--Name of Journal---------
Vol(issue), PP.
.atu.ac.ir
DOI:

ATU PRESS

Supplier selection problem using combined approaches of Neutrosophic-based quality function deployment and EDAS

Mehdi Seifbarghy *
0000-0002-0772-4509

Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Alzahra University, Tehran, Iran

Morvarid Yousefi
0009-0007-4202-4659

BSc, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Alzahra University, Tehran, Iran

Received: Original Research
Accepted: Review
ISSN: 2251-8037
eISSN: 2476-5988

Abstract

Evaluation and selection of suppliers is one of the important issues in supply chain management. This problem has become one of the uncertain issues in the supply chain due to the impact of uncertain and inaccurate parameters, and various tools have been proposed for weighting criteria and finding supplier scores for each criterion. On the other hand, Neutrosophic numbers or sets are modern tools for dealing with uncertainty along with ambiguous and inconsistent information, which have recently been introduced. Neutrosophic logic, as the most comprehensive type of non-classical logic for dealing with uncertainty and information deficiency in the decision-making process, has been introduced after fuzzy logic and intuitionistic fuzzy logic, in such a way that the degree of membership and non-membership and the degree of hesitation are determined and assigned independently of each other between zero and one, unlike intuitionistic fuzzy logic. In this research, in order to identify and weights of the evaluation criteria of suppliers, the quality function deployment technique is developed in the Neutrosophic environment. The Neutrosophic EDAS approach is proposed for selecting top suppliers, as well.

* Corresponding Author: Email Address: m.seifbarghy@alzahra.ac.ir
How to Cite: xxxxxxx

A numerical study is presented using the data of pharmaceutical industry. The results show that the geographical location and experience of suppliers are the two most important criteria and the second supplier is selected as the best one.

Introduction

In the current situation where the competition between organizations and supply chains is constantly increasing and the demand of customers in the business environment is diverse and accompanied by uncertainty, timely response to this type of demand requires proper and up-to-date performance in the chain. One of the important factors influencing the performance of supply chains in the market is the performance of their suppliers. For example, timely delivery of final products requires agile suppliers, while responding to the quality needs quality suppliers. The issue of selecting and evaluating suppliers is one of the most important issues that affect the success of the supply chain and many researchers have addressed it in recent years. Organizations will perform better by evaluating and selecting appropriate suppliers in accordance with competitive strategies.

In this research, after identifying the desired criteria from the perspectives of customers, the quality function development (QFD) technique which is used for converting the demands of customers in the market to the functions of the produced product is applied for finding the suppliers' assessment weights. Then, a complementary approach to rank the suppliers is used, which in this research is the evaluation technique based on the distance from the mean distance (EDAS). It should be mentioned that all mentioned techniques will be implemented in Neutrosophic space since evaluation and selection of suppliers which is generally modeled as a multi-criteria decision problem, deals with uncertainty.

Based on the review of the research literature, the researches that have used the QFD tool to weigh the evaluation criteria are limited. In addition, the researches that are conducted in the atmosphere of uncertainty, especially in the Neutrosophic conditions, where the subjects of membership, non-membership and hesitation are tabled, are more limited. Also, the EDAS ranking technique has not been investigated in Neutrosophic condition earlier. It is obvious that the combination of the two mentioned tools, namely QFD and EDAS, for weighting and ranking in Neutrosophic conditions has not been investigated so far and it is discussed for the first time in this research.

Research background

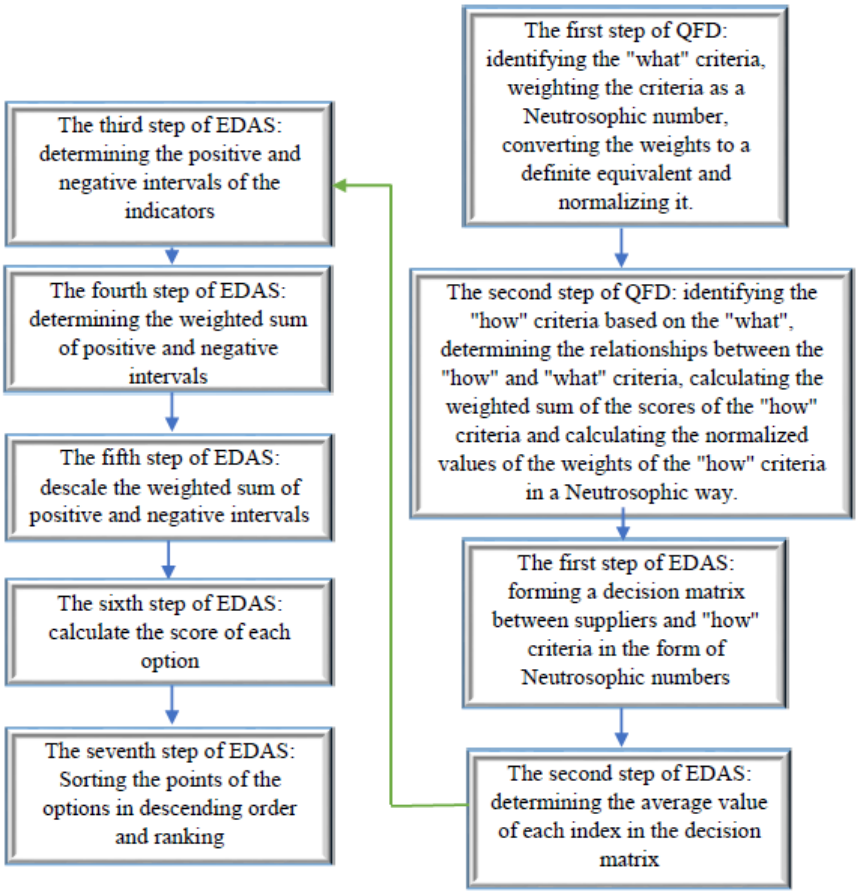
In this section, we give a brief literature review of the most pertinent researches in the field. Abdelbaset et al. (2019) presented a TOPSIS method in a neurosophic context for the selection of smart medical equipment. Nabeeh et al. (2019) presented the Neutrosophic AHP method for weighting and the TOPSIS method in Neutrosophic conditions for evaluating and selecting people in the organization. Yazdani et al. (2021) used interval neutrosophic fuzzy numbers for the supplier evaluation and selection problem, considering supplier stability as a key indicator. Alzahrani et al. (2023) worked on the women's university location problem using the Neutrosophic AHP method for weighting indicators and the TOPSIS and COPRAS methods for evaluating options. Adalı et al. (2023) used the correlation method between the criteria to weight the evaluation indicators and the ARAS technique in Neutrosophic conditions to evaluate different technology forecasting methods. Wang et al. (2023) used Neutrosophic numbers of the second type for the mentioned problem considering the green indices. They also used the entropy method to weight the indicators. One of the innovations of this research is the introduction of a new distance criterion to compare the mentioned numbers. Görçün et al. (2023) used bi-polar Neutrosophic methodology to evaluate logistics service providers of agricultural products and vegetables. Delphi method was used to identify and weight indicators and TOPSIS method was used for evaluation.

