Journal of Techniques, ISSN: 2708-8383, Vol. 5, No. 4, 2023, Pages 252-260
DOI: https://doi.org/10.51173/jt.v5i4.1035

JOURNAL OF TECHNIQUES

Journal homepage: http://journal.mtu.edu.iq

RESEARCH ARTICLE - MANAGEMENT

Using the Fuzzy Russell's Approximation and Fuzzy Modify Distribution Methods to Solve the Transport Problem in the Fuzzy Environment

Muna Shaker Salman[1*]

[1]Department of Computer Systems, Technical Institute / Alsuwayra, Middle Technical University, Baghdad, Iraq

[*] Corresponding author E-mail: muna.shaker@mtu.edu.iq

Article Info.	Abstract
Article history: Received 28 October 2022 Accepted 06 February 2023 Publishing 31 December 2023	The transportation problem is one of the applications of linear programming problems. The traditional transportation problem assumes that the decision maker is sure of the transportation costs, supply, and demand for the product, but there are many cases in which the decision maker is not able to accurately determine the objective function data and/or constraints, so the fuzzy theory was used so that the decision-maker can determine that data. In this study, fuzzy Russell's approximation method (FRAM) was developed to solve the fuzzy transport problem (FTP) when all the transport, supply, and demand cost parameters of the product are fuzzy numbers to get an initial basic feasible solution (IBFS). The fuzzy modify distribution method (FMDM) was also developed to test the fuzzy optimum solution from the accepted IBFS. The proposed methods are efficient, subtle, and easy to apply. To clarify the mechanism of action of these methods, an example was taken from real life and the problem of fuzzy transportation was solved in it.

This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Publisher: Middle Technical University

Keywords: Fuzzy Transportation Problem (FTP); Fuzzy Russell's Approximation Method (FRAM); Fuzzy Modified Distribution Method (FMDM); Ranking Function (RF); Triangular Fuzzy Numbers (TFN).

استخدام طريقتي روسل التقريبية الضبابية والتوزيع المعدل الضبابي لحل مشكلة النقل في البيئة الضبابية

منى شاكر سلمان[1*]

[1] قسم انظمة حاسبات، المعهد التقني / الصويرة، الجامعة التقنية الوسطى، بغداد، العراق

* البريد الإلكتروني: muna.shaker@mtu.edu.iq

الخلاصة	معلومات المقالة
تعدّ مشكلة النقل أحد تطبيقات مشاكل البرمجة الخطية، تفترض مشكلة النقل التقليدية أن متخذ القرار متأكد من قيم كلفة النقل والتجهيز والطلب للمنتج، لكن هناك العديد من الحالات التي لا يتمكن متخذ القرار من تحديد بيانات دالة الهدف و/ أو القيود بدقة، عليه تم استخدام النظرية الضبابية ليتمكن متخذ القرار من تحديد تلك البيانات. في هذه الدراسة تم تطوير طريقة روسل التقريبية الضبابية Fuzzy Russell's approximation method (FRAM) لحل مشكلة النقل الضبابي fuzzy FTP) transportation problem عندما تكون جميع معاملات كلفة النقل والتجهيز والطلب للمنتج أعدادا ضبابية للحصول على حل ابتدائي أساسي مقبول initial fuzzy basic feasible solution (IBFS). كما تم تطوير طريقة التوزيع المعدل الضبابي Fuzzy Modified distribution method (FMDM) لاختبار الحل الأمثل الضبابي من الحل الابتدائي الأساسي المقبول initial fuzzy basic feasible solution (IBFS). الطرق المقترحة هي طرق كفؤة ورصينة وسهلة التطبيق ولتوضيح الية عمل هذه الطرق تم اخذ مثال من واقع الحياة وحل مشكلة النقل الضبابي فيه.	تاريخ الاستلام 28 تشرين الاول 2022 تاريخ القبول 06 شباط 2023 تاريخ النشر 31 كانون الاول 2023

الكلمات المفتاحية: مشكلة النقل الضبابي؛ طريقة روسل التقريبية الضبابية؛ طريقة التوزيع المعدل الضبابي؛ دالة الرتبة؛ الأعداد الضبابية المثلثية.

1. المقدمة

ان التطور الحاصل في مجالات الحياة المختلفة يتطلب التعامل مع المتغيرات الجديدة بأسلوب عملي قائم على أساس العلم والمنطق والتفكير الرشيد الذي يسبق اتخاذ القرارات المختلفة، وتواجه المؤسسات والشركات، على تنوّع اختصاصاتها، تحديات كبيرة في عالم اليوم الذي يوصف بأنه (عصر المعرفة أو عصر المعلوماتية أو الاقتصاد الرقمي) لذا فإن المديرين ومتخذي القرارات (Decision makers) فيها لا بد أن يكونوا على قدر كبير من المعرفة بالأساليب العلمية الحديثة، خصوصاً الكمّية منها، كي تساعدهم في اتخاذ القرارات السليمة.

وظهر علم بحوث العمليات (Operations Research) ليؤمّن أساليب كثيرة يمكن تبنّيها في حلّ كثير من المشاكل الإدارية، خصوصاً وأن هذا العلم نجح بشكل عملي مبهر عندما اعتمدت أساليبه وطرقه في المفصل العسكري إبّان الحرب العالمية الثانية. اليوم، وفي العالم النامي بالتحديد، أحوج ما نكون إلى علم بحوث العمليات والاستعانة بأساليبه وطرائقه التحليلية الدقيقة للتعامل مع الكثير من مشاكلنا الواقعية بجوانب الحياة المختلفة.

تعدّ مشكلة النقل حالة خاصة من مشاكل البرمجة الخطية التي تهدف الى تحديد عدد الوحدات المنقولة من أي سلعة، من مصادر تجهيزها الى مناطق الاستهلاك والتخزين او الطلب بحيث تكون كلفة النقل الكلية اقل ما يمكن، وتعدّ طريقة من الطرق الرياضية ذات الاهمية في عملية اتخاذ القرارات المتعلقة بنقل كميات معينة من السلع او المواد من مكان الى اخر بهدف سد الاحتياجات او الطلب وبأقل كلفة نقل ممكنة [1].

يعرف انموذج النقل على انه خطة النقل لعدد محدد من السلع او الخدمات من عدد من مصادر الانتاج او التجهيز الى عدد من مواقع الطلب او الاستهلاك وبأقل التكاليف. يفترض انموذج النقل وجود عدد من المصادر الانتاجية (شركات، مصانع، الخ) عددها (M)، وعدد من مراكز الطلب او الاستهلاك (مخازن، أسواق، ...الخ) هي (n) ويشترط الانموذج بشكله الاولي ضرورة الموازنة (المساواة) بين حجم او كمية السلعة في المصادر وحجم الطلب او الاستهلاك على السلعة من المراكز بمعنى ان (عدد الكميات المطلوبة = عدد الكميات المعروضة او المجهزة [2].

ان النظرية الضبابية او نظرية الغموض تؤثر بشكل كبير في عملية اتخاذ القرار لاختيار القرار الصائب والمناسب لحل المشكلات المختلفة، ونتيجة لنقص البيانات والمعلومات وعدم الدقة والوضوح فأن اغلب الباحثين ومتخذي القرار يواجهون صعوبة في حل المشكلات التي تواجههم، ومن ثم فأن ذلك يؤدي الى ضعف بناء الانموذج المناسب في معالجة المشكلة موضوعة البحث، لذا تعدّ النظرية الضبابية الحل الامثل لمواجهة مثل هذه المشاكل ومساعدة متخذ القرار والباحثين في معالجة المشكلات [3].

