقل إلى ادنى حد ممكن .

مشكلة البحثResearch Problem

تتلخص مشكلة البحث في كيفية استخدام الوسائل والطرق العلمية ومنها بحوث العمليات لمعالجة مشاكل نقل الطاقة الكهربائية من محطات التوليد إلى مناطق التجهيز وبالتالي تخفيض تكاليف نقل هذه الطاقة إلى اقل ما يمكن اي الوصول إلى الحل الامثل .

اهداف البحثResearch Objectives

إن اهم اهداف هذا البحث هو حث المسؤولين في المؤسسات الحكومية وشركات القطاع الخاص على اتباع الأساليب العلمية في مجال نقل سلعهم وخدماتهم وبما يضمن وصولها للجهات الطالبة بأقل التكاليف .

اهمية البحثResearch Importance

تتجلى اهمية البحث في ضرورة ادراك ونشر فعالية الاعتماد على الأساليب العلمية وبما يضمن تقليل كلف نقل السلع والخدمات من القطاعين الحكومي والخاص إلى الحد الأدنى الأمر الذي سيؤدي الى توفير مبالغ كبيرة ممكن ان تستغل في دعم الاقتصاد الوطني للبلد وبالتالي انخفاض اسعار هذه السلع والخدمات عند تقديمها للمواطنين .

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

الدراسات السابقة

زيدان ،عبد السلام 2012 ، محاولة تحسين منهجية الحصول على الحل الاساسي في مسائل النقل من خلال تعديل الطرق الحالية لبعض الحالات الخاصة ،قام الباحث بتطوير طريقتين للحصول على الحل الاساسي الممكن ،تعتمد الطريقة الاولى على مؤشر الكلف العظمى للنقل بين المراكز فيما تركز الطريقة الثانية على مؤشر الكلفة والكمية (الكلفة الفعلية) كمؤشر لتحديد خطة النقل في الحل الاساسي الممكن .

الشيخ،عبد الله محمد،واخرون 2015،الانحلالية في نماذج النقل(مسبباتها واختلاف وجهات النظر حول امكانية تحسين الحل في وجودها) ،حيث تم التطرق الى ظاهرة الانحلال كإحدى الحالات الخاصة التي تواجه نماذج النقل ، لان ظهور هذه الظاهرة تعد عائقا امام تحسين الحل ، وتم التطرق الى كيفية التعرف على هذه الظاهرة وتحديد مواضع ظهورها اي في مراحل الحل الابتدائي أم في جداول التحسين واسباب ظهورها وطرق معالجتها .

العرباوي،عمر. بلمقدم،مصطفى 2017،مشكلة النقل كأداة مساعدة على اتخاذ قرارات اقل تكلفة،يهدف البحث الى استخدام الاساليب الكمية لاتخاذ القرارات حيث حاول الباحثان انضاج بعض الطرق لتقليل التكاليف عند عملية نقل وتوزيع المادة الاولية من المحاجر الى الوحدات الانتاجية في المؤسسة الوطنية للاحجار الطبيعية بسيدي بلعباس،وتطرق الباحثان الى طريقتي المسار المتعرج وعوامل الضرب اللتان تستخدمان لاختبار الحل الأساسي الإبتدائي المقبول في حالة كونه مثالي، وتحسينه في حالة كونه غير مثالي.

فرضية البحثResearch Hypothesis

إن الاعتماد على الأساليب العلمية في تقديم خدمات النقل (للسلع والخدمات) يقلل من المبالغ والكلف المصروفة على تقديم هذه الخدمات.

تعريف مشكلة النقلDefinition of Transportation Problem

تعرف مشكلة النقل بأنها عملية نقل مواد او خدمات متشابهة (متجانسة) من الاصول Sources (المركز الإنتاجي او التسويقي او المصنع) الى عدد من محطات الطلب او الاستهلاك Distinations بأقل التكاليف بشرط ان تكون طاقات العرض لكل مصدر تجهيز وكميات الطلب لكل محطة استهلاك وكلفة نقل الوحدة الواحدة من المنتج او الخدمة من اي مصدر تجهيز الى اي جهة طلب كلها معروفة ومحددة .

وبافتراض ان الكلفة خطية ، فنموذج البرمجة الخطية لمشكلة النقل يكون:

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

s.t.

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

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = b_j \qquad (3)$$

$$X_{ij} \geq 0$$

يتضمن نموذج النقل mمن مصادر التجهيز، n من محطات الاستهلاك او الطلب اضافة الى ذلك نفترض ان:

ai تمثل عدد الوحدات المعروضة عند مصدر التجهيز i حيث $i=1,2,3,\ldots,m$

bj تمثل عدد الوحدات المطلوبة لمحطة الاستهلاك او الموقع j حيث $j=1,2,3,\ldots,n$

Cij تمثل كلفة نقل الوحدة الواحدة من المنتج من مصدر التجهيز i الى محطة الاستهلاك j

Xij تمثل عدد الوحدات من المنتج التي ستنقل من مصدر التجهيز i الى محطة الاستهلاك j

والشكل التالي يبين الصورة الجدولية العامة لنموذج النقل:

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

To / From	1	2	....	j	....	n	Supply الوحدات المعروضة
1	C_{11} X_{11}	C_{12} X_{12}	....	C_{1j} X_{1j}	....	C_{1n} X_{1n}	a_1
2	C_{21} X_{21}	C_{22} X_{22}	....	C_{2j} X_{2j}	....	C_{2n} X_{2n}	a_2
3	C_{31} X_{31}	C_{32} X_{32}	....	C_{3j} X_{3j}	....	C_{3n} X_{3n}	a_3
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
i	C_{i1} X_{i1}	C_{i2} X_{i2}	....	C_{ij} X_{ij}	....	C_{in} X_{in}	a_i
. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .	. . . .
m	C_{m1} X_{m1}	C_{m2} X_{m2}	....	C_{mj} X_{mj}	....	C_{mn} X_{mn}	a_m
Demand الوحدات المطلوبة	b_1	b_2	....	b_j	....	b_n	$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j$

الصورة الجدولية العامة لنموذج النقل

ايجاد الحل الأساسي الابتدائي (الأولي) المقبول S.B.F.S.