Theoritical foundations

In this section, the foundations of the Neutrosophic numbers and their difference with fuzzy numbers are given. The major difference between Neutrosophic and fuzzy number is in the additional component of the Neutrosophic number which is hesitation degree. In fact, a fuzzy number has membership and non-membership degrees whose sum is equal to one. In the Neutrosophic number, a thord dimension is added. Furthermore, we review the foundations of QFD technique and its stages from what to how. Furthermore, EDAS methods as one of the recent methods of multiple criteria decision-makind is descri

Proposed method

In this section, the proposed integrated methods of QFD and EDAS and its calculations in the Neutrosophic condition are given



Case study

The presented case study is related to a given pharmaceutical company. The company manufactures several drugs and tries to enforce various laws related to drug manufacturing, drug testing, and drug marketing through promotion of its suppliers. For the production process, the company needs the right production components (such as chemical raw materials) and the correct formulas. The company can get these materials from different suppliers. Due to the ambiguity in some information, the combined QFD-EDAS method is used in the Neutrosophic environment.

Identification of qualitative indicators "what" and determination of relative weights. At this stage, questionnaires are used to identify the needs of customers. Based on the results of this questionnaire, the pharmaceutical company's requirements for the process of purchasing chemical raw materials from foreign suppliers are according to the following 5 criteria:

Quality: The quality of the final product means medicine, which is directly affected by the quality of the ingredients.

Cost: This criterion focuses more on price stability.

Location: The location of the organization that is available to the customer is usually more favorable.

Price: The final price of the final product offered to the customer is usually the lower the better.

Delivery: refers to the time it takes for the product to be delivered to the customer, usually the shorter the better.

Conclusions

In this research, a combined QFD-EDAS approach was presented for the problem of evaluation and selection of suppliers in ambiguous conditions and using numbers or Neutrosophic logic. With the help of the QFD method, the factors desired by the customers in the market were identified (what) and turned into the specifications required by the suppliers (how). The steps of the mentioned method were designed and proposed considering Neutrosophic logic. This logic provides good flexibility to the decision maker in assigning quantitative values to qualitative ones. Also, the new EDAS method was developed to rank options in Neutrosophic conditions, and finally, a numerical study was conducted in the pharmaceutical industry based on experts' opinions. This research can be considered as one of the few researches related to the implementation of Neutrosophic logic in evaluation systems, especially in the supply chain.

Keywords: Supply chain management, Supplier evaluation and selection, Quality function deployment, EDAS, Neutrosophic numbers

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۰۰/۰۰/۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۰/۰۰

eISSN: 2476-5988 ISSN:2251-8037

--نام مجله---------

دوره ؟، شماره ؟، نام فصل، سال، ص ص

.atu.ac.ir

DOI:

مسئله انتخاب تامین کنندگان با استفاده از رویکرد ترکیبی گسترش عملکرد کیفی و ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راه حل ها در محیط نوتروسوفیک

مهدی سیف برقی * استاد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

0000-0002-0772-4509

مروارید یوسفی کارشناسی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه الزهرا، تهران، ایران

0009-0007-4202-4659

چکیده

ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان یکی از موضوعات مهم در مدیریت زنجیره تامین است. این مسئله به دلیل تاثیرگذاری پارامترهای نادقیق تبدیل به یکی از مسائل نامتقن در زنجیره تامین شده است و تاکنون ابزارهای مختلفی در بعد وزن دهی به معیارها و تعیین امتیازات تامین کنندگان از هر معیار پیشنهاد شده است. از طرفی اعداد نوتروسوفیک از ابزارهای نوین برای مواجهه با عدم قطعیت توام با اطلاعات مبهم است که در سالهای اخیر معرفی شده است. منطق نوتروسوفیک به عنوان جامع ترین نوع منطق غیرکلاسیک برای مواجه با عدم قطعیت و نقصان اطلاعات در فرآیند تصمیم گیری بعد از منطق فازی و فازی شهودی معرفی شده است به نحوی که در این منطق درجه عضویت و عدم عضویت و درجه تردید بر خلاف منطق فازی شهودی، به طور مستقل از هم بین صفر تا یک تعیین می شود. در این تحقیق به منظور شناسایی و وزن دهی به معیارهای ارزیابی ، تکنیک گسترش عملکرد کیفی در فضای نوتروسوفیک توسعه داده شده است. همچنین از رویکرد ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راحل ها در شرایط نوتروسوفیک به منظور انتخاب تامین کنندگان برتر به عنوان یک رویکرد جدید استفاده می شود. به منظور درک بهتر فرایند ترکیبی ارائه شده، یک مطالعه عددی در صنعت دارو ارائه شده است. نتایج نشان می دهد که دو معیار موقعیت جغرافیایی تامین کننده و سالهای تجربه در صنعت به عنوان برترین معیارهای ارزیابی بوده و تامین کننده دوم بهترین تامین کننده می باشد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت زنجیره تامین، ارزیابی و انتخاب تامین کننده، گسترش عملکرد کیفی، ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راحل ها، اعداد نوتروسوفیک