ان البيئة العراقية تمتاز بطبيعتها الضبابية في كثير من زواياها المتعددة التي تدعو الى استخدام المنطق الضبابي المرافق لتبني نظرية المجاميع الضبابية في معالجة حالات عدم التأكد التي تفرضها هذه البيئة ومن ثم تحقيق الأهداف المتوخاة من البحث التي من المؤمل لها أن تسهم في تقديم حلول مقترحة مقبولة تعالج المشكلات الضبابية في نقل منتجات شركة الذهب الأسود من مستودعاتها في كربلاء وديالى والبصرة لتلبية طلبات الوكلاء الأربعة في بغداد والأنبار وأربيل ودهوك وبسبب الظروف الاقتصادية غير المستقرة والضبابية التي تمر بها البيئة العراقية فإن متخذ القرار في الشركة لا يتمكن من تحديد بيانات المشكلة بدقة من تجهيز مستودعات الشركة وطلب الوكلاء فضلا عن كلف النقل، عليه فقد تم استخدام النظرية الضبابية للحد من تقليل مستويات عدم التأكد لدى متخذ القرار وضمان دقة أعلى لتمثيل ووصف بيانات المشكلة.

الهدف من هذا البحث هو استخدام النظرية الضبابية لتقليل مستويات عدم التأكد لدى متخذ القرار وضمان دقة أعلى لتمثيل ووصف بيانات المشكلة ليتمكن متخذ القرار من استعمال نموذج النقل في نقل منتجات شركة الذهب الأسود من مستودعاتها في كربلاء وديالى والبصرة لتلبية طلبات الوكلاء الأربعة في بغداد والأنبار وأربيل ودهوك بحيث تكون كلفة النقل الكلية اقل ما يمكن.

2. الدراسات السابقة

هناك العديد من الدراسات السابقة المكرسة للبحث حول مشكلة النقل الضبابية. قدم كل من [3] و [4] طرقا واساليب لتوضيح مفهوم الضبابية للتعامل بشكل كمي مع المعلومات غير الدقيقة في اتخاذ القرارات في العديد من المواقف التي قد تكون فيها كميات الطلب و/ أو التجهيز ومعاملات الكلفة لمشكلة النقل غير مؤكدة. اما [5] فقد اثبت أن الحلول التي يتم الحصول عليها من خلال البرمجة الخطية الضبابية تكون دائمًا فعّالة. بعد ذلك طور البرمجة الخطية الضبابية لـ Zimmermann إلى طرق عدة مثلى ضبابية لحل مشكلات النقل في العديد من الحالات في الحياة الواقعية التي لا يمكن تحديد كلفة وعدد وحدات النقل إذ إن الأعداد الضبابية تعطي أفضل تقدير تقريبي لها. أفترض [6] الحالة التي تكون فيها دالة الانتماء للطلب تأخذ أشكالًا مثلثة لمشكلات النقل وتم حلها باستخدام طريقة الجداول. اقترح كل من [7] تقنية لحل مشكلة البرمجة الخطية الضبابية مع دوال انتماء مثلثة للتجهيز الضبابي. في حين قدموا [8] نموذجًا للبرمجة الخطية الضبابية لحل مشاكل النقل مع افتراض ان قيم التجهيز والطلب ضبابية وافتراض ان معاملات الكلفة واضحة (crisp). طور كل من [9] نموذج النقل الذي يحل مشكلة النقل عندما تكون الكميات ضبابية والأسعار واضحة (crisp). قدم كل من [10] مفهوم الحل الأمثل لمشكلة النقل مع افتراض ان معاملات كلفة النقل ضبابية ويتم التعبير عنها كأعداد ضبابية، وقاما بتطوير خوارزمية للحصول على الحل الأمثل. اقترح كل من [11]خوارزمية تحل مشكلة النقل بافتراض ان قيم التجهيز والطلب ضبابية وشرط التكامل المفروض على الحل. استخدم كل من [12] عملية لاشتقاق قيمة دالة الهدف الضبابية من مشكلة النقل ضبابية، إذ إن كميات التجهيز والطلب ومعاملات الكلفة هي أرقام ضبابية. اقترح كل من [13] طريقتين جديدتين لحل مشاكل النقل الضبابية للتغلب على أوجه القصور والقيود في الأساليب الحالية. أظهرت الدراسة التي قام بها الباحثون أنه من الأفضل استخدام الطرق المقترحة مقارنة بالطرق الحالية لحل بعض مشاكل النقل الضبابي. قدم كل من [14] حلاً مثالياً لمشكلة النقل الضبابي بدوال انتماء مثلثة حيث استخدم الباحثان عمليات حسابية جديدة للأعداد المثلثة الضبابية للحصول على الحلول المثلى الضبابية. افترض [15] خوارزمية جديدة تسمى طريقة روسل الضبابية للحل الأولي الأساس الممكن لمشكلة النقل الضبابي عندما تكون الأرقام الضبابية طبيعية أو غير طبيعية، مثلثة أو شبه منحرف أو رقم ضبابي LR. إذ تم اقتراح طريقة يمكن استخدامها لأي نوع من الأرقام الضبابية. قام كل من [16] بحل مشكلة النقل الضبابية بالكامل باستخدام بعض طرق النقل التقليدية المعدلة. إذ تم تقديم بيانات مشكلة النقل كأرقام ضبابية ومن أجل إزالة ضبابية هذه البيانات استخدم الباحثان دالة الرتب. قدم كل من [17] طريقة بسيطة لحل مشاكل النقل الضبابية بالكامل التي تكون معاملاتها جميعاً أرقاماً ضبابية مثلثة إذ تم التعبير عن الأرقام الضبابية المثلثية جميعاً في شكلها البارامتيري اذ تم تطبيق حسابات جديدة ودالة الرتب الجديدة لحل مشاكل النقل الضبابية بالكامل دون التحويل الى الأرقام الواضحة (Crisp). الطريقة المقترحة لحل مشكلة النقل الضبابية بالكامل تتكون من مرحلتين: الأولى تم استخدام تكيفًا من الطرق المعروفة لإيجاد حل اولي ابتدائي مقبول وهي: الأقل كلفة، طريقة روسل التقريبية وطريقة فوجل التقريبية. في المرحلة الثانية تم اختبار الحل الأمثل لتحسين الحل إذا لم يكن أمثلا. اقترح [18] نظرية المجموعات الضبابية لتقليل مستوى عدم التأكد في بيانات توزيع منتجات مصنع الربيع الذي يفتقر إلى نظام توزيع قائم على أسس علمية وعملية التي لا يمكن بأي حال من الأحوال فصلها عن واقع ضبابية البيئة الصناعية في العراق إذ قام [19] بتصميم شبكة مسارات لنقل وتوزيع المنتجات بناءً على مشكلة بائع متجول متعدد الأغراض، من خلال بناء نموذج رياضي يجد أفضل المسارات لكل مرحلة، مع مراعاة الأهداف التي يطلبها صانع القرار. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من استخدام برنامج (Lingo) أهمية هذه الأساليب في تحديد المسار الأمثل لعمليات جمع ونقل الحليب من مراكز التجميع الخاصة بهم إلى مصنع الربيع كمرحلة أولى، وكذلك نقل المنتجات النهائية وتوزيعها من مصنع الربيع للمراكز التجارية كمرحلة ثانية. اما [20] فقد استخدما تقنية حل تسمى طريقة أفضل المرشحين (BCM) لحل عمليات التحسين إذ تشير أهم التطبيقات الناجحة في التحسين إلى مشكلة النقل(TP) ، في هذا البحث تم اقتراح طريقة روسل التقريبية لحل طريقة أفضل المرشحين (BCM) حين يكون العرض والطلب والحد الأدنى من التكلفة غير مؤكد إذ تم مناقشة الحد الأدنى من التكلفة في الطريقة التقريبية التي وضعها روسل.

ما تتميز به الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة: ان اهم ما يميز الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة هي انها عالجت مشكلة من واقع الحياة في البيئة العراقية التي تمتاز بطبيعتها الضبابية في كثير من زواياها المتعددة مما دعى الى استخدام المنطق الضبابي المرافق لتبني نظرية المجاميع الضبابية في معالجة حالات عدم التأكد التي تفرضها هذه البيئة ومن ثم تحقيق الأهداف المتوخاة من البحث التي من المؤمل لها أن تسهم في تقديم حلول مقترحة مقبولة تعالج مشكلات الضبابية. ان ما يتميز به هذا البحث هو تطوير طريقتين الأولى هي روسل التقريبية الضبابية *Fuzzy Russell's approximation method* (FRAM) لإيجاد الحل الابتدائي الاساسي المقبول Initial Fuzzy Basic Feasible Solution (IBFS) باستخدام دالة الرتب Ranking Function (RF) للأعداد الضبابية المثلثة Triangular Fuzzy Numbers (TFN) وعندما تكون معاملات كلفة النقل وقيم التجهيز والطلب جميعاً أرقامًا ضبابية، اما الطريقة الثانية فهي طريقة التوزيع المعدل الضبابي *Fuzzy Modified distribution method* (FMDM) لاختبار الحل الأمثل الضبابي من الحل الابتدائي الاساسي المقبول Initial Fuzzy Basic Feasible Solution (IBFS)، إذ اثبتت الطرق المقترحة من خلال النتائج المتحصلة بإنها طرق كفؤة ورصينة وسهلة التطبيق.

