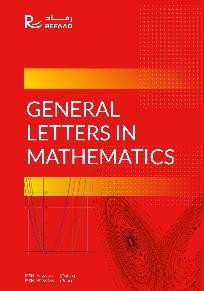
Available online at [www.refaad.com](http://www.refaad.com/) Gen. Lett. Math., 12(3) (2022), 139- 147

Research Article



**General Letters in Mathematics (GLM)**

Journal Homepage: https://[www.refaad.com/Journal/Index/1](http://www.refaad.com/Journal/Index/1)

ISSN: 2519-9277 (Online) 2519-9269 (Print)

Розв’язання задачі транспортної задачі використовуючи багатоатрибутну модель

**Basher. F. Mohammed a,\*** a Madenat alelem college, Iraq E-Mail: [basher\_a@mauc.edu.iq](mailto:basher_a@mauc.edu.iq)

# Анотація

Задача транспортування в дослідженні операцій, мабуть, є однією з найбільш досліджуваних. Існує багато моделей для вирішення задачі транспортування одного продукту, які не враховують теперішню ситуацію з декількома продуктами.

В цій статті розглянуто випадок, коли проблема з декількома продуктами асимілюється до проблеми з одним продуктом. Дослідження було зосереджене на правильному викладі проблеми парного транспортування, і найпростіші методи запропонували деякі техніки вирішення для унікальних випадків, які дозволяють деякі спрощення. У цьому прикладі метою цього дослідження є запропонувати модель стратегії для задачі транспортування з декількома продуктами, яка не обмежується лише унікальними випадками, а має на меті успішно вирішити проблему, враховуючи різні фактори та використовуючи метод багатокритеріальної оцінки.

Ключові слова: задача транспортування, багатопродуктове транспортування, багатокритеріальна модель, прийняття рішень.

2010 MSC: 90B06.

# Вступ

Хоча в бізнесі проблема транспортування декількох продуктів зустрічається частіше, у всіх підручниках та спеціалізованій літературі з транспортних моделей розглядається проблема одного продукту, і дуже рідко згадується випадок з декількома продуктами

З цієї причини багато підприємців та їхніх консультантів з математичних моделей, які змушені працювати з транспортуванням декількох продуктів, повинні робити спрощення, наприклад, розглядати всі свої продукти як один, що в багатьох випадках не має практичного сенсу.

У зв'язку з цим виникла потреба вивчити цю тему з метою досягнення простого рішення, яке можна буде втілити на практиці. У цьому аспекті вже зроблено певний прогрес, наприклад, формальний підхід до проблеми та запропонування деяких рішень, особливо коли дозволяється деяке спрощення, що може перетворити проблему на окремий випадок [1],[2],[3],[4].

Але досі немає рішення, яке було б здатне вирішити проблему у будь-який момент часу і враховувати наявність різних факторів, що можуть впливати на рішення.

З іншого боку, враховуючи наявний досвід роботи з багатоатрибутними моделями та їх простоту, було піднято можливість вирішення цієї цікавої проблеми за допомогою багатоатрибутної техніки, тим самим визначивши мету цього дослідження, яку можна сформулювати таким чином:

\*Corresponding author

Email addresses: [basher\_a@mauc.edu.iq](mailto:basher_a@mauc.edu.iq) (Basher. F. Mohammed). doi:10.31559/glm2022.12.3.4

Received: 2 July 2022 Revised: 27 Aug 2022 Accepted: 4 Oct 2022

Створення моделі для вирішення транспортної задачі кількох продуктів, з урахуванням різних факторів, які можуть впливати на рішення, та використання багатоатрибутної техніки.

З формулюванням загальної мети неявно визначаються конкретні цілі дослідження, які включають: виконання підходу до моделі транспортування кількох продуктів, включаючи відповідні змінні інших факторів, в доповнення до різних типів самих продуктів, що можуть впливати на їх рішення, та аналіз багатоатрибутних моделей, щоб у кінцевому підсумку використовувати їх і вирішувати поставлену проблему.