توجد ثلاث طرائق رئيسية تستخدم لتحديد الحل الأساسي الابتدائي المقبول Starting Basic Feasible) Solution) سنستعرضها باختصار وهي :

طريقة الركن الشمالي الغربي North-West Corner Method

طريقة اقل كلفة ممكنة Least Cost Method

طريقة تقريب فوجل VAM))Vogel,s Approximation Method

طريقة الركن الشمالي الغربي North-West Corner Method

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

في هذه الطريقة نبدأ من اقصى الركن الشمالي الغربي اي من الخلية X11 ولذلك سميت هذه الطريقة بهذا الاسم، وتعتبر هذه الطريقة من ابسط الطرق ويتم الحل بهذه الطريقة بعد التأكد من ان جدول النقل في حالة توازن Balance اي:

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

وحسب الخطوات الآتية :

أ. نبدأ بالخلية الأولى الواقعة في الجهة العليا اليسرى(الزاوية الشمالية الغربية) لجدول النقل ،ثم نخصص لهذه الخلية اكبر عدد ممكن من وحدات البضاعة ويكون هذا العدد المخصص هو الأقل في صف الكمية المعروضة المتوفرة وعمود الطلب على البضاعة .

ب. ننقص كمية العرض في الصف وكمية الطلب في العمود بنفس كمية الوحدات التي خصصت للخلية اعلاه.

ت. اذا اصبح العرض في الصف مساويا لصفر نحذف هذا الصف ونتحرك الى الأسفل في العمود الى الخلية التالية ، اما اذا اصبح الطلب في العمود مساويا لصفر نحذف هذا العمود ونتحرك الى اليمين في الصف الى الخلية التالية ، اما اذا اصبح كل من العرض في الصف والطلب في العمود مساويين فنتحرك الى الأسفل خلية واحدة ثم الى اليمين خلية اخرى.

ث. نخصص للخلية (والتي تم تحديدها في الخطوة السابقة) اكبر عدد ممكن من وحدات البضاعة ثم نعود ونستمر بحسب الخطوات السابقة...وهكذا حتى نصل الى الحل الأساسي الابتدائي المقبول (Starting Basic Feasible Solution) .

طريقة اقل كلفة ممكنة Least Cost Method

تكون افضل من الطريقة السابقة لأنها تأخذ التكاليف بنظر الاعتبار وفيها يتم توزيع الكميات المعروضة على ضوء الكميات المطلوبة وحسب اقل كلفة نقل ممكنة وهذا يتطلب استعراض جدول التكاليف وتحديد اقل كلفة نقل ممكنة ، عندئذ نخصص اكبر كمية ممكنة من البضاعة لهذا المتغير(الخلية) على ضوء الكمية المعروضة في الصف والكمية المطلوبة في العمود(الصف والعمود اللذان يشتركان في تحديد موقع هذا المتغير او الخلية) ونحذف الصف او العمود الذي اصبح مجموعه صفرا بعد ذلك نحدد الخلية التي تحتوي اقل كلفة متبقية ونخصص كمية لهذا المتغير (الخلية) الجديد وهكذا نستمر الى ان يتم توزيع الوحدات المعروضة كافة على محطات (مواقع) الطلب كافة ، ويجب ان نلاحظ انه عندما تتساوى اصغر كلفتي نقل في الجدول فممكن ان يتم الاختيار بينهما عشوائيا.

طريقة تقريب فوجل VAM))Vogel,s Approximation Method

ويطلق عليها طريقة (VAM) او طريقة الجزاءPenalty Method او طريقة كلفة الفرصة البديلة Alternative Cost Method وتعتبر هذه الطريقة افضل الطرق لإيجاد الحل الأساسي الابتدائي المقبول (S.B.F.S) لمسائل النقل واحيانا تؤدي هذه الطريقة الى تحقيق الحل الأمثل Optimal Solution لنموذج النقل .

وتتلخص الخطوات الأساسية لهذه الطريقة بالآتي :

أ. نحسب الفرق بين اصغر كلفتين لكل صف ولكل عمود في جدول التكاليف ويسمى هذا الفرق بكلفة الجزاءPenalty Cost .

ب. نختار الفرق الأكبر من بين تكاليف الجزاء للصفوف والأعمدة على السواء وفي حالة تساوي بعض الفروق فممكن ان نختار الصف او العمود المناظر لأعلى فرق عشوائيا".

ت. بعد تحديد الصف او العمود المناظر لأعلى فرق نخصص كمية للمتغير(الخلية) الذي تكون كلفة نقله اقل ما يمكن في ذلك الصف او العمود وتكون الكمية المخصصة هي اكبر كمية ممكنة لسد حاجة الموقع المعني.

ث. نحذف الصف او العمود الذي اصبح مجموعه صفرا".

ج. نكرر الخطوات السابقة اعلاه ونستمر الى ان توزع جميع الوحدات المعروضة على محطات الطلب

توازن جدول النقلBalance of Transportation Schedule

يكون جدول النقل متوازن Balanced اذا كان مجموع الكميات المجهزة من قبل كل مصادر التجهيز مساوي لمجموع الكميات المطلوبة من كل جهات الطلب اي :

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j$$

ولكن في احيان كثيرة يصعب تحقيق شرط التوازن بين مجموع الكميات المعروضة ومجموع الكميات المطلوبة اي ان (4) :

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

وفي هذه الحالة يكون جدول النقل غير متوازن Unbalanced .