* نویسنده مسئول: m.seifbarghy@alzahra.ac.ir (ترجیحا سازمانی)

۱- مقدمه

در شرایط کنونی که رقابت بین سازمانها و زنجیره های تامین به طور مدام در حال افزایش است و تقاضای مشتریان در محیط کسب و کار متنوع و توام با عدم قطعیت است، پاسخگویی به موقع به این نوع تقاضا، مستلزم عملکرد مناسب و به روز در زنجیره تامین می باشد. یک از عوامل مهم تاثیرگذار بر عملکرد زنجیره های تامین در بازار، عملکرد تامین کنندگان آنها می باشد. به عنوان مثال تحویل به موقع محصولات نهایی نیازمند تامین کنندگان چابک بوده در حالیکه پاسخگویی به کیفیت تقاضا نیازمند تامین کنندگان کیفی می باشد. در هر حال سازمان‌ها ملزم به پاسخگویی دقیق و سریع به مشتریان خود هستند تا از این طریق بتوانند با جلب رضایت آنها، موقعیت خود را در بازار رقابتی حفظ و بهبود بخشند. مسئله انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان یکی از مهمترین مسائلی است که در موفقیت زنجیره تأمین اثر می‌گذارد و در سالهای اخیر پژوهشگران بسیاری به آن پرداخته‌اند. با ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان مناسب و متناسب با استراتژیهای رقابتی، سازمان‌ها عملکرد بهتری خواهند داشت. استراتژی های رقابتی سازمان می تواند شامل تحویل به موقع، ارائه کالای با کیفیت و یا ارائه کالای با قیمت مناسب باشد که در هر مورد تامین کنندگان می توانند نقش پر رنگی داشته باشند.

در این تحقیق از تکنیک گسترش عملکرد کیفی (QFD[1]) که یکی از تکنیکهای مهم بازاریابی و تبدیل خواسته های مشتریان در بازار به کارکردها یا عملکردهای محصول تولید شده است، استفاده می شود. فلسفه به کارگیری این تکنیک برای شناسایی و تعیین وزن معیارهای ارزیابی تامین کنندگان به این صورت است: تامین کننده انتخاب شده باید نیازهای شرکت را برآورده کند، بنابراین نیازمندی‌های کیفی سازمان خریدار در قالب عبارت "چه چیز" بیان می شود. از طرفی برای برآورده کردن نیازمندیهای ذکر شده لازم است یک سری ویژگی‌های کیفی در تامین کنندگان وجود داشته باشد که در قالب عبارت "چطور" بیان می شود. به عبارت دیگر خروجی عبارت "چطور" همان معیارهای مورد نظر ارزیابی خواهد بود. در ادامه با استفاده از رویکرد QFD سنتی وزن معیارها مشخص خواهد شد. پس از شناسایی و تعیین وزن معیارهای مورد نظر لازم است از یک رویکرد مکمل برای رتبه بندی تامین کنندگان استفاده شود که در این تحقیق از تکنیک ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راحل ها

1 Quality Function Deployment

(EDAS[1]) استفاده می شود. لازم به ذکر است کلیه تکنیکهای مورد اشاره در فضای نوتروسوفیک پیاده سازی خواهد شد که در ادامه به تفاوت های آن با منطق فازی سنتی اشاره می گردد. این تکنیک یکی از تکنیکهای رایج در زمینه مسائل تصمیم گیری چند معیاره است که گزینه ای را انتخاب می کند که از نظر فاصله نسبی تا بدترین و بهترین گزینه در وضعیت مناسب تری باشد. با توجه به اینکه مفهوم اعداد نوتروسوفیک در سالهای اخیر مطرح شده است، از منظر ابزار سعی گردید که نسخه نوتروسوفیک این تکنیک توسعه داده شود و در خصوص یکی مطالعه موردی بکار گرفته شود.

یکی از فرضیات محوری در مسئله ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان که عموما به عنوان یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره مدلسازی می گردد، موضوع عدم قطعیت در پارامترهای تاثیرگذار می باشد. در زمینه مدلسازی و مواجهه با عدم قطعیت در مسئله انتخاب تامین کننده تحقیقات زیادی صورت گرفته است. در بخشی از این تحقیقات از رویکردهای احتمالی یا تصادفی استفاده شده است که عموما زمانی کاربرد دارد که اطلاعات تاریخی در خصوص پارامترهای درگیر در مسئله وجود داشته باشد. امروزه به دلیل تغییرات سریع در محیط کسب و کار عملا اطلاعات تاریخی چندانی در برخی موارد یا وجود نداشته و یا چندان قابل اتکا نمی باشد. در شرایطی که عدم قطعیت از نوع ابهام و اطلاعات نادقیق و ناسازگار است به طور سنتی از منطق فازی و در سالهای اخیر فازی شهودی استفاده می شود. به عنوان مثال Tavana et al. (۲۰۲۱) یک مدل یکپارچه فازی برای انتخاب تامین کننده در زنجیره تامین دیجیتال پیشنهاد کردند.

همانطور که قبلا بدان اشاره شد، انتخاب تامین کننده می‌تواند به عنوان یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته شود و شامل معیارهای کیفی و کمی باشد. دو بخش اصلی از فرآیند انتخاب تامین کننده شامل شناسایی و تعیین معیارهای ارزیابی و سپس تعیین وزن یا الویت آنها می باشد.