Методологія досягнення цієї мети буде науковим методом, застосованим до досліджень операцій, де першим етапом буде визначення проблеми, як це вказано в цілях, що були тільки що представлені. Далі буде проведено пошук даних, щоб встановити критерії та атрибути, які будуть використовуватися. Це призведе до визначення альтернатив, які будуть полягати в пошуку вагових коефіцієнтів та шкал вартості, що можуть допомогти вирішити проблему транспортування кількох продуктів.

Дотримуючись визначеного в цілях, будуть завершені останні етапи, які включають: оцінку альтернатив та вибір найкращої, після чого буде представлено її деталі та проаналізовано можливі рішення, що відповідає встановленню контролю. [5],[6],[7].

Щодо обмежень, в певному розумінні вони вже були встановлені при формулюванні цілей, оскільки бажається модель з практичним змістом, яка спрощує управління проблемою для тих, хто має працювати з транспортуванням кількох продуктів, допомагає їм у прийнятті рішень, хоча на неї впливають різні фактори, та яка використовує багатоатрибутну техніку. Але знаючи, що основна функція багатоатрибутної техніки - це упорядкування змінних, у цій роботі не буде розглянуто другу фазу, а саме призначення номерів продуктів, які будуть оброблені кожною з цих змінних.

Крім того, як передбачається дослідницькою групою, продукт, який має бути отриманий, повинен бути простим, щоб для його використання не було необхідності бути експертом у математичних моделях. [8],[9].

# Транспортна модель кількох продуктів

При обговоренні моделі транспортування ми спробуємо встановити спільну мову щодо номенклатури і, звісно, ми будемо виходити з посилання, яке представляє транспортування одного продукту, схема якого представлена на рисунку (1).

На цьому рисунку 1 зображено лише три джерела, які здатні виробляти, відповідно, f1, f2 і f3 одиниць вивченого продукту, та два пункти призначення, які потребують або вимагають d1 і d2 одиниць цього ж продукту.

Хоча кожен автор використовує свою власну номенклатуру, схема, яку представлено, схожа на ту, що можна знайти в широкій літературі з цієї теми [1],[2],[3],[4],[5],[6],[7],[8],[9], яка, як ви можете помітити, охоплює дані протягом кількох десятиліть, без суттєвих змін.

**F1**

Cij.xij

**D1**

**F2**

**D2**

**F3**

**Рисунок (1): спрощена графічна схема транспортної проблеми з трьома джерелами та двома пунктами призначення**

Схема на рисунку 1 підтверджує наявність шести (3\*2) змінних (𝑋11,𝑋12,𝑋21, 𝑋22, 𝑋31,𝑋32) і кожна з них має пов'язані з нею витрати (C11, C12, C21, C22, C31, C32). Ці змінні і ці витрати були представлені у загальному вигляді, через Xij та cij, які можна розглядати як кількість товару, яка відправляється з джерела i до пункту призначення j, та одиничну вартість товару, яка йде з джерела i до пункту призначення j.

З урахуванням вищевикладеного, загальна модель транспортування виводиться для одного продукту, яка спрямована на мінімізацію витрат. Результат для n джерел і m пунктів призначення [10],[11],[12]:

S.To

Min z =∑Cij\*Xij (1)

Xij =fi ………. i=1,…,n (2)

j=1,…,m

Xij = dj ………. i=1,…,n (3)

j=1,…,m

fi = dj ………. i=1,…,n (4)

j=1,…,m

Xij >= 0

Для всіх i та всіх j

Рівняння один (1) виражає мету мінімізувати загальні витрати на транспортування товарів з різних джерел до різних пунктів призначення.

Рівняння (2) і (3) представляють баланс у джерелах і призначеннях відповідно, тобто з джерела приходить те, що виробляється, і до пункту призначення приходить те, що вимагається.

Рівняння (4) представляє те, що проблема збалансована, тобто загальна кількість, яка виробляється у джерелах, дорівнює загальному запасу в пунктах призначення. Вираз (5) просто гарантує, що всі змінні мають реальний фізичний зміст, оскільки всі вони позитивні.