3. الجانب النظري

3.1. تعريف المنطق المضبب

ان المنطق المضبب الذي تم تطويره من العالم الامريكي الاذربيجاني الاصل لطفي زادة يهدف إلى توفير الدوال والأحكام الرياضية التي تسمح لطرق حساب القيم الوسطى بين الحقيقة المطلقة والنفي المطلق التي تقع بين (0,1).

ان المنطق المضبب هو تقنية تتمتع بقدرة عالية في إيجاد الحلول للمشاكل المختلفة بما في ذلك الأكاديمية منها او التطبيقية، ويوفر هذا المنطق طريقة بسيطة جداً للحصول على استنتاجات محددة من معلومات غير دقيقة وغامضة اذ يحاكي هذا المنطق حالات اتخاذ القرار لدى الأنسان مقرونة بالمحاولات لإيجاد حلول دقيقة من بيانات غير دقيقة او تقريبية وعلى النقيض من المنطق الكلاسيكي الذي يتطلب استيعاباً واسعاً وفهماً عميقا لنظام موضوع الدراسة عن تعين المعادلات الضرورية وتحديد القيم العددية للنظام نفسه. وبهذا يكون المنطق المضبب أحد أنواع المنطق متعدد القيم ويعدّ امتداداً له، كما يعنى بالعمليات التي تجري على المجموعات المضببة وكيفية تفسيرها وتنفيذها وطبيعة الضبابية الموجودة فيه، ويعدّ نظاماً من المبادئ والمفاهيم المستخدمة في طرق الاستنتاج التقريبي فضلاً عن طرق الاستنتاج الدقيق [21].

3.2. مميزات المنطق الضبابي

يتميز المنطق الضبابي بخصائص عدة تميزه عن النظم الاخرى ومن هذه الخصائص:

- يوفر مرونة إذ يسمح المنطق الضبابي بتغيير الاستراتيجية إذا لزم الامر.
- يطلق العنان للتخيل اذ يعتمد على اسئلة "ماذا... لو" ومن ثم يعطي مجالا أكثر لتجربة بدائل القرار ويسمح باتخاذ قرارات أفضل.
- يكون أكثر تسامح إذ انه لا يعتمد على قرارات قطعية، ومن ثم أن الخطأ بالقرار لا يحقق خسارة كلية بل تكون نسبية.
- استخدام المتغيرات اللغوية بدلا من المتغيرات الكمية.
- وصف العلاقات البسيطة بين المتغيرات بوساطة العبارات الشرطية الضبابية.

ان هذا الاسلوب الجديد يوفر وسائل تقريبية وحتى مرنة وفعّالة بشكل اكبر لوصف سلوك الانظمة المعقدة جدا او غير المعرفة بشكل دقيق عند وصفها بالتحليلات الرياضية الدقيقة بوساطة الطرق والأساليب التقليدية [23, 22] .

3.3. المجموعة التقليدية (Crisp Set)

تسمى بالمجموعة الكلاسيكية أو المجموعة البسيطة ويقصد بها مجموعة أعضاء واضحة المعالم وهذه الأعضاء تسمى *بالعناصر في المجموعة وتأخذ احد القيمتين* (1) *عند انتماء عنصر معين للمجموعة و*(0) *عند عدم انتماء عنصر معين للمجموعة وسميت بالمجموعة التقليدية لاختلافاتها عن المجموعة المضببة في مفاهيم المجموعات المضببة* [23].

3.4. المجموعة الضبابية (Fuzzy Set)

قام العالم (Zadeh) بتعريف المجموعة الضبابية على أنها أصناف من العناصر مع درجة انتماء مستمرة بالكامل إلى المجموعة الضبابية والدرجات الأُخرى تكون بين الصفر والواحد فإذا كان عنصر ما غير موجود في المجموعة الضبابية فأن درجة انتمائه تساوي صفر، أما إذا وجد عنصر ينتمي كليا إلى المجموعة الضبابية فإن درجة انتمائه تساوي واحداً، وإذا وجد عنصر ذو درجة انتماء عالية فأن درجة انتمائه تكون (0.6) أو(0.7) أما إذا كانت ذات درجة انتماء ضعيفة فأن درجة انتمائها تكون (0.2) او(0.3)، وإذا كان منتميا بشكل متوسط إلى المجموعة الضبابية فأن درجة انتمائه تساوي (0.5) [24].

عرف (Zimmermann) المجموعة الضبابية في عام (1985) بأنها مجموعة من العناصر X التي يمكن أن تكون محددة أو غير محددة، إذ إن كل عنصر من العناصر يمكن أن ينتمي إلى المجموعة A وتكون درجة انتمائه واحداً، أو لا ينتمي للمجموعة ودرجة انتمائه صفراً ويسمح بدرجات متفاوتة بين الواحد والصفر، لذا تتصف نظرية المجموعة الضبابية بوجود دالة الانتماء إذ يقترن مع كل عنصر من عناصر المجموعة الشاملة رقما ما في المدى [0,1] يمثل تحقيق ذلك العنصر للصفة المميزة التي تحاول تلك المجموعة الفرعية تمثيله رياضياً، فإذا كان لدينا حيز يشمل عناصر مجموعة شاملة جميعاً فإن $\mathcal{X}$ تساوي [24]:

$$\left.\begin{array}{l} \mathcal{X}=\{x_i\}, i=1,2,3,\ldots,n \\ A=\{(x_i,\mu_{A(xi)}\}, x_i \in \mathcal{X} \\ \mu_A(x_i) \in (0,1) \end{array}\right\} \quad (1)$$

وتسمى A بالمجموعة الضبابية ويطلق على $\mu_{A(xi)}$ إسم دالة الإنتماء لاحظ إن دالة $\mu_{A(xi)}$ التي تقترن مع x_i إنما تمثل درجة إنتماء ذلك العنصر x_i إلى المجموعة A.

3.5. الأعداد الضبابية (Fuzzy Numbers)

الأعداد المضببة هي مجموعة جزئية ضبابية خاصة في الأعداد الحقيقية وأن هذه الأعداد غالباً ما تأتي على شكل أعداد مثلثية أو شكل أعداد شبه منحرف وأن العدد الضبابي هو مجموعة ضبابية ذو مدة مغلقة بين [a, c] بالنسبة للعدد الضبابي المثلثي وفترة مغلقة بين [a, d] بالنسبة للعدد الضبابي شبه المنحرف [25].

3.5.1. الأعداد الضبابية المثلثية (Triangular Fuzzy Numbers)

هي مجموعة ضبابية خاصة معرفة في الاعداد الحقيقية، والعدد الضبابي المثلثي معرف بثلاث أعداد (a, b, c) إذ إن $(a < b < c)$، والقاعدة الاساسية للعدد المثلثي هو أن يكون ضمن المدة $[a, c]$ وأن درجة الانتماءه تساوي واحداً عند القيمة (b) وتتناقص من الواحد إلى الصفر في كلا جانبي هذه القيمة [25 ,26].

3.5.2. الأعداد الضبابية شبه منحرف (Trapezoidal Fuzzy Numbers)

هي مجموعة ضبابية خاصة معرفة في الأعداد الحقيقية، ومعرف العدد الضبابي شبه منحرف بأربعة أعداد (a, b, c, d) إذ إن $(a < b < c < d)$، والقاعدة الاساسية للعدد شبه المنحرف أن يكون محصورا ضمن المدة $[a, d]$، وأن درجة انتماءه تساوي واحداً عند القيمة $[b, c]$ وتتناقص من الواحد الى الصفر في كلا جانبي هذه القيمتين [26 ,27] .