وهذا يعتبر إخلال بشرط اساسي من شروط ايجاد الحل لمشكلة النقل وعندها ولجعل جدول النقل متوازن حتى نستطيع اتمام عملية النقل نقوم بإضافة إما صف يمثل مصدر عرض وهمي او عمود يمثل جهة طلب وهمية وحسب الحالة التي نحن بصددها ، فإذا كان مجموع كمية الطلب اكبر من مجموع كمية العرض في جدول النقل نضيف مصدر(صف) عرض وهمي Dummy Source) (بحيث تكون كمية العرض فيه تساوي حاصل الفرق بين مجموع الطلب ومجموع العرض اي ان :

$$\sum_{j=1}^{n} b_j - \sum_{i=1}^{m} a_i$$

وذلك لسد العجز الحاصل في الكمية المعروضة وجعل جدول النقل متوازن .

اما اذا كان مجموع كمية العرض اكبر من مجموع كمية الطلب في جدول النقل ففي هذه الحالة نضيف جهة طلب (عمود) وهمية(Dummy Destination) بحيث تكون كمية الطلب فيه تساوي حاصل الفرق بين مجموع العرض ومجموع الطلب اي ان :

$$\sum_{i=1}^{m} \left[a_i - \sum_{j=1}^{n} b_j \right]$$

وذلك لسد العجز الحاصل في كمية الطلب وجعل جدول النقل متوازن، علما ان كلفة نقل وحدة واحدة من اي مصدر عرض وهمي الى اي جهة طلب تساوي صفر.

ايجاد الحل الأمثلFind the Optimal Solution

To / From	A	B	C	D
1	4	2	5	3
2	2	1	4	2
3	5	3	1	4

ولتوضيح الحل نقوم بتفريغ جميع المعلومات في جدول موحد وكالآتي :

To / From	A	B	C	D	Supply
1	4	2	5	3	20
2	2	1	4	2	17
3	5	3	1	4	23
Demand	15	11	9	13	

حيث يلاحظ ان مجموع الطاقة المجهزة(المتوفرة) هو 60 ميكا واط بينما مجموع الطلب هو48 ميكا واط اي ان الجدول غير متوازنUnbalanced لذا يتوجب علينا اضافة مدينة وهمية ولتكن (E) بحيث تكون كلف نقل الطاقة الكهربائية اليها يساوي (صفر) ومقدار تجهيزها بالطاقة الكهربائية هو(12=48-60) ميكا واط يوميا، وبذلك يكون الجدول المتوازن كالآتي:

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

To From	A	B	C	D	E	Supply
1	4	2	5	3	0	20
2	2	1	4	2	0	17
3	5	3	1	4	0	23
Demand	15	11	9	13	12	60

وبعدها نقوم بحساب الآتي:

1. ايجاد الحل الأساسي الابتدائي المقبول(.S.B.F.S) وكالآتي:

أ. طريقة الركن الشمالي الغربي

To From	A	B	C	D	E	Supply
1	4 15	2 5	5	3	0	20-5-0
2	2	1 6	4 9	2 2	0	17-11-2-0
3	5	3	1	4 11	0 12	23-12-0
Demand	15	11	9	13	12	60

من الجدول اعلاه نستنتج ان الكلفة الإجمالية للنقل هي:

T.T.C=4(15)+2(5)+1(6)+4(9)+2(2)+4(11)+0(12) =160 Million Dinar

ب. باستخدام طريقة اقل كلفة ممكنة

To From	A	B	C	D	E	Supply

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

1	4 7	2	5	3 13	0	20 -7-0
2	2 6	1 11	4	2	0	17-6-0
3	5 2	3	1 9	4	0 12	23-14-12-0
Demand	15 9 2 0	11 0	9 0	13 0	12 0	60

T.T.C=4(7)+3(13)+2(6)+1(11)+5(2)+1(9)+0(12)=109 Million Dinar

ت.بإستخدام طريقة تقريب فوجل Vogel 's Approximation Method

To From	A	B	C	D	E	Supply	Penalty Cost
1	4	2 9	5	3 11	0	20-11-0	2-2-1-1-1
2	2 15	1 2	4	2	0	17-2-0	1-1-1-1
3	5	3	1 9	4 2	0 12	23-14-2-0	1-3-1-1-1
Demand	15 0	11 9 0	9 0	13 2 0	12 0	60	
Penalty Cost	2 2 2	1 1 1	3	1 1 1	0 0		

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

		1 1		1 1			

T.T.C=2(9)+3(11)+2(15)+1(2)+1(9)+4(2)+0(12)=100 Million Dinar

حيث نلاحظ من نتائج تطبيق الطرائق الثلاثة ان الكلفة الإجمالية للنقل مختلفة باختلاف الطريقة حيث كانت :

الركن الشمالي الغربي 160 مليون دينار

الأقل كلفة 109 مليون دينار

تقريب فوجل 100 مليون دينار

وبناء" على ما تقدم تعتبر طريقة تقريب فوجل هي الأفضل من بين الطرائق الثلاثة .

واستنادا" للحل الأولي الأساسي المقبول S.B.F.S والذي حصلنا عليه من استخدام طريقة تقريب فوجل V.A.M) (وبهدف الوصول الى الحل الأمثل Optimal Solution لابد من استخدام احدى الطريقتين التاليتين لاختبار وتحسين الحل الأولي وبعد ان يتم تحقق الشرط الأساسي التالي:

Number of Basic Cells= Number of Rows+ Number of Columns-1 ___________(8)

m+n-1 =

7= 1-5+3 =

1.Stepping Stone or Winding Path Method طريقة الحجر او المسار المتعرج

في هذه الطريقة وكما اوضحنا سابقا فإننا يتوجب علينا ان نجد المسارات المتعرجة لجميع الخلايا غير الأساسية وكذلك صافي الزيادة في الكلفة $\bar{C}_{ij}$ لكل مسار وكالآتي:

X11	X12	X22	X21	$\bar{C}_{11}$	= 4-2+1-2=1
X13	X14	X34	X33	$\bar{C}_{13}$	= 5-3+4-1=5
X15	X35	X34	X14	$\bar{C}_{15}$	= 0-0+4-3=1
X11	X12	X22	X21 :	$\bar{C}_{12}$	= 4-2+1-2=1
X24	X14	X12	X22 :	$\bar{C}_{24}$	= 2-3+2-1=0
X11	X12	X22	X21 :	$\bar{C}_{12}$	= 4-2+1-2=1
X11	X12	X22	X21 :	C12	= 4-2+1-2=1
X32	X12	X14	X34 :	C32	= 3-2+3-4=0

بالنظر لعدم وجود اية قيمة سالبة اذن فالحل الابتدائي الأساسي المقبول هو الحل الأمثل .