Як видно з моделі, проблема транспортування є проблемою лінійного програмування, і, отже, її можна вирішити за допомогою таблиць Сімплекс-методу. Але, враховуючи, що утворюється розріджена матриця, тобто щільна у нулях, але також щільна в одиницях, розв'язання проблеми транспортування одного продукту за допомогою Сімплекс-методу не є ефективним, і з цієї причини виникло багато проблем. Існують методи, які дозволяють вирішити цю проблему оптимальним чином [13],[14].

З урахуванням раніше представленої моделі, ефективніше представити проблему транспортування одного продукту через таблицю моделі транспорту, як показано в Таблиці (1).

У цій таблиці перший рядок вважається для ідентифікації пунктів призначення та їхніх відповідних вимог, dj, і кожен з наступних рядків буде представляти джерела та їхню потужність виробництва, fi, які показані в першому стовпці. У центральних квадратах матриці кожне поле буде складатися з двох елементів: Xij та cij, тобто кількість товару, яка виходить з джерела i до пункту призначення j, та його одинична вартість [10],[11],[12],[13],[14].

**Таблиця (1): Транспортна проблема для одного продукта**

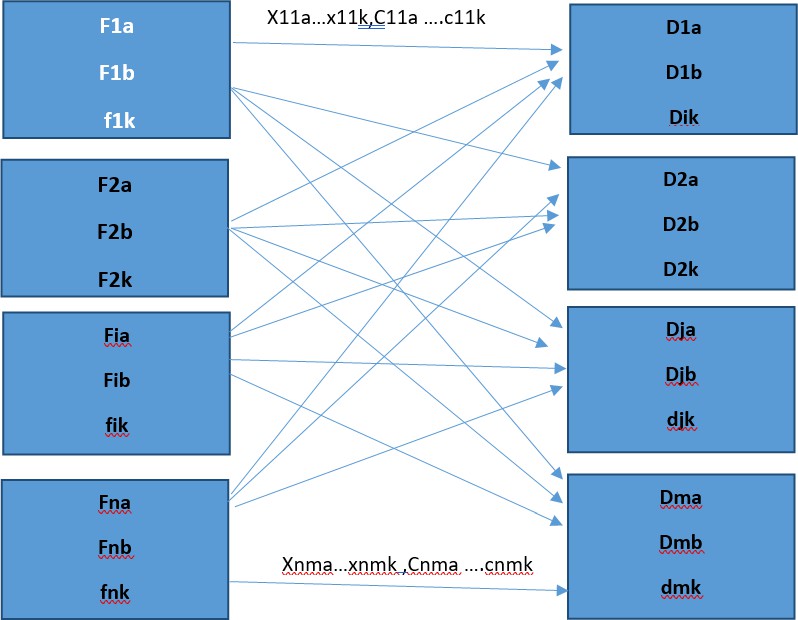
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **d1** | **d2** | **….d** | **m** |
| **f1** | **C11** | **C12** | **…** | **C1m** |
|  | **X11** | **X12** |  | **X1m** |
| **f2** | **C21** | **C22** | **….** | **C2m** |
|  | **X21** | **X22** |  | **X2m** |
| **…** | **…** | **….** | **…** | **….** |
| **f3** | **Cn1** | **Cn2** | **…** | **Cnm** |
|  | **Xn1** | **Xn2** |  | **Xnm** |

Під час вирішення проблеми буде n \* m змінних, з яких лише m + n - 1 будуть базисними змінними. Методи вирішення цієї проблеми - це двофазні методи, але оскільки вони широко обговорюються в

літературі [2],[3],[4],[5],[7],[9],[11],[12], вони не будуть розглянуті в цій роботі, і наступним кроком буде огляд моделі для кількох продуктів.

Роблячи аналогію з схемою на рисунку 1, на рисунку 2 показана проблема з кількома продуктами.

На рисунку (2) показано, що джерела (1, 2, ..., i, ..., n), які можуть незалежно відправляти продукти a, b, ..., k, призначені для прийому різними пунктами призначення (1, 2, ..., j, ..., m) [13][14].