3.5.3. العمليات الرياضية للأعداد الضبابية

3.5.3.1. العمليات الرياضية للأعداد المثلثية

نفرض أن $\left(\tilde{A} = (a_1, b_1, c_1) \quad , \quad \tilde{B} = (a_2, b_2, c_2)\right)$ تمثل عددين ضبابيين مثلثين فأن العمليات الرياضية بين هذين العددين الضبابيين هي [27 ,28].

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (2)$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1 - a_2, b_1 - b_2, c_1 - c_2) \quad (3)$$

3.5.3.2. العمليات *الرياضية للأعداد شبه المنحرف*

نفرض أن $\left(\tilde{A} = (a_1, b_1, c_1, d_1) \quad , \quad \tilde{B} = (a_2, b_2, c_2, d_2)\right)$ تمثل عددين ضبابيين شبه منحرفين فأن العمليات الرياضية بين هذين العددين الضبابيين هي[24] [7] :

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2) \quad (4)$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1 - a_2, b_1 - b_2, c_1 - c_2, d_1 - d_2) \quad (5)$$

3.6. دالة الرتبة (Ranking Function)

دالة الرتب هي طريقة مناسبة وسهلة للمقارنة بين الأعداد الضبابية، إذ إن دالة الرتب تحول كل عدد ضبابي إلى عدد عادي (Crisp). أنّ دالة الرتبة هي دالة $\Re: F(R) \to R$ إذ إن $F(R)$ هي مجموعة الأعداد الضبابية المعرفة على مجموعة الأعداد الحقيقية إذ إن كل عدد ضبابي له ما يقابله (يماثله) في خط الأعداد الحقيقية.

لنفرض أن $\tilde{A}$ و $\tilde{B}$ عددين ضبابيين لذلك فأن [28]:

$$\left.\begin{array}{l}\tilde{A} \underset{\mathcal{R}}{>} \tilde{B} \quad \text{if} \quad \mathcal{R}(\tilde{A}) > \mathcal{R}(\tilde{B}) \\ \tilde{A} \underset{\mathcal{R}}{<} \tilde{B} \quad \text{if} \quad R(\tilde{A}) < R(\tilde{B}) \\ \tilde{A} \underset{\mathcal{R}}{=} \tilde{B} \quad \text{if} \quad \mathcal{R}(\tilde{A}) = \mathcal{R}(\tilde{B})\end{array}\right\} \tag{6}$$

3.6.1. دالة الرتبة للأعداد الضبابية شبه المنحرف

نفرض أن ($\tilde{A} = (a_1, b_1, c_1, d_1)$, $\tilde{B} = (a_2, b_2, c_2, d_2)$) تمثل عددين ضبابيين شبه منحرفين فأن دالة الرتب لهذين العددين الضبابيين هي [30, 29].

$$\mathcal{R}(\tilde{A}) = \frac{1}{4}(a + b + c + d) \tag{7}$$

3.6.2. دالة الرتبة للأعداد الضبابية المثلثية

نفرض أن ($\tilde{A} = (a_1, b_1, c_1)$, $\tilde{B} = (a_2, b_2, c_2)$) تمثل أعداد ضبابية مثلثية فأن دالة الرتب لهذه الأعداد الضبابية هي [31, 30].

$$\mathcal{R}(\tilde{A}) = \frac{1}{4}(a + 2b + c) \tag{8}$$

3.7. مشكلة النقل الضبابي

ان النموذج الرياضي لمشكلة النقل بعد إزالة الضبابية عن معاملات كلفة النقل والتجهيز والطلب للمنتج جميعاً باستخدام دالة الرتب للأعداد الضبابية المثلية هو كما يلي [31, 30].

$$\left.\begin{array}{l} Min\ \mathcal{R}(\tilde{z}) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} \mathcal{R}(\tilde{c}_{ij})\,\mathcal{R}(\tilde{x}_{ij}) \\ \quad \text{S.to.} \\ \quad \sum_{j=1}^{n}\mathcal{R}(\tilde{x}_{ij}) = \mathcal{R}(\tilde{a}_{ij}), \qquad i = 1,2,\dots,m. \\ \quad \sum_{i=1}^{m}\mathcal{R}(\tilde{x}_{ij}) = \mathcal{R}(\tilde{b}_{ij}), \qquad j = 1,2,\dots,n. \\ \quad \sum_{i=1}^{m}\mathcal{R}(\tilde{a}_{ij}) = \sum_{j=1}^{n}\mathcal{R}(\tilde{b}_{ij}) \\ \qquad \mathcal{R}(\tilde{x}_{ij}) \geq 0\ , \forall\ i,j. \end{array}\right\} \tag{9}$$

3.7.1. طريقة روسل التقريبية الضبابية FRAM

تقترح طريقة روسل التقريبية الضبابية الحصول على الحل الابتدائي الأساسي المقبول (IBFS) لنوع معين من مشاكل النقل هو مشكلة النقل الضبابي (FTP). فضلاً عن كفاءة هذه الطريقة فإنها تعدّ معيارًا ممتازًا آخر قابل للتنفيذ على الكمبيوتر أيضا. وعلى الرغم من عدم وضوح أيهما أكثر فعالية فوجل ام روسل، إلا أن طريقة روسل غالبا ما تحصل على حل أفضل من حل فوجل [31].

قبل البدء بتطبيق خطوات طريقة روسل التقريبية الضبابية يجب ان نقوم بإزالة ضبابية الصفوف (التجهيزات) والاعمدة (الطلبات) بطريقة دالة الرتب او بواحدة من طرق إزالة الضبابية للتأكد من توازن مشكلة النقل الضبابية، بعد ذلك يتم تعريف قيم $\tilde{u}_i$ و $\tilde{v}_j$ على أنها أكبر كلفة نقل ضبابية للوحدة لكل صف وعمود على التوالي، في هذه الطريقة يتم إجراء كل تخصيص للكميات او الوحدات على أساس الحد الأعلى $\tilde{\Delta}_{ij} = \tilde{u}_i \oplus \tilde{v}_j \ominus \tilde{c}_{ij}$.

خطوات هذه الطريقة لمشكلة النقل الضبابي وعندما تكون معاملات كلفة النقل وقيم التجهيز والطلب جميعاً أعداداً ضبابية وكما يلي:

- نفترض أن $\tilde{u}_i$ هي أكبر كلفة نقل ضبابية للوحدة c_{ij} (أي نختار كلفة النقل التي تحتوي اعلى رتبة لكلفة النقل الضبابية) لكل صف (مصدر) i قيد الدراسة.
- نفترض أن $\tilde{v}_i$ هي أكبر كلفة نقل ضبابية للوحدة c_{ij} (أي نختار كلفة النقل التي تحتوي اعلى رتبة لكلفة النقل الضبابية) لكل عمود (نهاية) j قيد الدراسة.
- لكل متغير x_{ij} لم يتم اختياره مسبقًا من الصفوف والأعمدة، نحسب $\tilde{\Delta}_{ij}$ او Δ_{ij} من المعادلة (10):

$$\left.\begin{array}{l} \tilde{\Delta}_{ij} = \tilde{u}_i \oplus \tilde{v}_j \ominus \tilde{c}_{ij} \\ \text{Or} \\ \Delta_{ij} = \Re(\tilde{u}_i) + \Re(\tilde{v}_j) - \Re(\tilde{c}_{ij}) \end{array}\right\} \tag{10}$$

- نقوم بتخصيص أكبر كمية ممكنة (أكبر عدد وحدات ممكن) للصف والعمود المقابل للحد الأعلى لل $\tilde{\Delta}_{ij}$ (أي نختار $\tilde{\Delta}_{ij}$ الضبابي الذي يحتوي على أعلى رتبة). في حالة وجود أكثر من حد أعلى لل $\tilde{\Delta}_{ij}$ نختار المتغير x_{ij} الذي يقابل اعلى تخصيص.
- اطرح الكمية التي تم تخصيصها من متطلبات التجهيز والطلب. احذف الصفوف والأعمدة التي تم استنفاد التجهيز والطلب فيها.
- إذا لم يتم استيفاء متطلبات التجهيز والطلب جميعاً، فانتقل إلى الخطوة الأولى وأعد حساب $\tilde{\Delta}_{ij}$ الجديد، إذا تم استيفاء قيم الصفوف والأعمدة جميعاً فقد تم الحصول على الحل الابتدائي الأساسي المقبول.