بر اساس مرور ادبیات تحقیق، تحقیقاتی که از ابزار QFD برای وزن دهی به معیارهای ارزیابی استفاده کرده باشند محدود بوده و علاوه بر آن تحقیقاتی که در فضای عدم قطعیت به خصوص در شرایط نوتروسوفیک که موضوع عضویت، عدم عضویت و درجه ای از شک و تردید را برای تصمیم گیرنده قائل است، بسیار محدود تر می باشد و در صورت وجود نیز صرفا به این موضوع پرداخته است. همچنین بر اساس جستجوهای محققین، تکنیک رتبه بندی

[1] Evaluation based on Distance from Average Solutions

EDAS در شرایط نوتروسوفیک قبلا بررسی نشده است. بدیهی است که ترکیب دو ابزار یاد شده یعنی QFD و EDAS برای وزن دهی و رتبه بندی در شرایط نوتروسوفیک تا کنون مورد بررسی قرار نگرفته و برای اولین بار در این تحقیق بدان پرداخته می شود. بنابراین نوآوریهای خاص این تحقیق را می توان به صورت زیر بر شمرد:

- توسعه روش QFD در شرایط نوتروسوفیک برای وزن دهی معیارهای ارزیابی تامین کنندگان (معیارهای چطور) بر اساس معیارهای چه چیز
- توسعه روش EDAS در شرایط نوتروسوفیک برای رتبه بندی تامین کنندگان
- بکارگیری روش توسعه داده شده در یک مطالعه موردی و اعتبارسنجی نتایج

ساختار این پژوهش به شرح زیر است: در بخش ۲، به بررسی ادبیات مرتبط با موضوع تحقیق پرداخته می شود. در بخش ۳، مبانی نظری تحقیق ارائه می شود. در بخش ۴، نحوه به کارگیری تکنیکهای ترکیبی تحقیق در محیط نوتروسوفیک ارائه می شود. در بخش ۵، یک مطالعه موردی واقعی برای اعتبارسنجی قابلیت اجرای رویکرد مورد نظر ارائه و در بخش ۶، نتیجه گیری و تحقیقات آتی ارائه می گردد.

۲- پیشینه پژوهش

در بخش قبل به توضیح مجموعه‌های فازی، فازی شهودی و نوتروسوفیک و همچنین مسئله انتخاب تامین کننده پرداختیم. عمده تحقیقات انتخاب تأمین کننده در محیط چند معیاره صورت می‌گیرد. چارچوب تصمیم‌گیری خرید و بحث درباره پیچیدگی و اهمیت در تصمیم‌گیری‌های خرید توسط De Boer et al. (۲۰۰۱) ارائه شد. Lee et al. (۲۰۰۱) یک سیستم انتخاب و مدیریت تأمین کننده ارائه دادند تا اثربخشی مدیریت انتخاب تأمین کننده را تضمین کنند. یک مدل سلسله مراتبی بر اساس تئوری مجموعه های فازی توسط Chen et al. (۲۰۰۸) برای انتخاب بهترین تامین کننده ارائه شده است. در این مدل معیارهای کمی و کیفی در نظر گرفته شده است. Jadidi et al. (۲۰۰۸) با استفاده از مدل تک هدفه و روش تاپسیس در محیط فازی توانستند اثربخشی مدل پیشنهادی خود را برای انتخاب تأمین کننده نشان دهند. Ha & Krishnan (۲۰۰۸) با ترکیب دو روش تحلیل پوششی داده ها و تحلیل سلسله مراتبی روش نوینی را برای انتخاب بهترین تامین کننده معرفی کردند. آنها از تحلیل سلسله مراتبی برای وزن دهی معیارها و از تحلیل پوششی داده ها برای انتخاب نهایی تامین کننده استفاده کردند. Lee et al. (۲۰۰۸) یک روش تصمیم‌گیری را به صورت ترکیب

QFD و روش فرایند تحلیلی شبکه ای (ANP[1]) پیشنهاد دادند. Önüt et al. (۲۰۰۹) یک رویکرد ارزیابی تامین کننده را بر اساس ANP و TOPSIS، تحت محیط فازی برای کمک به یک شرکت مخابراتی توسعه دادند. آنها از ANP فازی برای محاسبه وزن معیارها و از روش دوم فازی برای انتخاب تامین کننده استفاده کردند. Ho et al. (۲۰۱۰) بیان کردند که تحلیل پوششی داده ها (DEA[2]) یکی از تکنیکهای پرکاربرد و رایج برای مسئله انتخاب تأمین کننده در صنایع مختلف است و برنامه ریزی آرمانی (GP[3]) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[4]) گسترده‌ترین تکنیکهای یکپارچه برای مدلسازی و حل مسئله انتخاب تأمین کننده بوده اند. آنها همچنین عنوان کردند کیفیت و تحویل، معیارهای رایج برای انتخاب تأمین کننده هستند. Aliakbari & Seifbarghy (۲۰۱۱) این مسئله را با در نظر گرفتن مسئولیت اجتماعی مورد بررسی قرار دادند. Kumaraswamy et al. (۲۰۱۱) یک چارچوب ترکیبی از QFD با تکنیک TOPSIS برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد دادند. Bevilacqua et al. (۲۰۱۱) از اعداد فازی در QFD برای مسئله انتخاب تامین کننده استفاده کردند. در یک مطالعه موردی شرکت سازنده ماشین لباسشویی در ترکیه، Kilincci & Onal (۲۰۱۱) از AHP فازی استفاده کردند. Zouggari & Benyoucef (۲۰۱۲) یک مدل برای مسئله انتخاب تأمین کننده بر اساس TOPSIS فازی پیشنهاد دادند. Rajesh & Malliga (۲۰۱۳) یک روش ترکیبی QFD و AHP برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد دادند. Alinejhad et al. (۲۰۱۳) AHP فازی را با QFD برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان یک شرکت دارویی ترکیب کردند. Karsak & Dursun (۲۰۱۴) یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره گروهی فازی را با ترکیب QFD با DEA برای مسأله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد دادند. همچنین، Dursun & Şener (۲۰۱۴) یک روش تصمیم گیری گروهی چند معیاره فازی را با ترکیب QFD و تصمیم گیری آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL[5]) برای مسئله انتخاب تامین کننده پیشنهاد کردند.