**Рисунок (2): спрощена схема транспортної проблеми кількох продуктів**

Проблема транспортування кількох продуктів зводиться до обчислення загальних мінімальних витрат, за яких всі пункти призначення можуть бути задоволені кожним з вимог продуктів, відповідно до того, що вони отримали б від кожного джерела.

Знову ж таки, роблячи аналогію з проблемою транспортування одного продукту і, як це було показано в попередніх роботах [14],[15],[16],[17], буде досягнуто загальна модель:

S.To

with k = a, …, K

with k = a, …, K, for i = 1,n

with k = a, …, K, for i = 1,n

Для всіх i та всіх j для всіх k

Min z =∑Cijk\*Xijk (6)

Xijk =fik ………. i=1,…,n (7)

j=1,…,m

Xijk = djk ………. i=1,…,n (8)

j=1,…,m

fik = djk ………. i=1,…,n (9)

j=1,…,m

Xijk >= 0 (10)

У цьому випадку, як це показано на рисунку 2, існують K продуктів: a, b, ..., K, і загалом, з n джерел i, K продуктів k будуть відправлені до m пунктів призначення j. Це дозволяє зберегти структуру транспортної моделі для одного продукту, за винятком того, що в рівнянні (6), витрати, змінні мають додатковий індекс k, який представляє різні продукти, таким чином, як одиничні витрати, які тепер будуть cijk, що представляють вартість доставки продукту k з джерела i до пункту призначення j.

Щодо рівнянь (7) та (8), кожне з них тепер представляє більшу групування рівнянь, таким чином, (7) представляє n \* K рівнянь, які будуть множенням K рівнянь, які виробляються кожним з продуктів k, на n рівнянь, коли повторюється та ж сама ситуація в n джерелах i.

А рівняння (8) представляє m \* K рівнянь, знову ж таки множення K рівнянь, які виробляються кожним з продуктів k, але тепер для кожного з m пунктів призначення j.

Так само, рівняння (9) представляє K рівнянь, оскільки воно буде балансом для кожного з продуктів k незалежно. Щодо рівняння (10), за винятком нового індексу k, воно продовжує мати той самий зміст - зберігання різних змінних у позитивному значенні.

Цю модель можна перенести до транспортної таблиці, дуже схожої на ту, що для транспортування одного продукту, представлену в Таблиці І, де простір був умисно збережений і тепер буде використаний для візуалізації різних продуктів, як у джерелах, так і в пунктах призначення, як показано в Таблиці (2).

Тут, в кожному зі стовпців, були розміщені вимоги dja, djb, ..., djk, і так само з джерелами, в кожному рядку була розміщена потужність виробництва відповідного джерела у кожному з продуктів fia, fib..., fik.

У тілі матриці не вказано жодного одиничного витрату і однієї змінної, але для кожної галереї буде набір змінних Xija, Xijb, ..., Xijk, та їхні пов'язані витрати cija, cijb, .. ., cijk [10],[11],[14].