3.7.2. طريقة التوزيع المعدل الضبابي (FMDM)

في هذه البحث تم توضيح طريقة التوزيع المعدل الضبابي لإيجاد الحل الأمثل لمشكلة النقل الضبابي، خطوات إيجاد الحل الأمثل لهذه الطريقة هي كما يلي [26].

- أكمل الحل الابتدائي المقبول الضبابي لمشكلة النقل الضبابي بأي طريقة من طرق الحل الابتدائي.
- قم بإيجاد قيم $\tilde{u}_i$ و $\tilde{v}_i$ المقابلة لكل صف i^{th} وعمود j^{th} على التوالي. اكتب $\tilde{u}_i$ أمام كل صف i^{th} و $\tilde{v}_i$ أسفل كل عمود j^{th}.
- بالنسبة للمتغير الأساس x_{ij}، يتم تحديد $\tilde{u}_i$ و $\tilde{v}_i$ لكل متغير أساس من المعادلة (11)

$$\tilde{c}_{ij} = \tilde{u}_i \oplus \tilde{v}_i \tag{11}$$

لكل (i, j) إذ يكون x_{ij} أساسياً. عدد المتغيرات الأساسية يساوي الى $m + n - 1$ ومن ثم هناك $m + n - 1$ من هذه المعادلات، نظرًا لأن عدد المجاهيل هو $m+n$، فلا يمكن تعيين قيمة لأي من هذه المتغيرات بشكل اعتباطي، لا يؤثر اختيار هذا المتغير وقيمته على قيمة أي $\tilde{u}_i \oplus \tilde{v}_i \ominus \tilde{c}_{ij}$، حتى عندما يكون x_{ij} غير أساس.

- عدّ أي من $\tilde{u}_i$ أو $\tilde{v}_i$ ليكون عدداً ضبابيا في الرتبة الصفرية.
- بالنسبة للمتغير غير الأساس x_{ij} احسب الرتبة للمعادلة (12):

$$\tilde{d}_{ij} = \tilde{u}_i \oplus \tilde{v}_i \ominus \tilde{c}_{ij} \quad (12)$$

لكل (i, j) إذ يكون x_{ij} غير أساسيًا. ان الحل الابتدائي المقبول الضبابي هو الأمثل الضبابي إذا وفقط إذا كان $\tilde{u}_i \oplus \tilde{v}_i \ominus \tilde{c}_{ij} \leq_{\Re} 0$ لكل (i, j) إذ يكون x_{ij} غير أساس. في حالة وجود $\tilde{d}_{ij}$ واحد على الأقل إذ إن $\tilde{d}_{ij} >_{\Re} 0$ فإن الحل الابتدائي المقبول الضبابي هذا ليس حلاً أمثلاً ضبابياً عليه انتقل إلى الخطوة 6.

- تحديد المتغير الأساس الداخل: نظرًا لأن مشكلة النقل الضبابي تسعى إلى تقليل الكلفة، فإن المتغير الداخل هو المتغير الذي يحتوي على أكثر معامل موجب في الصف Z . في مشكلة النقل الضبابي اختار أن $\tilde{d}_{ij}$ الذي تكون رتبته اعلى موجب.
- حدد المتغير الأساس الخارج: أولاً قم ببناء حلقة مغلقة تبدأ وتنتهي عند خلية المتغير الداخل (نعيد رسم مسار المتغير الداخل ونختار أصغر متغير اساس موجود في احدى الزوايا السالبة ليكن هو المتغير الخارج)، تتكون الحلقة من قطع مستقيم او مقاطع أفقية ورأسية متصلة فقط (لا يُسمح باستخدام الأقطار). باستثناء خلية المتغير الداخل، من الخلايا المانحة حدد المتغير الأساس الذي له أقل قيمة. حدد الحل الجديد الابتدائي المقبول الضبابي: نعيد رسم مسار المتغير الداخل ونختار أصغر متغير اساس موجود في احدى الزوايا السالبة ليكن هو المتغير الخارج أضف قيمة المتغير الأساس الخارج إلى التخصيص لكل خلية مستلمة. اطرح هذه القيمة من التخصيص لكل خلية مانحة.
- مرة أخرى، استخدم أخر حل ابتدائي مقبول ضبابي وكرر الخطوات من 1 إلى 8 حتى يكون $\forall\ i\&j \tilde{d}_{ij} \leq_{\Re} 0$.

4. الجانب العملي

4.1 مثال تطبيقي

من أهم منتجات شركة الذهب الأسود هي التمور المعلبة. تمتلك الشركة ثلاثة مستودعات في (كربلاء وديالى والبصرة) وتريد تلبية طلبات الوكلاء الأربعة في (بغداد والأنبار وأربيل ودهوك) وبسبب الظروف الاقتصادية غير المستقرة والضبابية التي تمر بها العديد من دول المنطقة ومنها بلدنا العزيز فإن متخذ القرار في الشركة لا يتمكن من تحديد بيانات المشكلة من تجهيز مستودعات وطلب وكلاء فضلا عن كلف النقل بدقة، عليه فقد تم استخدام النظرية الضبابية لتمثيل ووصف بيانات المشكلة إذ تم تمثيل كلفة النقل التقريبية للطن (بالدولار) والتجهيز والطلب للمنتج بعدد ضبابي ثلاثي الذي عدّ الأكثر ملائمة لبيانات الشركة وخير ما يصف بيئة الشركة والوكلاء التي تتعامل معهم وكما هو مبين في جدول (1) الذي يوضح تكاليف النقل وقيم التجهيز للمستودعات والطلب الضبابي للوكلاء لمنتج التمور ولكل مستودع ووكيل وعلى التوالي.

الجدول (1) مشكلة النقل الضبابي المتوازنة والتي تضم كلفة وقيم التجهيز والطلب للمنتج ممثلة برقم ضبابي ثلاثي

		الوكلاء				التجهيز
		بغداد	**انبار**	**أربيل**	**دهوك**	
المصادر	كربلاء	(50,70,100)	(40,60,80)	(50,60,70)	(60,100,130)	(70,100,130)
	ديالى	(30,50,60)	(30,40,50)	(60,80,100)	(60,90,200)	(180,200,220)
	بصرة	(20,25,30)	(50,60,70)	(70,90,110)	(80,100,120)	(370,400,430)
الطلب		(180,200,220)	(50,100,150)	(120,150,180)	(200,250,300)	

4.2 إيجاد الحل الابتدائي الأساسي المقبول باستخدام طريقة روسل التقريبية الضبابية

في بداية الامر يجب التأكد ان مشكلة النقل الضبابي مقبولة ولهذا يجب ان يتم التخلص من الضبابية وإيجاد دالة الرتب لتجهيز المستودعات وكذلك ضبابية طلب الوكلاء من خلال تطبيق المعادلة (8) ومن ثم جمع دوال الرتب للمستودعات جميعاً ومقارنتها بمجموع دوال الرتب لطلب الوكلاء إذ يتضح من الجدول (2) ان مشكلة النقل الضبابية متوازنة لأن:

$$\sum_{i=1}^{m} \mathcal{R}(\tilde{a}_{ij}) = \sum_{j=1}^{n} \mathcal{R}(\tilde{b}_{ij}) = 700 \quad (13)$$

جدول (2) يوضح توازن مشكلة النقل الضبابية بعد استعمال دوال الرتب للتخلص ضبابية تجهيز المستودعات وطلب الوكلاء

		الوكلاء				**التجهيز**
		بغداد	**انبار**	**أربيل**	**دهوك**	
المصادر	كربلاء	(50,70,100)	(40,60,80)	(50,60,70)	(60,100,130)	(70,100,130) Rank=100
	ديالى	(30,50,60)	(30,40,50)	(60,80,100)	(60,90,200)	(180,200,220) Rank=200
	بصرة	(20,25,30)	(50,60,70)	(70,90,110)	(80,100,120)	(370,400,430) Rank=400
الطلب		(180,200,220) Rank=200	(50,100,150) Rank=100	(120,150,180) Rank=150	(200,250,300) Rank=250	700

بعد ذلك يتم تطبيق خطوات طريقة روسل التقريبية الضبابية (FRAM)، وعلى هذا الأساس يجب التخلص من ضبابية كلف النقل للمشكلة وإيجاد دالة الرتب لكل كلفة نقل وذلك بتطبيق معادلة (8) وكما في جدول (3).