وعليه فإن التجهيز للمدن الأربعة يكون كالآتي :

تجهز المحطة الأولى المدينة الثانية بـ 9 ميكا واط والمدينة الرابعة بـ 11 ميكا واط

تجهز المحطة الثانية المدينة الأولى بـ 15 ميكا واط والمدينة الثانية بـ 2 ميكا واط

تجهز المحطة الثالثة المدينة الثالثة بـ 9 ميكا واط والمدينة الرابعة بـ 2 ميكا واط

2 Method of Multiplication or Multiplication Factors. طريقة المضاعفات او عوامل الضرب

استنادا للحل الأساسي الابتدائي (الأولي) المقبول (S.B.F.S.)المستخرج من طريقة فوجل ، ففي هذه الطريقة سنجد قيم المضاعفات Ui و Vj من العلاقة الرياضية التالية: Ui +Vj = Cij للخلايا الأساسية حيث سيتكون لدينا m+n-1)) من المعادلات لوجود m+n-1)) من المتغيرات الأساسية والتي لها

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

m+n)) من المجاهيل ،حيث يمكننا تقدير قيم المضاعفات من هذه المعادلات بافتراض قيمة عشوائية لاحد المضاعفات (عادة نفترض ان U1=0 (وبعدئذ نقدر الكلفة الجديدة C¯_ij لكل متغير غير اساسي X_ij فيكون:

$$\bar{C}_{ij} = C_{ij} - \left(U_i + V_j\right)$$

To / From	A	B	C	D	E	Supply
1	4	2 9	5	3 11	0	20-11- 0
2	2 15	1 2	4	2	0	17-2-0
3	5	3	1 9	4 2	0 12	23-14-2-0
Demand	15 0	11 9 0	9 0	13 2 0	12 0	60

$C_{12}=U_{1+}V_2=2$ (where $U_1=0$) $V_2=2$ $\longrightarrow$

$C_{14}=U_{1+}V_4=3$ (where $U_1=0$) $V_4=3$ $\longrightarrow$

$C_{22}=U_{2+}V_2=1$ (where $V_2=2$) $U_2=-1$ $\longrightarrow$

$C_{21}=U_{2+}V_1=2$ (where $U_2=-1$) $V_1=3$ $\longrightarrow$

$C_{34}=U_{3+}V_4=4$ (where $V_4=3$) $U_3=1$ $\longrightarrow$

$C_{33}=U_{3+}V_3=1$ (where $U_3=1$) $V_3=0$ $\longrightarrow$

$C_{35}=U_{3+}V_5=0$ (where $U_3=1$) $V_5=-1$ $\longrightarrow$

أما بالنسبة للخلايا غير الأساسية فنجد لها C_{ij}: من العلاقة

$$\bar{C}_{ij} = C_{ij} - (U_i + V_j)$$

وكالآتي :

$\bar{C}_{11}=C_{11}-(U_1-V_1)=4-(0+3)=1$

$\bar{C}_{13}=C_{13}-(U_1-V_3)=5-(0+0)=5$

$\bar{C}_{15}=C_{15}-(U_1-V_5)=0-(0+(-1))=1$

$\bar{C}_{23}=C_{23}-(U_2-V_3)=4-(-1+0)=5$

$\bar{C}_{24}=C_{24}-(U_2-V_4)=2-(-1+3)=0$

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

$\bar{C}_{25}=C_{25}-(U_2-V_5)=0-(-1+(-1))=2$

$\bar{C}_{31}=C_{31}-(U_3-V_1)=5-(1+3)=1$

$\bar{C}_{32}=C_{32}-(U_3-V_2)=3-(1+2)=0$

ونظرا لعدم وجود اية قيمة سالبة اذن الحل الأساسي الابتدائي (الأولي) المقبول(.S.B.F.S) هو الحل الأمثل.
وعليه فإن التجهيز للمدن الأربعة وفق طريقة المضاعفات يكون كالآتي :
تجهز المحطة الأولى المدينة الثانية بـ 9 ميكا واط والمدينة الرابعة بـ 11 ميكا واط
تجهز المحطة الثانية المدينة الأولى بـ 15 ميكا واط والمدينة الثانية بـ 2 ميكا واط
تجهز المحطة الثالثة المدينة الثالثة بـ 9 ميكا واط والمدينة الرابعة بـ 2 ميكا واط
والآن لو قمنا بأخذ المثال السابق (مثال المحطات الثلاثة والمدن الأربعة) ولكن بكلف تجهيز مختلفة وكالآتي:

To / From	1	2	3	4	Supply a_i
A	2	5	3	2	20
B	3	2	5	4	20
C	4	1	2	4	25
Demand b_j	15	20	12	18	65

ثم نقوم بحساب الحل الأساسي الابتدائي (الأولي) المقبول(.S.B.F.S) وكالآتي:
أ. طريقة الركن الشمالي الغربي

To / From	1	2	3	4	Supply a_i
A	2 15	5 5	3	2	20 5 0
B	3	2 15	5 5	4	20 5 0
C	4	1	2 7	4 18	25 18 0
Demand b_j	15 0	20 15 0	12 7 0	18 0	65

T.T.C.=2(15)+5(5)+2(15)+5(5)+2(7)+4(18)
=30+25+30+25+14+72=196 مليون دينار

ب. طريقة اقل كلفة

To	1	2	3	4	Supply

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

From					a_i
A	2 2	5	3	2 18	20 2 0
B	3 13	2	5 7	4	0 7 20
C	4	1 20	2 5	4	5 052
Demand b_j	15 13 0	20 0	12 7 0	18 0	65