**Таблиця (2): Транспортна проблема для багатьох продуктів**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | **Напрямки** |  |  |  |  |  |
|  |  | **D1** |  | **D2** |  | **……** | **Dm** |  | **supply for products** |
|  |  | **Required quantity** | **costs** | **Required quantity** | **costs** |  | **Required quantity** | **costs** |
| **с** | **F1** | **x11a** | **c11a** | **x12a** | **c12a** | **……** | **x1ma** | **c1ma** | **f1a** |
| **Склади** |  | **x11b** | **c11b** | **x12b** | **c12b** | **……** | **x1mb** | **c1mb** | **f1b** |
|  | **x11k** | **c11k** | **x12k** | **c12k** | **……** | **x1mk** | **c1mk** | **f1k** |
| **F2** | **x12a** | **c12a** | **x22a** | **c22a** | **……** | **x2ma** | **c2ma** | **f2a** |
|  | **x12b** | **c12b** | **x22b** | **c22b** | **……** | **x2mb** | **c2mb** | **f2b** |
|  | **x12k** | **c12k** | **x22k** | **c22k** | **……** | **x2mk** | **c2mk** | **f2k** |
|  | **……** | **……** | **……** | **……** | **……** | **……** | **……** | **……** |
| **F3** | **xn1a** | **cn1a** | **xn2a** | **cn2a** | **……** | **xnma** | **cnma** | **fna** |
|  | **xn1b** | **cn1b** | **xn2b** | **cn2b** | **……** | **xnmb** | **cnmb** | **fnb** |
|  | **xn1k** | **cn1k** | **xn2k** | **cn2k** | **……** | **xnmk** | **cnmk** | **fnk** |
|  | **demand for products** | **d1a** |  | **d2a** |  | **……** | **dma** |  |  |
|  | **d1b** |  | **d2b** |  | **……** | **dmb** |  |  |
|  |  | **d1k** |  | **d2k** |  | **……** | **dmk** |  |  |

Now, although the structures are equivalent, it is evident, given that there is not a function that relates the different costs, nor a function that relates the different variables of a galley, that the problem of transporting multiple products cannot be solved, with the same algorithms used to solve the single-product problem.

However, if the details of the model expressed by the equations (6 to 9) are observed, it will be noted that it is still a linear programming problem, for which it must be possible to solve it, with the use of the Simplex method. Which, as was said for a single product, could be inefficient.

This perceived inefficiency of the Simplex method inspires the search for other methods that could allow a good solution, as is the case of multi-attribute models, which are very simple to handle, and could allow a first approximation to the solution of a problem of certain complexity such as the transport of multiple products [12],[13],[14].

## The multi-attribute model with multiplicative factors:

In previous works [15],[16],[17],[18], multi-attribute models or multi-attribute utility models (MAU) have been defined as those that are designed to obtain the utility of alternatives through valuable attributes, which must be evaluated as components of the criteria.

In this way, to build a multi-attribute model, it is necessary to: identify relevant criteria and restrictions, list the relevant attributes, perform the weighting of the criteria, determine the proportional weighting of the attributes, determine the scale or measurement range for each attribute, identify possible constraints and apply the MAU model to the feasible alternatives [15],[16]

In any case, the final result will be an addition model:

𝑝𝑡𝑠 = 𝑖 𝑃𝑐𝑖 ∗ (𝑝𝑎𝑗𝑐𝑖 ∗ 𝑣𝑎𝑗𝑐𝑖) (11)

Where the subscript i represents the criterion and the subscript j the attribute, therefore pci will be the score assigned to criterion i, pajci will be the score to attribute j of criterion i, vajci will correspond to the value assigned to attribute j of criterion i, and Pts will be the total value reached by the variable under study.

Due to their way of operating, multi-attribute models are very useful when choosing between different alternatives, or when they must be prioritized. However, what is their greatest strength, additive, which makes them very easy to operate, becomes their main weakness.

This weakness that manifests itself when there are different evaluation scales, or values in very distant ranges, can be corrected through the multiplicative factors, which transform the model into [17],[18].:

𝑃𝑡𝑠 = 𝑘𝑓𝑔𝑘 ∗ (𝑖 𝑓𝑖 ∗ 𝑝𝑐𝑖 ∗ (𝑗 𝑝𝑎𝑗𝑐𝑖 ∗ 𝑣𝑎𝑗𝑐𝑖)) (12)

That maintains all the previous variables in addition to the use of the multiplicative factors fgk and fi, where k accounts for the number of correction factors, which operate for the entire model, which will be called general factors, the fgk, and fi would represent the factor of correction that operates for criterion i.

These multiplicative factors, normalized between zero and one, which can be continuous, between 0 and 1, or discrete, that is, 0 or 1, give greater flexibility to the multi-attribute model, which with this correction ceases to be a purely additive model [17],[18].

## Multi-attribute model of the multiple transport problem

Knowing that the multi-attribute model will be handled through criteria, attributes, weights and values, each of these factors must be located in the multiple transport problem [15],[16].