1. Analytic Network Process
2. Data Envelopment Analysis

3 Goal Programming
4 Analytical Hierarchy Process
5 Decision making trial and evaluation laboratory

یکپارچه‌سازی QFD و AHP فازی توسط Jovanović & Delibašić (۲۰۱۴) برای انتخاب تأمین کنندگان قطعات الکترونیکی مورد پیشنهاد قرار گرفت.

Abdel-Basset et al. (۲۰۱۹) یک روش TOPSIS در شرایط نوتروسوفیک را برای انتخاب تجهیزات پزشکی هوشمند ارائه کردند. Nabeeh et al. (۲۰۱۹) از روش AHP نوتروسوفیک برای وزن دهی و از روش TOPSIS در شرایط نوتروسوفیک برای ارزیابی و انتخاب افراد در سازمان ارائه کردند. Chen(۲۰۱۹) یک تابع آنتروپی در زمینه فازی شهودی همراه با تحلیل رابطه خاکستری (GRA[1]) و TOPSIS برای انتخاب تامین کننده مواد پیشنهاد کرد. Oroojeni Mohammad Javada et al. (۲۰۲۰) از TOPSIS فازی و روش بهترین- بدترین (BWM[2]) در یک مطالعه موردی برای انتخاب تامین کنندگان شرکت فولاد خوزستان استفاده کردند. Menon & Ravi (۲۰۲۲) از ترکیب فازی و AHP برای انتخاب تامین کننده در صنعت الکترونیک استفاده کردند. استفاده از مدل های فازی و فازی شهودی در انتخاب تامین کننده در بسیاری ازکارهای تحقیقاتی پیشین مشاهده می‌شود. با این حال، استفاده از اعداد نوتروسوفیک به عنوان نسخه پیشرفته مدلسازی عدم قطعیت و ابهام در مسائل مختلف مدیریت زنجیره تامین به خصوص ارزیابی تامین کنندگان تاکنون بسیار محدود بوده است. Alzahrani et al. (۲۰۲۳) بر روی مسئله مکان یابی دانشگاه مخصوص بانوان با استفاده از روش AHP نوتروسوفیک برای وزن دهی شاخصها و روشهای TOPSIS و COPRAS[3] برای ارزیابی گزینه ها کار کردند. Adalı et al. (۲۰۲۳) از روش همبستگی بین معیارها برای وزن دهی به شاخصهای ارزیابی و تکنیک ARAS[4] در شرایط نوتروسوفیک برای ارزیابی روشهای مختلف پیش بینی تکنولوژی استفاده نمودند.

به طور خاص در رابطه با مسئله ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان در شرایط نوتروسوفیک می توان به سه تحقیق اشاره نمود: Yazdani et al.(۲۰۲۱) از اعداد فازی نوتروسوفیک بازه ای برای مسئله ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان با در نظر گرفتن پایداری تامین کنندگان به عنوان یک شاخص کلیدی استفاده کردند. ایشان از روش همبستگی بین معیارها برای وزن دهی معیارها و روش CoCoSo[5] برای ارزیابی استفاده کردند. این تحقیق در صنعت لبنیات

[1] Grey Relational Analysis
[2] Best Worst Method
[3] Complex Proposition Assessment
[4] Additive ratio assessment
[5] Combined compromise solution

پیاده سازی گردید. همچنین Wang et al. (۲۰۲۳) از اعداد نوتروسوفیک نوع دوم برای مسئله یاد شده با در نظر گرفتن شاخصهای سبز استفاده کردند. همچنین از روش آنتروپی برای وزن دهی به شاخصها استفاده کردند. یکی از نوآوریهای این تحقیق معرفی یک معیار فاصله جدید برای مقایسه اعداد یاد شده می باشد. Görçün et al. (۲۰۲۳) از روش شناسی نوتروسوفیک دوقطبی برای ارزیابی فراهم آورندگان خدمات لجستیک محصولات کشاورزی و سبزیجات استفاده نمودند. از روش دلفی برای شناسایی و وزن دهی به شاخصها و از روش TOPSIS برای ارزیابی استفاده نمودند.

جدول ۱ نشان دهنده خلاصه ای از خلاصه تحقیقات روشهای تصمیم گیری چند معیاره در شرایط نوتروسوفیک ارائه می کند. بر اساس این جدول می توان نتیجه گرفت، **مطالعه ای در مورد ترکیب QFD و EDAS در محیط نوتروسوفیک به صورت یکپارچه مشاهده نگردید. ضمنا به طور خاص بکارگیری روش ترکیبی مورد اشاره برای مسائل زنجیره تامین نیز مشاهده نگردید. در این پژوهش با استفاده از ترکیب QFD-EDAS در محیط نوتروسوفیک به رتبه بندی و ارزیابی تامین کنندگان پرداخته می شود.**

جدول ۱: خلاصه تحقیقات روشهای تصمیم گیری چند معیاره در شرایط نوتروسوفیک

عنوان تحقیق	روش وزن دهی	روش رتبه بندی	حوزه کاربرد
Abdel-Basset et al. (2019)	تصمیم گیری گروهی با وزن دهی ساده نوتروسوفیک	TOPSIS نوتروسوفیک	انتخاب تجهیزات پزشکی هوشمند
Nabeeh et al. (2019)	AHP نوتروسوفیک	TOPSIS نوتروسوفیک	ارزیابی افراد در سازمان
Yazdani et al. (2021)	تکنیک همبستگی بین معیارها	CoCoSo نوتروسوفیک	ارزیابی تامین کنندگان در صنعت لبنیات
Alzahrani et al. (2023)	AHP نوتروسوفیک	TOPSIS COPRAS نوتروسوفیک	مکان یابی دانشگاه مخصوص بانوان
Adalı et al. (2023)	تکنیک همبستگی بین معیارها	ARAS نوتروسوفیک	ارزیابی روشهای پیش بینی تکنولوژی
Wang et al. (2023)	آنتروپی	TODIM نوتروسوفیک	ارزیابی تامین کنندگان سبز

Görçün et al. (2023)	دلفی توسعه یافته با نوتروسوفیک فازی دو قطبی	VIKOR نوتروسوفیک	ارزیابی فراهم آورندگان خدمات لجستیک در کشاورزی
این تحقیق	QFD نوتروسوفیک	EDAS نوتروسوفیک	ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان در صنعت دارو

۳- مبانی نظری

در این بخش، به معرفی مبانی نظری مجموعه‌ها یا اعداد نوتروسوفیک، گسترش عملکرد کیفی و EDAS می پردازیم.