جدول (3) يوضح استعمال دوال الرتب للتخلص ضبابية كلف النقل وتجهيز المستودعات وطلب الوكلاء

		الوكلاء				**التجهيز**
		بغداد	**انبار**	**أربيل**	**دهوك**	
المصادر	كربلاء	(50,70,100) Rank=72.5	(40,60,80) Rank=60	(50,60,70) Rank=60	(60,100,130) Rank=97.5	(70,100,130) Rank=100
	ديالى	(30,50,60) Rank=47.5	(30,40,50) Rank=40	(60,80,100) Rank=80	(60,90,200) Rank=110	(180,200,220) Rank=200
	بصرة	(20,25,30) Rank=25	(50,60,70) Rank=60	(70,90,110) Rank=90	(80,100,120) Rank=100	(370,400,430) Rank=400
الطلب		(180,200,220) 200Rank=	(50,100,150) 100Rank=	(120,150,180) 150Rank=	(200,250,300) 250Rank=	

وكما في الخطوة 1 من خطوات طريقة روسل التقريبية الضبابية يتم تحديد $\tilde{u}_i$ وهي أكبر كلفة نقل ضبابية للوحدة c_{ij} لكل صف (مستودع) i قيد الدراسة وهي $\tilde{u}_1 = (60,100,130)$ كذلك يتم تحديد $\tilde{v}_1$ من الخطوة 2 وهي أكبر كلفة نقل ضبابية للوحدة c_{ij} لكل عمود (طلب وكيل) j قيد الدراسة وهي $\tilde{v}_1 = (50,70,100)$، اما $\tilde{c}_{11}$ فهي $\tilde{c}_{11} = (50,70,100)$ ومن الخطوة 3 نحسب $\tilde{\Delta}_{ij}$ او Δ_{ij} من المعادلة (10) وكما يلي:

$$\tilde{\Delta}_{11} = \tilde{u}_1 \oplus \tilde{v}_1 \ominus \tilde{c}_{11}$$

$$\left.\begin{aligned}
&\tilde{\Delta}_{11} = (60,100,130) \oplus (50,70,100) \ominus (50,70,100) = (60,100,130)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{11}) = 97.5\\
&\tilde{\Delta}_{12} = \tilde{u}_1 \oplus \tilde{v}_2 \ominus \tilde{c}_{12}\\
&\tilde{\Delta}_{12} = (60,100,130) \oplus (40,60,80) \ominus (40,60,80) = (60,100,130)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{12}) = 97{,}5\\
&\tilde{\Delta}_{13} = \tilde{u}_1 \oplus \tilde{v}_3 \ominus \tilde{c}_{13}\\
&\tilde{\Delta}_{13} = (60,100,130) \oplus (70,90,110) \ominus (50,60,70) = (80,130,170)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{13}) = 127{,}5\\
&\tilde{\Delta}_{14} = \tilde{u}_1 \oplus \tilde{v}_4 \ominus \tilde{c}_{14}\\
&\tilde{\Delta}_{14} = (60,100,130) \oplus (60,90,200) \ominus (60,100,130) = (60,90,200)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{41}) = 110\\
&\tilde{\Delta}_{21} = \tilde{u}_2 \oplus \tilde{v}_1 \ominus \tilde{c}_{21}\\
&\tilde{\Delta}_{21} = (60,90,200) \oplus (50,70,100) \ominus (30,50,60) = (80,110,240)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{21}) = 135\\
&\tilde{\Delta}_{22} = \tilde{u}_2 \oplus \tilde{v}_2 \ominus \tilde{c}_{22}\\
&\tilde{\Delta}_{22} = (60,90,200) \oplus (40,60,80) \ominus (30,40,50) = (70,110,230)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{22}) = 130\\
&\tilde{\Delta}_{23} = \tilde{u}_2 \oplus \tilde{v}_3 \ominus \tilde{c}_{23}\\
&\tilde{\Delta}_{23} = (60,90,200) \oplus (70,90,110) \ominus (60,80,100) = (70,100,210)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{23}) = 120\\
&\tilde{\Delta}_{24} = \tilde{u}_2 \oplus \tilde{v}_4 \ominus \tilde{c}_{24}\\
&\tilde{\Delta}_{24} = (60,90,200) \oplus (60,90,200) \ominus (60,90,200) = (60,90,200)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{24}) = 110\\
&\tilde{\Delta}_{31} = \tilde{u}_3 \oplus \tilde{v}_1 \ominus \tilde{c}_{31}\\
&\tilde{\Delta}_{31} = (80,100,120) \oplus (50,70,100) \ominus (20,25,30) = (110,145,190)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{31}) = 147{,}5\\
&\tilde{\Delta}_{32} = \tilde{u}_3 \oplus \tilde{v}_2 \ominus \tilde{c}_{32}\\
&\tilde{\Delta}_{32} = (80,100,120) \oplus (40,60,80) \ominus (50,60,70) = (70,100,130)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{32}) = 100\\
&\tilde{\Delta}_{33} = \tilde{u}_3 \oplus \tilde{v}_3 \ominus \tilde{c}_{33}\\
&\tilde{\Delta}_{33} = (80,100,120) \oplus (70,90,110) \ominus (70,90,110) = (80,100,120)\\
&\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{33}) = 100\\
&\tilde{\Delta}_{34} = \tilde{u}_3 \oplus \tilde{v}_4 \ominus \tilde{c}_{34}\\
&\tilde{\Delta}_{34} = (80,100,120) \oplus (60,90,200) \ominus (80,100,120) = (60,90,200)
\end{aligned}\right\} \tag{14}$$

$$\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{43}) = 110$$

يُظهر بعد حساب جميع قيم $\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{ij})$ لـ $i = 1,2,3$ و $j = 1,2,3,4$ أن $\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{31}) = 147.5$ هو أكبر قيمة موجبة لذلك يتم تحديد الصف (المستودع) والعمود (طلب الوكيل) المقابل لل $\mathfrak{R}(\tilde{\Delta}_{31}) = 147.5$.

وكما في الخطوة 4 من خطوات طريقة روسل التقريبية الضبابية يتم تخصيص اكبر كمية ممكنة من التجهيز للصف 3 (مستودع 3) وهي $x_{31} = 200$ على أنها المتغير الأساس الأول (الذي سيتم تخصيصه) ليتم تلبية طلب العمود 1 (الوكيل 1) بالكامل بعد ذلك يتم استبعاد هذا العمود (يحذف) من الحسابات اللاحقة وكما في الخطوة 5.

الخطوة 6 يعاد حساب $\Re\left(\tilde{\Delta}_{ij}\right)$ لجميع الصفوف والاعمدة المتبقية لتحديد أكبر قيمة إيجابية في المرحلة الثانية من التخصيص وهي: $\Re\left(\tilde{\Delta}_{22}\right) = 130$ وهو أكبر قيمة موجبة لذلك يتم تحديد الصف (المستودع) والعمود (طلب الوكيل) المقابل له ليتم تخصيص اكبر كمية ممكنة من التجهيز للصف 2 (مستودع 2) وهي $x_{22} = 100$ على أنها المتغير الأساس الثاني (الذي سيتم تخصيصه) ليتم تلبية طلب العمود 2 (الوكيل 2) بالكامل بعد ذلك يتم استبعاد هذا العمود (يحذف) من الحسابات اللاحقة.