T.T.C.=2(2)+2(18)+3(13)+5(7)+1(20)+2(5)

=4+36+39+35+20+10=144 مليون دينار

ت. باستخدام طريقة تقريب فوجل

To From	1	2	3	4	Supply a_i	Penality Cost P.C
A	2	5	3 2	2 18	20 2 0	0 1 1 1
B	3 15	2	5 5	4	20 5 0	1 1 2 2
C	4	1 20	2 5	4	25 5 0	1 1 2
Demand b_j	15 0	20 0	12 7 5 0	18 0	65	
Penality Cost P.C	1 1 1 1	1 1	1 1 1 2	2		

T.T.C.=3(2)+2(18)+3(15)+5(5)+1(20)+2(5)

=6+36+45+25+20+10=142 مليون دينار

اذن نتائج الكلف الإجمالية الكلية التي حصلنا عليها(نتائج الحل الأساسي الابتدائي المقبول) كانت كالآتي:

1.طريقة الركن الشمالي الغربي196مليون

2.طريقة اقل كلفة144مليون دينار

3.طريقة تقريب فوجل142مليون دينار

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

ولكون نتيجة الحل الأساسي الابتدائي المقبول لطريقة تقريب فوجل كانت هي الأقل فسيتم اختبارها بطريقة المسار المتعرج وطريقة المضاعفات لمعرفة هل هي تمثل الحل الأمثل(ادنى كلفة) ونتوقف او ممكن اجراء التحسينات عليها(تقليلها) وكالآتي:

1. بطريقة الحجر او المسار المتعرج

من جدول فوجل الأخير سنجد المسارات المتعرجة لكل الخلايا غير الأساسية(غير المملوؤة او غير المشحونة بالبضاعة) وكذلك نجد صافي الزيادة(دليل التحسين)$\bar{C}_{ij}$ لكل مسار متعرج وكالآتي:

$X_{11} \rightarrow X_{21} \rightarrow X_{23} X_{13} \rightarrow$: $\bar{C}_{11}$=2-3+5-3=1

$X_{12} \rightarrow X_{32} \rightarrow X_{33} X_{13} \rightarrow$: $\bar{C}_{12}$=5-1+2-3=3

$X_{22} \rightarrow X_{32} \rightarrow X_{33} X_{23} \rightarrow$: $\bar{C}_{22}$=2-1+2-5=-2 negative

$X_{24} \rightarrow X_{14} \rightarrow X_{13} X_{23} \rightarrow$: $\bar{C}_{24}$= 4-2+3-5=0

$X_{31} \rightarrow X_{33} \rightarrow X_{23} X_{21} \rightarrow$: $\bar{C}_{31}$=4-2+5-3=4

$X_{34} \rightarrow X_{14} \rightarrow X_{13} X_{33} \rightarrow$: $\bar{C}_{34}$=4-2+3-2=3

لكون القيمة السالبة هي $\bar{C}_{22}$ لذا فالمتغير الداخل Entering Variable هو المتغير X_{22} اما المتغير الخارج Leaving Variable فيتحدد من المسار المتعرج للمتغير الداخل وهو: X_{23} X_{33} X_{32} X_{22}

سيكون هو المتغير الخارج ، لذا فالجدول الجديد سيكون كما يلي: X_{23} من الخلايا السالبة اي ان المتغير X_{ij} كمية نقل والذي له اقل

T0 From	1	2	3	4	a_i
A	2	5	3 2	2 18	20 2 0
B	3 15	2 5	5	4	20 5 0
C	4	1 15	2 10	4	25 5 0
b_j	15 0	20 0	12 7 5 0	18 0	65

T.T.C.=3(2)+2(18)+3(15)+2(5)+1(15)+2(10)

=6+36+45+10+15+20=132 مليون دينار

وان عدد الخلايا الأساسية = عدد الصفوف +عدد الأعمدة -1

وان عدد الخلايا الأساسية = 3+4-1=6

والآن سنقوم مجددا بعد ان قلت كلفة النقل الكلية من 142مليون دينار الى 132مليون دينار بعمل المسارات المتعرجة للخلايا غير الأساسية (غير المملوؤة بالبضاعة) في الجدول الأخير وايضا نقوم بحساب صافي الزيادة او دليل التحسين وكالآتي:

$X_{11} \rightarrow X_{21} \rightarrow X_{22} X_{32} \rightarrow X_{33} \quad X_{13} \rightarrow$: $\bar{C}_{11}$=2-3+2-1+2-3=-1 negative

$X_{12} \rightarrow X_{32} \rightarrow X_{33} \rightarrow X_{13}$: $\bar{C}_{12}$ =5-1+2-3=3

$X_{23} \rightarrow X_{33} \rightarrow X_{32} \rightarrow X_{22}$: $\bar{C}_{23}$ =5-2+1-2=2

$X_{24} \rightarrow X_{22} \quad X_{32} \rightarrow X_{33} \rightarrow X_{13} \quad X_{14} \rightarrow$: $\bar{C}_{24}$= 4-2+1-2+3-2=2

$X_{31} \longrightarrow X_{32} \quad X_{22} \longrightarrow X_{21} \longrightarrow$: $\bar{C}_{31} =$ 4-1+2-3=2

$X_{34} \longrightarrow X_{14} \quad X_{13} \longrightarrow X_{33} \longrightarrow$: $\bar{C}_{34}$ = 4-2+3-2=3

لكون القيمة السالبة هي $\bar{C}_{11}$ لذا فالمتغير الداخل هو X_{11} اما المتغير الخارج فيتحدد من المسار المتعرج للمتغير الداخل X_{11} X_{11} X_{21} X_{22} X_{32} X_{33} X_{13}

والخلية التي لها اقل كمية نقل X_{ij} من الخلايا السالبة في المسار المتعرج اي(المتغير X_{13}) سيكون هو المتغير الخارج ، لذا فالجدول الجديد سيكون بعد تعديل الكميات كالآتي:

To / From	1	2	3	4	a_i
A	2 2	5	3	2 18	20 2 0
B	3 13	2 7	5	4	20 5 0
C	4	1 13	2 12	4	25 5 0
b_j	15 0	20 0	12 7 5 0	18 0	65

T.T.C.=2(2)+2(18)+3(13)+2(7)+1(13)+2(12)

=4+36+39+14+13+24=130 مليون دينار

وبعد ان انخفضت الكلفة الكلية للنقل من 132الى130 مليون دينار سنقوم مجددا بعمل المسارات المتعرجة للخلايا غير الأساسية الجديدة(في الجدول الأخير) وايضا نحسب صافي الزيادة(دليل التحسين) وكالآتي:

To / From	1	2	3	4	a_i
A	2 2	5	3	2 18	20 2 0
B	3 13	2 7	5	4	20 5 0
C	4	1 13	2 12	4	25 5 0
b_j	15 0	20 0	12 7 5 0	18 0	65

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

No. of basic cells=No. of Rows+No. of Coloums-1

=3+4-1=6

$X_{12} \rightarrow X_{22} \rightarrow X_{21} \rightarrow X_{11} \rightarrow$: $\bar{C}_{12}$=5-2+3-2=4

$X_{13} \rightarrow X_{33} \rightarrow X_{32} \rightarrow X_{22} \rightarrow X_{21} \rightarrow X_{11} \rightarrow$: $\bar{C}_{13}$=3-2+1-2+3-2=1

$\rightarrow$ $\rightarrow$ $\rightarrow$ X_{23} X_{33} X_{32} X_{22} : $\bar{C}_{23}$=5-2+1-2=2

$X_{24} \rightarrow X_{21} \rightarrow X_{11} \rightarrow X_{14} \rightarrow$: $\bar{C}_{24}$=4-3+2-2=1

$X_{31} \rightarrow X_{21} \rightarrow X_{22} \rightarrow X_{32} \rightarrow$: $\bar{C}_{31}$=4-3+2-1=2

$X_{34} \rightarrow X_{32} \rightarrow X_{22} \rightarrow X_{21} \rightarrow X_{11} \rightarrow X_{14} \rightarrow$: $\bar{C}_{34}$=4-1+2-3+2-2=2

ولعدم ظهور اي رقم سالب لقيم $\bar{C}_{ij}$ اذن اقل كلفة نقل اجمالية ممكنة هي 130مليون دينار وهي تمثل الحل الأمثل Optimal Solution وحسب اختبار طريقة المسار المتعرج Stepping Stone Method وعليه فأن المحطات الكهربائية سيكون تجهيزها للمدن الأربعة كالآتي:

المحطة A تجهز المدينة الأولى بـ 2 ميكا واط وتجهز المدينة الرابعة بـ 18 ميكا واط

المحطة B تجهز المدينة الأولى بـ 13 ميكا واط وتجهز المدينة الثانية بـ 7 ميكا واط

المحطة C تجهز المدينة الثانية بـ 13 ميكا واط وتجهز المدينة الثالثة بـ 12 ميكا واط

2. بطريقة المضاعفات او عوامل الضرب

من جدول فوجل الموجود في صفحة (11) ومن الخلايا الأساسية(المملوءة بالبضاعة) سنجد المضاعفات للصفوف (U_i) وللأعمدة(V_j) وبعد ذلك ومن الخلايا غير الأساسية(غير المملوءة بالبضاعة) سنستخرج لها $\bar{C}_{ij}$ صافي الزيادة (دليل التحسين) وكما في طريقة المسارات المتعرجة وكالآتي:

To From	1	2	3	4	Supply a_i	Penality Cost P.C
A	2	5	3 2	2 18	20 2 0	0 1 1 1
B	3 15	2	5 5	4	20 5 0	1 1 2 2
C	4	1 20	2 5	4	25 5 0	1 1 2
Demand b_j	15 0	20 0	12 7 5 0	18 0	65	
Penality Cost P.C	1 1 1 1	1 1	1 1 1 2	2		

) وحسب الصيغة الآتية:V_j) وللأعمدة(U_iمن الخلايا الأساسية سنجد المضاعفات للصفوف (

$C_{ij}=U_i+V_j$

وكالآتي:$U_1=0$ وكما افترضنا سابقا ان j الى محطة التوزيع i كمية معلومة (معطاة) وتمثل كلف النقل للوحدة الواحدة من المنتج من مصدر الإنتاج C_{ij}حيث

$C_{13}=U_1+V_3=3$ (where $U_1=0$) $V_3=3$ $\longrightarrow$

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

$C_{14}=U_1+V_4=2$ (where $U_1=0$) $V_4=2$ →
$C_{23}=U_2+V_3=5$ (where $V_3=3$) $U_2=2$ →
$C_{21}=U_2+V_1=3$ (where $U_1=2$) $V_1=1$ →
$C_{33}=U_3+V_3=2$ (where $V_3=3$) $U_3=-1$ →
→ $C_{32}=U_3+V_2=1$ (where $U_3=-1$) $V_2=2$

اي صافي الزيادة او دليل التحسين والتي نستخدم فيها $\bar{C}_{ij} = C_{ij} - (U_i + V_j)$ من العلاقة $\bar{C}_{ij}$اما الخلايا غير الأساسية فنجد لها المسارات المتعرجة وكالآتي:

نفرض ان$U_1=0$

$\bar{C}_{11}=C_{11}-(U_1-V_1)=2-(0+1)=1$

$\bar{C}_{12}=C_{12}-(U_1-V_2)=5-(0+2)=3$

$\bar{C}_{22}=C_{22}-(U_2-V_2)=2-(2+2)=-2$ negative

$\bar{C}_{24}=C_{24}-(U_2-V_4)=4-(2+2)=0$

$\bar{C}_{31}=C_{31}-(U_3-V_1)=4-(-1+1)=4$

$\bar{C}_{34}=C_{34}-(U_3-V_4)=4-(-1+2)=3$

وهي نفس النتائج المستخرجة في الطريقة السابقة(طريقة المسار المتعرج).