۳-۱- مبانی مجموعه‌های نوتروسوفیک

Zadeh (۱۹۶۵) نظریه مجموعه های فازی را به عنوان تعمیمی از مجموعه های معمولی معرفی نمود مطرح نمود. فرض کنید X مجموعه مرجع باشد. مجموعه فازی $\tilde{A}$ تعریف شده روی X عبارت است از اعضای x با درجه عضویت $\mu_A(\mathrm{X})$. درجه عضویت $\mu_A(\mathrm{X})$بین صفر و یک می باشد و نشان دهنده میزان عضویت عناصر x در مجموعه $\tilde{A}$ مطابق رابطه (۱) می باشد.

$$\tilde{A} = \{(x, \mu_A(\mathrm{X})): \mu_A(\mathrm{X}): X \longrightarrow [0,1]\} \qquad (1)$$

هر چند نظریه مجموعه های فازی از عهده عدم اطمینان های ناشی از ابهام یا تعلقات جزئی به یک مجموعه بطور موفق عمل کرده است، ولی نمی تواند همه حالات عدم اطمینان که غالباً در مسائل زندگی واقعی ومختلف وجود دارد مخصوصاً مسائلی که با اطلاعات ناکافی سروکار دارند را مدل سازی کند. در واقع منطق فازی صرفا به منظور مواجهه با شرایطی که شواهد موافق و مخالف درخصوص یک گزاره وجود دارد کاربرد دارد. به عبارت دیگر بعضا شرایطی وجود دارد که علاوه بر شواهد موافق یا مخالف با درستی یک پدیده، شواهدی مبنی بر بعد سومی به نام شک و تردید بین درستی یا نادرستی نیز وجود دارد. لذا برای رفع این نقیصه در منطق فازی، از منطق فازی شهودی استفاده می شودکه در آن درجه عضویت $\mu(x)$ و درجه عدم عضویت $\upsilon(x)$ الزاماً متمم یکدیگر نیستند و تصمیم گیرنده با حالت سومی با

عنوان نامعینی یا تردید مواجه است بگونه ای که مطابق رابطه (۲) درجه نامعینی $\pi(x)$ براساس درجه عضویت و درجه عدم عضویت تعیین می گردد (Atanassov, 1986).

$$\pi(x) = 1 - \mu(x) - \upsilon(x) \qquad (۲)$$

در واقع مجموعه فازی شهودی، تعمیم یافته مجموعه های فازی معمولی است و به صورت رابطه (۳) بیان می گردد. (اسلامی،۱۳۹۷).

$$A = \{< X, \mu_A(x), \nu_A(x) > |x\epsilon X\} \qquad (۳)$$

$$\mu_A(x) \longrightarrow [0,1]\ ,\ \nu_A(x) \longrightarrow [0,1]$$

اعداد یا مجموعه های نوتروسوفیک یک مدل کامل‌تر از مجموعه‌های فازی شهودی می‌باشند.

Smarandache (۲۰۰۵) مفهوم مجموعه های نوتروسوفیک را از دیگاه فلسفی مطرح کرد. او معتقد است که این نوع مجموعه ها نه تنها درجه عضویت و درجه عدم عضویت را دارند بلکه عدم سازگاری را نیز مورد توجه قرار می‌دهند. به عبارت دیگر به مفاهیم «درستی» و «نادرستی» به صورت نسبی و مطلق می نگرد بگونه ای که درستی یا نادرستی نسبی ممکن است از یک فرد به فرد دیگر متفاوت باشد درحالیکه درستی یا نادرستی مطلق مستقل از افراد است. منطق نوتروسوفیک سه جنبه از وضعیت تصمیم گیری را در قالب توابع درستی عضویت(T(x)، نامعینی عضویت(I(x) و نهایتا نادرستی عضویت(F(x) در نظر گرفته و علاوه بر افزایش انعطاف پذیری، بر دقت قضاوت و ارزیابی می افزاید. در منطق نوتروسوفیک تابع نامعینی عضویت برخلاف منطق فازی شهودی مستقل از توابع درستی و نادرستی عضویت می با شد، به عبارت دیگر معادل باقیمانده درجه عضویت پس از کسر درجه عضویت درستی و نادرستی از یک واحد کامل نمی باشد. بنابراین، مجموعه های نوتروسوفیک به طور موثر و انعطاف پذیرتر از مجموعه های فازی و فازی شهودی، عدم قطعیت به شکل ابهام را مدلسازی می کند.

با توجه به توضیحات فوق، مجموعه نوتروسوفیک در واقع تعمیم یافته مجموعه فازی شهودی است. مجموعه A یک مجموعه نوتروسوفیک است به نحوی که به هر عضو x از مجموعه جهانی X مقداری بین صفر و یک به صورت مستقل نسبت دهد. مقدار عددی $T_A(x), I_A(x), F_A(x)$ نشان دهنده درجه عضویت x در مجموعه نوتروسوفیک A است که به صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود :

$$A = \{< x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) > |x\epsilon X\}, T_A: X \rightarrow \quad (۴)$$
$$[0,1], I_A: X \rightarrow [0,1], F_A: X \rightarrow [\ 0,1], 0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$$

در ابتدا، تعاریف زیر ارائه می گردد (Deli & Subas, 2014):