In the case of criteria and attributes, just as multiplicative factors are usually normalized to zero one, that is, the total sum of the weights of the criteria, as well as the sum of the weights of the attributes of a criterion, must add up to one [15], [17].

On the other hand, the values of each variable to be evaluated, although other scales can be used, in this case they will be assigned between zero and five, which is one of the most frequently used scales [17][18].

As for the model itself, among the main criteria that can be taken into consideration are: products, warehouses, costs, demands, customers, and offers. Since customers could be managed through demands and multiplicative factors, only five criteria were left for the model: Product, Source, Warehouse, Destination, and Cost [15][17][18].

For each of these a criterion factor was created, and additionally two general factors were created. In this way, for product the attributes were handled Weight that.

it supports, Volume that it occupies and Profit that it generates, and the factor, importance which is a continuous factor, which represents how important the product is for the company. Being one (1), it will have maximum importance, and the closer it is to zero (0), its importance will be less [15][16].

For Source, the attributes are: Global Capacity, referred to the source, and Capacity to produce the product, also referred to the source, and the criterion factor, Interesting, is related to the lesser or greater interest in producing that respective product in that specific font, and would go from zero (0) if you don't want to use the font, to one (1), when you prefer to use it. Regarding Warehouse, its attributes are similar to those of Source: Global Capacity, referred to the respective warehouse, and Capacity for the product, also in the respective warehouse, in this case the criterion factor, Conditions, is a continuous factor, where zero (0) represents that there are no conditions to handle the product and the closer to one (1), that these conditions are ideal.

Regarding Destination, the managed attributes are: Demand for the product, Global customer demand and Global importance of the customer, in this case the criterion factor, No demand, will be discrete, with a value of zero (0), when there is no demand of the product and one (1) in any other case [18][19].

Finally, the Cost criterion has the following attributes: Of production, of storage and transport from i to j, i being the source and j the destination. In this case, the factor of the criterion, Total, would go from zero (0), when the total cost, or one of the three lines is very onerous, and will approach one (1), as none of these occur two cases.

This table shows the two general factors, Non-product, whose meaning is that the respective product cannot be produced in that source, in which case its value will be zero (0), and will approach one (1), as it can be produced

Without any difficulty. And the other general factor, Requirement, which is a discrete factor, which depends on the client, and is related to the source, and would take the value zero (0), if you do not want the product to come from that source, it would be worth zero five (0.5) if there is another preferential or specific source, it would take the value zero eight (0.8) if it is one of the preferential sources and it would take the value one (1) if it is a specific source [18][19].

**Table (3): Model criteria and attributes**

|  |  |
| --- | --- |
| **Criteria** | **Attributes** |
| **Product** | Weight  weight it supports Volume it occupies profit generated |
| **Font** | overall capacity  Capacity to produce the product |
| **Warehouse** | overall capacity product capacity |
| **Destiny** | Demand for the product  Global customer demand Overall customer importance |
| **Cost** | Of production storage  Transport from i to j |

**Table (4): Criterion factors and general factors.**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Factor** | **Guy** | **Symbol** | **Meaning** | **Range** |
| Importance | Criterion Product | f11 | Importance for the company | Continuous 0 a 1 |
| Not Interesting | source criteria | f21 | Interest in producing the product in that source | Continuous 0 a 1 |
| Conditions | Warehouse criteria | f31 | The conditions for storing that product | Continuous 0 a 1 |
| not sue | Destination Criteria | f41 | Whether or not the  destination demands the product | Discreet 0 to 1 |
| Total | Cost criterion | f51 | If a partial cost or the total cost is excessive | Continuous 0 a 1 |
| not product | Factor general | fg1 | Possibilities of obtaining the product  at the source | Continuous 0 a 1 |
| Requirement | Factor general | (fg2) | Customer preference for the respective source | Discreet  0, 0.5, 0.8 or 1 |

To finish illustrating the model and visualize its operation, in table V, the criteria and attributes are illustrated, with their respective weights and the fictitious evaluation is made, for one of the variables Xiajk, which would represent a product k, which comes out from store a, from source i, and to destination j.