والذي هو X_{22}اما المتغير الخارج فيتحدد بنفس الاسلوب السابق من خلال المسار المتعرج للمتغير الداخل

X_{22} → X_{32} → X_{33} → X_{23} ~~ولذلك~~ X_{23}المتغير) (والخلية التي لها اقل كمية نقل من الخلايا السالبة في المسار اعلاه ستحدد كمتغير خارج وهي الخليةX_{23}

فالجدول الجديد سيكون كالآتي :

To / From	1	2	3	4	a_i
A	2	5	3 2	2 18	20 2 0
B	3 15	2 5	5	4	20 5 0
C	4	1 15	2 10	4	25 5 0
b_j	15 0	20 0	12 7 5 0	18 0	65

T.T.C.= 3(2)+2(18)+3(15)+2(5)+1(15)+2(10)

=6+36+45+10+15+20=132 مليون دينار

No. of basic cells=No. of Rows+No. of Coloums-1

=3+4-1=6

) وبعد ذلك ومن الخلايا غير (V_j) وللأعمدة((U_iوالآن ومن الجدول الجديد ومن الخلايا الأساسية(المملوؤة بالبضاعة) سنجد المضاعفات للصفوف

صافي الزيادة (دليل التحسين) وكما في طريقة المسارات المتعرجة وكالآتي: $\bar{C}_{ij}$ الأساسية(غير المملوؤة بالبضاعة) سنستخرج لها

نفرض ان $U_1=0$

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

$C_{13}=U_1+V_3=3$ (where $U_1=0$) $V_3=3$ →
$C_{14}=U_1+V_4=2$ (where $U_1=0$) $V_4=2$ →
$C_{33}=U_3+V_3=2$ (where $V_3=3$) $U_3=-1$ →
$C_{32}=U_3+V_2=1$ (where $U_3=-1$) $V_2=2$ →
$C_{22}=U_2+V_2=2$ (where $V_2=2$) $U_2=0$ →
→ $C_{21}=U_2+V_1=3$ (where $U_2=0$) $V_1=3$

اما الخلايا غير الأساسية فنجد لها $\bar{C}_{ij}$ من العلاقة $\bar{C}_{ij}=C_{ij}-(U_i+V_j)$ اي صافي الزيادة او دليل التحسين والتي نستخدم فيها المسارات المتعرجة وكالآتي:

نفرض ان $U_1=0$

$\bar{C}_{11}=C_{11}-(U_1+V_1)=2-(0+3)=-1$

$\bar{C}_{12}=C_{12}-(U_1+V_2)=5-(0+2)=3$

$\bar{C}_{23}=C_{23}-(U_2+V_3)=5-(0+3)= 2$

$\bar{C}_{24}=C_{24}-(U_2+V_4)=4-(0+2)=2$

$\bar{C}_{31}=C_{31}-(U_3+V_1)=4-(-1+3)=2$

$\bar{C}_{34}=C_{34}-(U_3+V_4)=4-(-1+2)=3$

وهي نفس النتائج المستخرجة في الطريقة السابقة(طريقة المسار المتعرج).

اما المتغير الخارج فيتحدد بنفس الاسلوب السابق من خلال المسار المتعرج للمتغير الداخل X_{11} والذي هو :

X_{11} → X_{21} → X_{22} → X_{32} → X_{33} → X_{13} سيكون من الخلايا السالبة في المسار المتعرج اي (المتغير X_{ij} والخلية التي لها اقل كمية نقل X_{13} هو المتغير الخارج ، لذا فالجدول الجديد سيكون بعد تعديل الكميات كالآتي:

To From	1	2	3	4	a_i
A	2 2	5	3	2 18	20 2 0
B	3 13	2 7	5	4	20 5 0
C	4	1 13	2 12	4	25 5 0
b_j	15 0	20 0	12 7 5 0	18 0	65

T.T.C.= 2(2)+2(18)+3(13)+2(7)+1(13)+2(12)

=4+36+39+14+13+24=130 مليون دينار

No. of basic cells=No. of Rows+No. of Coloums-1

=3+4-1=6

والآن سنقوم مرة اخرى ومن الجدول الجديد بإيجاد المضاعفات للصفوف (U_i) وللأعمدة (V_j) ومن الخلايا الأساسية(المملوؤة بالبضاعة) فيه وبعد ذلك ومن الخلايا غير الأساسية(غير المملوؤة بالبضاعة) سنستخرج لها $\bar{C}_{ij}$ صافي الزيادة (دليل التحسين) وكما في طريقة المسارات المتعرجة وكالآتي:

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

نفرض ان $U_1=0$

$C_{11}=U_1+V_1=2$ (where $U_1=0$) $V_1=2$ $\longrightarrow$

$C_{14}=U_1+V_4=2$ (where $U_1=0$) $V_4=2$ $\longrightarrow$

$C_{21}=U_2+V_1=3$ (where $V_1=2$) $U_2=1$ $\longrightarrow$

$C_{22}=U_2+V_2=2$ (where $U_2=1$) $V_2=1$ $\longrightarrow$

$C_{32}=U_3+V_2=1$ (where $V_2=1$) $U_3=0$ $\longrightarrow$

$C_{33}=U_3+V_3=2$ (where $U_3=0$) $V_3=2$ $\longrightarrow$

اي صافي الزيادة او دليل التحسين والتي نستخدم فيها المسارات $\bar{C}_{ij} = C_{ij} - \left(U_i + V_j\right)$ من العلاقة $\bar{C}_{ij}$ اما الخلايا غير الأساسية فنجد لها المتعرجة وكالآتي:

نفرض ان $U_1=0$

$\bar{C}_{12}=C_{12}-(U_1+V_2)=5-(0+1)= 4$

$\bar{C}_{13}=C_{13}-(U_1+V_3)=3-(0+2)=1$

$\bar{C}_{23}=C_{23}-(U_2+V_3)=5-(1+2)= 2$

$\bar{C}_{24}=C_{24}-(U_2+V_4)=4-(1+2)=1$

$\bar{C}_{31}=C_{31}-(U_3+V_1)=4-(0+2)=2$

$\bar{C}_{34}=C_{34}-(U_3+V_4)=4-(0+2)=2$

ولعدم ظهور اي رقم سالب لقيم $\bar{C}_{ij}$ اذن اقل كلفة نقل اجمالية ممكنة هي 130مليون دينار وهي تمثل الحل الأمثل Optimal Solution وحسب اختبار طريقة المضاعفات Multipliers Method وهي نفس اقل كلفة نقل اجمالية ممكنة التي ظهرت في اختبار طريقة المسار المتعرج Stepping Stone Method وعليه فأن المحطات الكهربائية سيكون تجهيزها للمدن الأربعة كالآتي:

المحطة A تجهز المدينة الأولى بـ 2 ميكا واط وتجهز المدينة الرابعة بـ 18 ميكا واط

المحطة B تجهز المدينة الأولى بـ 13 ميكا واط وتجهز المدينة الثانية بـ 7 ميكا واط

المحطة C تجهز المدينة الثانية بـ 13 ميكا واط وتجهز المدينة الثالثة بـ 12 ميكا واط

ونؤكد هنا انها نفس النتائج التي اظهرتها طريقة الحجر او المسار المتعرج وفي كلاهما كانت اقل كلفة نقل اجمالية ممكنة هي 130مليون دينار.

الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

الاستنتاجات

1. ان الهدف الأساس من استخدام الأساليب العلمية (ومنها بحوث العمليات) في النقل هو لتقليل الكفة الإجمالية لنقل السلع والخدمات ومنها الطاقة الكهربائية الى اقصى حد ممكن وهذا ما ظهر واضحا في متن البحث حيث تم تخفيض تكاليف نقل الطاقة الكهربائية بمبالغ جيدة .
2. وجوب استخراج نتائج الحل الأساسي الابتدائي المقبول في النقل بالطرق الثلاثة التي مر ذكرها والتركيز على الكلفة الأقل المستخرجة بإحدى هذه الطرق الثلاث .

3. وجوب اختبار نتيجة الحل الأساسي الابتدائي المقبول الأقل كلفة لمعرفة هل هي تمثل (الحل الأمثل) وبذلك نتوقف، ام لا بحيث يمكن تحسينها (تخفيضها) للوصول الى الحل الأمثل وذلك باستخدام اختباري طريقة المسار المتعرج وكذلك طريقة المضاعفات (عوامل الضرب) حيث امكن بهاتين الطريقتين من اختبار وتحسين نتيجة الحل الأساسي الابتدائي المقبول(الأقل كلفة) .

4. ان دقة وفعالية النتائج التي توفرها النماذج الإحصائية المستخدمة في حساب كلفة النقل مرهونة بتوافر وموثوقية ونجاعة المعلومات والبيانات الإحصائية التي تبنى على اساسها هذه النتائج .

التوصيات

1. تنمية مهارات العاملين في مجال النقل (وخاصة المهندسين) بالشكل الذي يمكنهم من اعتماد الطرق العلمية والاحصائية ونماذج بحوث العمليات والبرامج المرتبطة بها لحل تلك المشاكل بكفاءة والوصول الى احتساب الكلفة الأقل لنقل السلعة او الخدمة ومنها نقل الطاقة الكهربائية .

2. عدم الاكتفاء باستخراج اقل كلفة نقل من تطبيق طرق ايجاد نتائج الحل الأساسي الابتدائي المقبول بل يتوجب اختبار هذه الكلفة الأقل لمعرفة هل هي تمثل الحل الأمثل ام لا ليتم العمل على تحسينها (تخفيضها) للوصول الى الحل الأمثل.

3. تطوير الأنظمة المعلوماتية وتشجيع الشراكة مع المعاهد ومراكز الأبحاث العلمية المتخصصة في مجال تقليل كلف النقل والاستمرار بتطوير الدراسات والبحوث التي تهدف الى تقليل هذه الكلف .

Funding

None

Acknowledgement

None

Conflicts of Interest

The author declares no conflict of interest.

Arabic References:

بطيخ،عباس حسين. استعمال طريقة Robust لحل مشاكل النقل الضبابي لاتخاذ القرار الامثل لتقليل تكاليف النقل في قطاع الصحة باستخدام الاساليب الكمية. مجلة كلية العلم الجامعة ،العدد(2)،المجلد(6) ،(2014).

2. حمادة، عفراء عباس . حل مشكلة النقل بالطرق المباشرة لايجاد الحل الامثل . مجلة المثنى للعلوم الادارية والاقتصادية . المجلد(8) العدد(4)، (2018) .

3. الشيخ ، ابو القاسم مسعود . بحوث العمليات . المجموعة العربية للتدريب والنشر . الطبعة الثانية. (1430) هـ (2009) م .

4. صالح ، سرمد علوان . بطيخ، عباس حسين . استعمال بعض الطرائق الخاصة لحل نماذج النقل الضبابية ومقارنتها مع الطريقة المقترحة . مجلة كلية العلم الجامعة . العدد(3)، (2014) .

5. صالح، سفيان منذر . استخدام الحل الامثل (S.B.F.S) لتخطيط وحل مشكلة النقل لمجتمع الدراسة "الشركة الشرقية للأطعمةالمثلجة الجاهزة"، مجلة الهندسة والتكنلوجيا ، العدد (2)،مجلد(30) ، (2012) .

EISSN: 3005-3625, PISSN: 2790-2560, DOI: http://doi.org/10.58564/EASJ/4.4.2025.10

6. المهتدي، اكرم محمد عرفان . الاساليب الكمية في اتخاذ القرارات الادارية (بحوث العمليات) ، ، جامعة البلقاء التطبيقية ، الطبعة الأولى ، دار صفاء للنشر والتوزيع – عمان ، (1425) هـ (2004) م

References English

Taha, H.A, Operations. Research An Introdution”," 8 prantice Hall of 8th ,India private Limited ,New delhi,2007AD.