تعریف ۱: در حالت کلی مقدار تابع عضویت، عدم عضویت و نامعینی زیر مجموعه $[-0, 1+]$ هستند (یعنی مقدار آنها از ۱ بیشتر و از ۰ کمتر) و جمع آن‌ها مطابق رابطه (۵) است:

$$-0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3 + \quad (۵)$$

تعریف ۲: عدد نوتروسوفیک تک مقدار مثلثی[1] $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); t_{\tilde{a}}, i_{\tilde{a}}, f_{\tilde{a}} \rangle$ که در آن $a_1, a_2, a_3 \epsilon R$ و $a_1 \leq a_2 \leq a_3$ می باشند و مقادیر $t_{\tilde{a}}$, $i_{\tilde{a}}$,$f_{\tilde{a}}$ بین صفر و یک هستند را در نظر بگیرید. مقادیر توابع عضویت، نامعینی و عدم عضویت به ترتیب طبق روابط (۶)، (۷) و (۸) تعریف می گردد.

$$T_{\tilde{a}} = \begin{cases} t_{\tilde{a}} \left(\frac{x-a_1}{a_2-a_1}\right) & (a_1 \leq x \leq a_2) \\ t_{\tilde{a}} & (x = a_2) \\ t_{\tilde{a}} \left(\frac{a_3-x}{a_3-a_2}\right) & (a_2 \leq x \leq a_3) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (۶)$$

$$I_{\tilde{a}} = \begin{cases} \frac{(a_2-x+i_{\tilde{a}}(x-a_1))}{(a_2-a_1)} & (a_1 \leq x \leq a_2) \\ i_{\tilde{a}} & (x = a_2) \\ \frac{(x-a_2+i_{\tilde{a}}(a_3-x))}{(a_3-a_2)} & (a_2 \leq x \leq a_3) \\ 1 & otherwise \end{cases} \quad (۷)$$

$$f_{\tilde{a}} = \begin{cases} \frac{(a_2-x+f_{\tilde{a}}(x-a_1))}{(a_2-a_1)} & (a_1 \leq x \leq a_2) \\ f_{\tilde{a}} & (x = a_2) \\ \frac{(x-a_2+f_{\tilde{a}}(a_3-x))}{(a_3-a_2)} & (a_2 < x \leq a_3) \\ 1 & otherwise \end{cases} \quad (۸)$$

1. Single valued triangular neutrosophic number

تعریف ۳: فرض کنید $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3); t_{\tilde{a}}, i_{\tilde{a}}, f_{\tilde{a}} \rangle$ و $\tilde{b} =$ $\langle (b_1, b_2, b_3); t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{b}} \rangle$ دو عدد نوتروسوفیک مثلثی باشند و $\gamma \neq 0$ باشد. در این صورت عملیات ریاضی معمول روی آنها مطابق روابط (۹) تا (۱۴) تعریف می‌شود:

$$\tilde{a} + \tilde{b} = \langle (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3); t_{\tilde{a}} \wedge t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{a}} \vee i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{a}} \vee f_{\tilde{b}} \rangle \quad (۹\text{-}۱)$$

$$\tilde{a} - \tilde{b} = \langle (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1); t_{\tilde{a}} \wedge t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{a}} \vee i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{a}} \vee f_{\tilde{b}} \rangle \quad (۹\text{-}۲)$$

در رابطه فوق نماد ∨ به مفهوم حداکثر و نماد ∧ به مفهوم حداقل دو مقدار می باشد.

$$\tilde{a}^{-1} = \langle (\frac{1}{a_3}, \frac{1}{a_2}, \frac{1}{a_1}); t_{\tilde{a}}, i_{\tilde{a}}, f_{\tilde{a}} \rangle, where\ (\tilde{a} \neq 0) \quad (۱۰)$$

$$\gamma\tilde{a} = \begin{cases} \langle (\gamma a_1, \gamma a_2, \gamma a_3); t_{\tilde{a}}, i_{\tilde{a}}, f_{\tilde{a}} \rangle\ if\ (\gamma > 0) \\ \langle (\gamma a_3, \gamma a_2, \gamma a_1); t_{\tilde{a}}, i_{\tilde{a}}, f_{\tilde{a}} \rangle\ if\ (\gamma < 0) \end{cases} \quad (۱۱)$$

$$\frac{\tilde{a}}{\gamma} = \begin{cases} \langle (\frac{a_1}{\gamma}, \frac{a_2}{\gamma}, \frac{a_3}{\gamma}); t_{\tilde{a}}, i_{\tilde{a}}, f_{\tilde{a}} \rangle, if\ (\gamma > 0) \\ \langle (\frac{a_3}{\gamma}, \frac{a_2}{\gamma}, \frac{a_1}{\gamma}); t_{\tilde{a}}, i_{\tilde{a}}, f_{\tilde{a}} \rangle, if\ (\gamma < 0) \end{cases} \quad (۱۲)$$

$$\frac{\tilde{a}}{\tilde{b}} = \begin{cases} \left\langle \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1}\right); t_{\tilde{a}} \wedge t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{a}} \vee i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{a}} \vee f_{\tilde{b}} \right\rangle if\ (a_3 > 0, b_3 > 0) \\ \left\langle \left(\frac{a_3}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_1}\right); t_{\tilde{a}} \wedge t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{a}} \vee i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{a}} \vee f_{\tilde{b}} \right\rangle if\ (a_3 < 0, b_3 > 0) \\ \left\langle \left(\frac{a_3}{b_1}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_1}{b_3}\right); t_{\tilde{a}} \wedge t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{a}} \vee i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{a}} \vee f_{\tilde{b}} \right\rangle if\ (a_3 < 0, b_3 < 0) \end{cases} \quad (۱۳)$$

$$\tilde{a}\tilde{b} = \begin{cases} \langle (a_1 b_1, a_2 b_2, a_3 b_3); t_{\tilde{a}} \wedge t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{a}} \vee i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{a}} \vee f_{\tilde{b}} \rangle \text{ if } (a_3 > 0, b_3 > 0) \\ \langle (a_1 b_3, a_2 b_2, a_3 b_1); t_{\tilde{a}} \wedge t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{a}} \vee i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{a}} \vee f_{\tilde{b}} \rangle \text{ if } (a_3 > 0, b_3 < 0) \\ \langle (a_3 b_3, a_2 b_2, a_1 b_1); t_{\tilde{a}} \wedge t_{\tilde{b}}, i_{\tilde{a}} \vee i_{\tilde{b}}, f_{\tilde{a}} \vee f_{\tilde{b}} \rangle \text{ if } (a_3 < 0, b_3 < 0) \end{cases} \quad (۱۴)$$