تستمر الخطوات والحسابات اللاحقة بالمثل الى ان يتم تخصيص كميات التمور كلها في المستودعات الثلاثة او تلبية طلبات الوكلاء الأربعة كما في جدول (4).

الجدول (4) يوضح الحل الابتدائي الأساس المقبول باستخدام طريقة روسل التقريبية الضبابية

		التجهيز	الوكلاء دهوك	 أربيل	 انبار	 بغداد
المصادر	كربلاء	(70,100,130) Rank=100	(60,100,130) Rank=97.5	(50,60,70) Rank=60	(40,60,80) Rank=60	(50,70,100) Rank=72.5
	ديالى	(180,200,220) Rank=200	(60,90,200) Rank=110	(60,80,100) Rank=80	(30,40,50) Rank=40	(30,50,60) Rank=47.5
	بصرة	(370,400,430) Rank=400	(80,100,120) Rank=100	(70,90,110) Rank=90	(50,60,70) Rank=60	(20,25,30) Rank=25
الطلب			(200,250,300) Rank=250	(120,150,180) Rank=150	(50,100,150) Rank=100	(180,200,220) Rank=200

بعد تطبيق خطوات طريقة روسل التقريبية الضبابية (FRAM) لتخصيص كل كميات التمور في المستودعات الثلاثة الى الوكلاء الأربعة لتلبية طلباتهم يتم إيجاد كلفة النقل الكلية من خلال تطبيق معادلة (9):

$$Min\ \Re(Z) = \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{4} \Re\left(\tilde{c}_{ij}\right) \Re\left(\tilde{x}_{ij}\right) = 43500 \qquad (15)$$

4.3. إيجاد الحل الأمثل باستخدام طريقة التوزيع المعدل الضبابي FMDM

توضيح طريقة التوزيع المعدل الضبابي FMDM يتم من خلال تطبيق اختبار الأمثلية باستخدام طريقة التوزيع المعدل الضبابي للتحقق من ان الحل الأبتدائي الاساسي المقبول هو حل أمثل. يكون الحل الابتدائي الاساس المقبول الضبابي هو حل امثل إذا وفقط إذا كان $\Re\left(\tilde{\Delta}_{ij}\right) \leq_{\Re} 0$ لكل (i,j) عندما يكون $\tilde{x}_{ij}$ متغيرا غير أساس.

وكما جاء في الخطوة 2 و3 من طريقة التوزيع المعدل الضبابي فإن الاجراء الوحيد الذي يتطلبه اختبار الأمثلية هو تطبيق معادلة (11) لحساب قيم $\tilde{u}_i$ و $\tilde{v}_j$ من المتغيرات الاساسية ثم حساب $\tilde{u}_i \oplus \tilde{v}_j \ominus \tilde{c}_{ij}$ للمتغيرات غير الأساسية للحل الابتدائي الأساس المقبول ومن خلال تطبيق معادلة (12) كما هو موضح أدناه:

يتم حساب قيمة $\tilde{u}_i$'s $(i = 1,2,3)$ وقيمة $\tilde{v}_j$'s $(j = 1,2,3,4)$ لكل خلية مشغولة (اساسية) لتبسيط العمليات الحسابية نفرض ان $\tilde{u}_1 = (0,0,0)$، وبعد تطبيق معادلة (11) يمكن حساب $\tilde{u}_2, \tilde{u}_3, \tilde{v}_1, \tilde{v}_2, \tilde{v}_3$ and $\tilde{v}_4$ للمغيرات الاساسية وكما موضح أدناه

$$\left.\begin{aligned}
&\tilde{c}_{13} = \tilde{u}_1 \oplus \tilde{v}_3\\
&(50,60,70) = (0,0,0) \oplus \tilde{v}_3\\
&\tilde{v}_3 = (50,60,70)\\
&\tilde{c}_{23} = \tilde{u}_2 \oplus \tilde{v}_3\\
&(60,80,100) = \tilde{u}_2 \oplus (50,60,70)\\
&\tilde{u}_2 = (10,20,30)\\
&\tilde{c}_{22} = \tilde{u}_2 \oplus \tilde{v}_2\\
&(30,40,50) = (10,20,30) \oplus \tilde{v}_2\\
&\tilde{v}_2 = (20,20,20)\\
&\tilde{c}_{24} = \tilde{u}_2 \oplus \tilde{v}_4\\
&(60,90,200) = (10,20,30) \oplus \tilde{v}_4\\
&\tilde{v}_4 = (50,70,170)\\
&\tilde{c}_{31} = \tilde{u}_3 \oplus \tilde{v}_1\\
&(20,25,30) = (30,30,-50) \oplus \tilde{v}_1\\
&\tilde{v}_1 = (-10,-5,80)\\
&\tilde{c}_{34} = \tilde{u}_3 \oplus \tilde{v}_4\\
&(80,100,120) = \tilde{u}_3 \oplus (50,70,170)\\
&\tilde{u}_3 = (30,30,-50)
\end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

بعد ذلك يتم حساب $\tilde{\Delta}_{ij}$ لكل خلية غير اساسية من خلال المعادلة (12) وكما يلي:

$$\left.\begin{array}{l}
\tilde{\Delta}_{11}= \tilde{u}_1 \oplus \tilde{v}_1 \ominus \tilde{c}_{11} \Rightarrow \tilde{\Delta}_{11}= (0,0,0) \oplus (-10,-5,80) \ominus (50,70,100) \\
\tilde{\Delta}_{11}= (-60,-75,-20) \Rightarrow \Re(\tilde{\Delta}_{11}) = -57.5 < 0 \\
\tilde{\Delta}_{12}= \tilde{u}_1 \oplus \tilde{v}_2 \ominus \tilde{c}_{12} \Rightarrow \tilde{\Delta}_{12}= (0,0,0) \oplus (20,20,20) \ominus (40,60,80) \\
\tilde{\Delta}_{12}= (-20,-40,-60) \Rightarrow \Re(\tilde{\Delta}_{12}) = -40 \\
\tilde{\Delta}_{14}= \tilde{u}_1 \oplus \tilde{v}_4 \ominus \tilde{c}_{14} \Rightarrow \tilde{\Delta}_{14}= (0,0,0) \oplus (50,70,170) \ominus (60,100,130) \\
\tilde{\Delta}_{14}= (-10,-30,40) \Rightarrow \Re(\tilde{\Delta}_{14}) = -7.5 < 0 \\
\tilde{\Delta}_{21}= \tilde{u}_2 \oplus \tilde{v}_1 \ominus \tilde{c}_{21} \Rightarrow \tilde{\Delta}_{21}= (10,20,30) \oplus (-10,-5,80) \ominus (30,50,60) \\
\tilde{\Delta}_{21}= (-30,-35,50) \Rightarrow \Re(\tilde{\Delta}_{21}) = -12 < 0 \\
\tilde{\Delta}_{32}= \tilde{u}_3 \oplus \tilde{v}_2 \ominus \tilde{c}_{32} \Rightarrow \tilde{\Delta}_{32}= (30,30,-50) \oplus (20,20,20) \ominus (50,60,70) \\
\tilde{\Delta}_{32}= (0,-10,-100) \Rightarrow \Re(\tilde{\Delta}_{32}) = -30 < 0 \\
\tilde{\Delta}_{33}= \tilde{u}_3 \oplus \tilde{v}_3 \ominus \tilde{c}_{33} \Rightarrow \tilde{\Delta}_{33}= (30,30,-50) \oplus (50,60,70) \ominus (70,90,110) \\
\tilde{\Delta}_{33}= (10,0,-90) \Rightarrow \Re(\tilde{\Delta}_{33}) = -20 < 0
\end{array}\right\} \tag{17}$$

على وفق معيار الأمثلية لتقليل كلفة النقل الكلية الضبابية لمشكلة النقل الضبابية إلى أدنى حد، فإن الحل الحالي الذي تم التوصل اليه بطريقة روسل التقريبية الضبابية هو الحل الأمثل، نظرًا لأن رتبة $\tilde{\Delta}_{ij}$ جميعا من الخلايا غير المشغولة هي سالبة ومن ثم تكون كلفة النقل الكلية المثلى هي:

Fuzzy optimal value $Min\, \Re(Z) = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{4} \Re\,(\tilde{c}_{ij})\, \Re\,(\tilde{x}_{ij}) = 43500$ (18)

5. الاستنتاجات

ان النظرية الضبابية هو اسلوب يتمتع بقدرة عالية في إيجاد الحلول للمشاكل المختلفة النظرية منها او التطبيقية وتوفر هذه النظرية طريقة بسيطة جداً للحصول على استنتاجات محددة من معلومات غير دقيقة وغامضة اذ يحاكي هذا المنطق حالات اتخاذ القرار لدى الأنسان مقرونة بالمحاولات لإيجاد حلول دقيقة من بيانات غير دقيقة او تقريبية، اذ تم استخدام النظرية الضبابية والعمليات الحسابية للأعداد الضبابية ولدالة الرتب لتفسير ضبابية البيئة التي تعاني منها الشركة وكذلك للتخلص من الضبابية للحصول على الحل الابتدائي الأساسي المقبول (IBFS) والحل الامثل لمشكلة النقل الضبابية.