It is evident that for the evaluation of the different variables, experts in the respective organization must be used, who can handle the importance of each of the criteria, factors and attributes of the model. As

well as the relationship of the respective variables with the same, aspect, however, easy to carry out, due to the highly flexible nature of the model.

As for the values assigned to the Xiajk variables, as can be seen in table V, there are direct ones, a higher valuation is obtained as the value of the attribute is higher, and indirect ones, which would be the opposite case.

In the direct ones, there are: Weight supported, Profit generated, Global Capacity –both at the source and in the warehouse–, Capacity to produce the product, Capacity for the product, Demand for the product, Global customer demand and Global importance of the product and client. For The indirect ones: It occupies Weight, Volume and the costs: of production, of storage and of transport from i to j. [15],[18],[19].

**Table (5): A multi-attribute model for the transfer of multiple products**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Criteria** | **Weight** | **attributes** | **Weight** | **Xiajk** |
| **Product** | 0.23 | Weight | 26% | 4 |
|  |  | weight it supports | 28% | 2 |
|  |  | Volume it occupies | 24% | 4 |
|  |  | profit generated | 22% | 4 |
| **Importance** | f11 |  | 90% |  |
| **Font** | 0.19 | overall capacity | 25% | 3 |
|  |  | Capacity to produce the product | 75% | 4 |
| **Interesting** | f21 |  | 1.00 |  |
| **Warehouse** |  | overall capacity | 20% | 4 |
|  | product capacity | 80% | 5 |
| **Conditions** | f31 |  | 1.00 |  |
| **Destiny** | 0.27 | Demand for the product | 35% | 5 |
|  |  | Global customer demand | 10% | 3 |
|  |  | Overall customer importance | 55% | 3 |
| **No demand** | f41. |  | 1.00 |  |
| **Cost.** |  | Of production | 30% | 4 |
|  | storage | 20% | 4 |
|  | Transport from i to j | 50% | 5 |
| **total.** | f51. |  | **1.00** |  |
| **not product.** | fg1. |  | **1.00** |  |
| **Requirement.** | fg2. |  | **1.00** |  |
|  |  |  | ***pts*** | 3.867 |

As can be seen in this table 5, for each variable to be evaluated, a score (Pts) will be obtained, which would be the objective of the multi-attribute model, and which would allow all the variables to be prioritized. After this ordering, the assignment of the products (k), from each warehouse (a), corresponding to the source (i), to the destination (j), and although this assignment is beyond the scope of this work, it can be Summarized as that it will be done by assigning to the variable that is at the head of the list, the maximum possible quantity, which will be given by the minimum, between the remaining demand of the destination and the current availability of the warehouse, at the source.

The solution of the problem will be found when there are no variables to assign, or there are no products in the sources, or when all the destinations have satisfied their demands, which in the case of the problem being balanced, will occur simultaneously.

After the presentation of the model, and having explained its operation, we will now offer the conclusions and recommendations [17],[18],[19].

# Conclusions and Recommendations

The first conclusion is related to the objectives, which were fully achieved, since a model could be presented, which based on the multi-attribute technique, allows solving the problem of transporting multiple products.

Likewise, it can be concluded that the problem of transporting multiple products is very complex, since it encompasses a large number of variables, which are not only related to the quantity or variety of products that an organization handles from its different sources, but also that they could be linked to factors such as storage capacity and conditions, the demands are specific to the different clients, the degree of importance of these clients and even of the products.

Another aspect to highlight is the breadth of fields of application offered by multi-attribute models, where it can be seen that through a simple model, it can help to solve an extremely complex problem, such as the transport of multiple products.

Special mention deserves the use of multiplicative factors within multi-attribute models, which allows to eliminate alternatives, not valid in a direct way while giving greater flexibility to the models.