في هذا البحث تم اقتراح طريقة كفوءة ورصينة وهي طريقة روسل التقريبية الضبابية (FRAM) لحل مشكلة النقل الضبابي (FTP) للحصول على حل ابتدائي أساسي مقبول (IBFS) لمشكلة النقل الضبابي (FTP) التي تعدّ محاولة جديدة لحل مشكلة النقل في البيئة الضبابية. كما تم اقتراح طريقة التوزيع المعدل الضبابي (FMDM) لاختبار الحل الأمثل الضبابي من الحل الابتدائي الأساسي المقبول (IBFS)، نستنتج من هذا ان الطريقة المقترحة (روسل التقريبية الضبابية) وطريقة التوزيع المعدل الضبابي لهما مزايا عديدة منها ان الطريقتان هما إجراء منهجي وان خطوات الطريقتين سهلتا الفهم والتطبيق، وان الحل الابتدائي الأساسي المقبول باستخدام طريقة روسل التقريبية الضبابية وبعد إزالة الضبابية من مشكلة النقل الضبابي باستعمال دالة الرتب هو الحل الأمثل نفسه وهذا يدل على كفاءة الطريقة المقترحة، كما يمكن استعمال الطريقتين لحل مشاكل النقل الضبابية وبأبعاد مختلفة.

References

[1] Hillier, F.S. and Liberman, G.J. Introduction to Operations Research. 7th Edn, McGraw-Hill Company, New York, USA, 2001.
[2] Khalaf, W.S. Operations Research for Decision Support, Dar Ghaida for Publishing and Distribution. Amman. Jordan, 2022.
[3] Bellman, R. E., & Zadeh, L. A., Decision-making in a fuzzy environment. Management science, 17(4), B-141, 1970, https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141.
[4] Zadeh, L. A., Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy sets and systems, 1(1), 3-28, 1978, https://doi.org/10.1016/0165-0114(78)90029-5.
[5] Zimmermann, H. J., Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. Fuzzy sets and systems, 1(1), 45-55, 1978, https://doi.org/10.1016/0165-0114(78)90031-3.
[6] O. Eigeartaigh, M. A fuzzy transportation algorithm. Fuzzy Sets Syst., 8, 235-243, 1982.
[7] Dubois, D., & Prade, H., Additions of interactive fuzzy numbers. IEEE Transactions on Automatic Control, 26(4), 926-936, 1981, https://doi.org/10.1109/TAC.1981.1102744.
[8] Chanas, S., Kolodziejczyk, W. and Machaj, Anna, A fuzzy approach to the transportation problem. Fuzzy sets and Systems, 13(3), 211-221, 1984.
[9] Lai, Y.J. and Hwang, C.L. Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications. Springer-Verlag, Berlin, Germany, Pages: 301,1992.
[10] Chanas, S., & Kuchta, D., A concept of the optimal solution of the transportation problem with fuzzy cost coefficients. Fuzzy sets and systems, 82(3), 299-305, 1996.
[11] Chanas, S., & Kuchta, D., Fuzzy integer transportation problem. Fuzzy sets and systems, 98(3), 291-298, 1998, https://doi.org/10.1016/S0165-0114(96)00380-6.
[12] Liu, S. T., & Kao, C., Solving fuzzy transportation problems based on extension principle. European Journal of operational research, 153(3), 661-674, 2004, https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00731-2.
[13] Kumar, A., & Kaur, A., Application of classical transportation methods to find the fuzzy optimal solution of fuzzy transportation problems. Fuzzy Information and Engineering, 3(1), 81-99, 2011, https://doi.org/10.1007/s12543-011-0068-7.
[14] Kumar, B. R., & Murugesan, S., On fuzzy transportation problem using triangular fuzzy numbers with modified revised simplex method. International Journal of Engineering Science and Technology, 4(1), 285-294, 2012.
[15] Narayanamoorthy, S., Saranya, S., & Maheswari, S., A method for solving fuzzy transportation problem (ftp) using fuzzy russell's method. International Journal of Intelligent Systems and Applications, 5(2), 71, 2013.
[16] Hedid, M., & Zitouni, R., Solving the four index fully fuzzy transportation problem. Croatian Operational Research Review, 11(2), 199-

215, 2020, https://hrcak.srce.hr/248145.
[17] Krishnaveni, G., & Ganesan, K., An effective approach for the solution of fully fuzzy transportation problems. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1130, No. 1, p. 012065). IOP Publishing, 2021, DOI 10.1088/1757-899X/1130/1/012065.
[18] Ramesh a, R. and Suganya, R. Solving Russell's Approximation method using best candidate method. International Journal of Mechanical Engineering, Vol. 7, No. 4, 2022.
[19] Dubois, D.J. Fuzzy sets and systems: theory and applications. Academic press, 1980.
[20] Pardalos, P. M., Aydogan, E. K., Gurbuz, F., Demirtas, O., & Bakirli, B. B., Fuzzy combinatorial optimization problems. Handbook of combinatorial optimization. Springer, New York, 1357-1413, 2013.
[21] Khalaf, W. S., Solving the fuzzy project scheduling problem based on a ranking function. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(8), 806-811, 2013.
[22] Kaufmann, A. and Gupta, M.M. Introduction to Fuzzy Arithmetic: Theory and Applications, New York, strand Reinhold, 1985.
[23] Maleki, H. R., Ranking functions and their applications to fuzzy linear programming. Far East Journal of Mathematical Sciences, 4(3), 283-302, 2002.
[24] Russell, E. J., Letters to the Editor—Extension of Dantzig's Algorithm to Finding an Initial Near-Optimal Basis for the Transportation Problem. Operations Research, 17(1), 187-191, 1969.
[25] Zadeh, L.A. Fuzzy sets. Info. Contr., 8: 338-353, 1965.
[26] Zimmermann, H. J., Fuzzy set theory—and its applications. Springer Science & Business Media, 2011.
[27] WANG, S., A Manufacturer Stackelberg Game in Price Competition Supply Chain under a Fuzzy Decision Environment. IAENG International Journal of Applied Mathematics, 47(1), 2017.
[28] Khalaf, W. S., A Fuzzy Dynamic Programming for the Optimal Allocation of Health Centers in some Villages around Baghdad. Baghdad Science Journal, 19(3), 0593-0593, 2022.
[29] Khalaf, W. S., Khalaf, B. A., & Abid, N. O., A plan for transportation and distribution the products based on multi-objective travelling salesman problem in fuzzy environmental. Periodicals of Engineering and Natural Sciences, 9(4), 5-22, 2021, http://dx.doi.org/10.21533/pen.v9i4.2253.
[30] A.M. Al-Mubarqa, "The use of hierarchical analysis and fuzzy goal programming in decision making with practical application" Master's thesis / University of Baghdad, College of Administration and Economics. Iraq.
[31] Herlina, L., & Anggraeni, E. (2019, December). Fuzzy inference system for evaluating supplier in shrimp agroindustry. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 673, No. 1, p. 012083). IOP Publishing, 2019, DOI 10.1088/1757-899X/673/1/012083.