In the particular case of the developed model, the multiplicative factors of the criteria: Importance, controls the production of a product, as well as Interesting, it does it for the corresponding source, similarly, Conditions does it for the respective store, favoring or not its Warehousing, No demand, allows a product not to be sent to a customer who did not demand it , and Total, would avoid sending a product from a source to a certain destination, if its costs are not attractive. In the same way, the general multiplicative factors: Non-product and

Requirement, would define whether or not a product is produced and whether or not it is sent to a specific customer.

Although a hypothetical evaluation of the model developed in this work was presented, which allows us to see its applicability, a deeper evaluation of it should be recommended, applying it to a real case if possible.

The comments in these last two paragraphs suggest that much remains to be done with multi-attribute models and multiplicative factors, which is why their use is recommended in other fields, where it is necessary to prioritize variables or conditions.

And finally, it would be recommended to continue research on the problem of transporting multiple products, with the aim of improving the model found, first adapting it to situations of daily business events, and on the other hand, completing the assignment of the amount of merchandise from each source to each destination and also analyze that other variables and restrictions can be incorporated and managed simultaneously.

# References

1. F. F. Leimkuhler, *Introduction to Operations Research*, 4th ed., vol. 10, no. 2. 1968.
2. R. O. Ferguson, *Quantitative Approaches To Management.*, 4th ed., vol. 1955, no. 1. 1955.
3. MATHUR Kamlesh & Solow Daniel, *Operations Research, the art of decision making*. 1996.
4. G. P. MOSKOWITZ, Herbert & Wright, *Investigation of Operations*. Prentice-Hall Hispanoamericana, 1982.
5. C. R. Sergeant and K. G. Murty, Linear and Combinatorial Programming, *Oper. Res. Q.*, 28(3) 1977, 608,.
6. D. K. Smith, D. T. Phillips, A. RaVindran, and J. J. Solberg, Operations Research: Principles and Practice, *Oper. Res. Q.*, 28 (2) 1977, 472,. https://doi.org/10.1057/jors.1977.86
7. K. Ord and H. A. Taha, Operations Research: An Introduction., *Oper. Res. Q.*, 23 (2) 1972, 234.
8. M. S. Makower, R. J. Thierauf, and R. A. Grosse, Decision Making Through Operations Research., *Oper. Res. Q.*, vol. 22 (2) 1971, 191. https://doi.org/10.1057/jors.1971.43
9. E. R. Ziegel and W. Winston, Operations Research: Applications and Algorithms, *Technometrics*, 30 (3) 1988, 361.
10. L. BORJAS, Marianela & Chiaruttini, *Alternate algorithm handler for solving network problems. Unpublished special degree work in Systems Engineering*. 2001.
11. A. J. Hoffman, *Linear programming and combinatorics*, pp. 245–253, 1979.
12. F. O. Merkle, *Operations Research*, 5th ed., 24(3) 1979.
13. M. CARTUSCIELLO, Patricia & Diaz, *Tool for managing the transport of multiple products*. Unpublished special degree work in Systems Engineering, 2001.
14. J. N. Hooker and W. J. van Hoeve, Constraint programming and operations research, *Constraints*, 23(2) 2018, 172– 195.
15. J. G. & G. G. M. J. HERNÁNDEZ R., *Approach to the transport of multiple products in ICSE (I International Congress of Systems Engineering*, Trujillo, Peru), pp. 168–174, 2001.
16. A. I. Kamba, S. M. Kardi, and Y. K. G. Dikko, Optimization of total transportation cost, *Glob. J. Pure Appl. Sci.*, 26 (1) 2020, 57–63. https://doi.org/10.4314/gjpas.v26i1.7
17. S. J. T. Jansen, The Multi-attribute Utility Method, *Meas. Anal. Hous. Prefer. Choice*, pp. 101–125, 2011.
18. M. J. HERNÁNDEZ R., José G. & García G., *Applications of a multi-attribute model to the distribution of refrigerated products*. 1998.
19. L. Ma, H. Chen, H. Yan, L. Yang, and L. Wu, Multiple attribute decision making model and application to food safety risk evaluation, *PLoS One*, 12(12) 2017, e0189835. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189835