به منظور گسترش تعریف و به خصوص امکان مقایسه اعداد نوتروسوفیک، می توان به هر عدد نوتروسوفیک یک مقدار قطعی با استفاده از مفهوم تابع ارزیابی نسبت داد (Deli & Subas, 2014). فرض کنید $\tilde{a} = \langle (a_1, a_2, a_3) \rangle$ ، یک عدد سه‌طرفه نوتروسوفیک با درجات عضویت $t_{\tilde{a}}$ ، $i_{\tilde{a}}$ ، $f_{\tilde{a}}$ باشد، در این صورت تابع ارزیابی این عدد مطابق رابطه (۱۵) تعریف می گردد.

$$Ef(\tilde{a}) = \frac{1}{16}(a_1 + 2a_2 + a_3)(2 + t_{\tilde{a}} - i_{\tilde{a}} - f_{\tilde{a}}) \qquad (15)$$

در این تابع، a_1, a_2, a_3 مقادیر بالا، میانه و پایین را برای عدد سه‌طرفه نوتروسوفیک نشان می‌دهند. با استفاده از تابع ارزیابی تصمیم‌های سه‌طرفه بر اساس محیط نوتروسوفیک، می‌توان تصمیم خاص، دقیق و کارآمدی را به دست آورد. بنابراین، مجموعه نوتروسوفیک یک مدل کارآمد و موثر از تصمیم‌های سه‌طرفه با در نظر گرفتن تمام جنبه‌های عدم قطعیت، ابهام و اطلاعات نامتعارف است.

مثال ۱. فرض کنید a , b دو عدد نوتروسوفیک هستند که به ترتیب $< (4,5,6); 0.80,0.60,0.20 >$ $< (1,1,1); 0.5,0.5,0.5 >$ می‌باشد عملیات جمع و وارون به صورت زیر می‌باشد:

$\tilde{a} + \tilde{b} =< (5,6,7); 0.5,0.6,0.5 >$
$\tilde{a}^{-1} =< (1,1,1); 0.5,0.5,0.5 >$
$\tilde{b}^{-1} =< (0.17,0.2,0.25); 0.8,0.6,0.2 >$

مثال ۲. با توجه به مثال قبل $\tilde{a} + \tilde{b}$ را با استفاده از تابع ارزیابی به عدد مطلق تبدیل کنید.

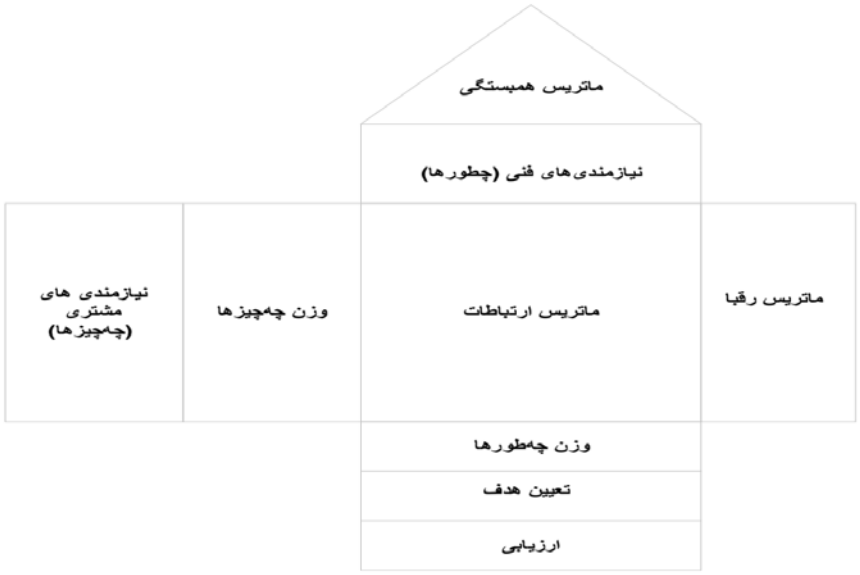
$$Ef(\tilde{a} + \tilde{b}) = \left| \frac{(5 + 2 \times 6 + 7)}{16} \times (2 + 0.5 - 0.6 - 0.5) \right| = 2.1$$

۲-۳- مبانی گسترش عملکرد کیفی

Akao & Mazur (۲۰۰۳) QFD را به عنوان ابزاری برای توسعه کیفیت در سازمانها از طریق در نظر گرفتن نیازهای مشتریان می داند. در واقع QFD نیازهای کیفی مشتریان سازمانها را به ویژگی‌های کیفی محصول تبدیل می‌کند و به عنوان تکنیک صدای مشتری شناخته می‌شود.

اجزای سنتیQFD مطابق شکل ۱ می باشد. بخش مرکزی شکل ۱ که خانه کیفیت (HOQ[1])دارد، رابطه بین نیازهای کیفیت (چه چیز[2]) و ویژگی‌های کیفیت (چطور[3]) را نشان می‌دهد. بخش چپ شامل نیازهای کیفیت (چه چیز) یا نیازهای سازمان و وزن چه چیزها ست. بالای خانه کیفیت ویژگی‌های کیفیت (چطور) یا چگونگی رسیدن به نیازهای سازمان را نشان می‌دهد و همبستگی بین چه چیز و چه طور توسط ماتریس همبستگی نشان داده می شود. این ماتریس ارتباطات را با علامت + و – نشان می‌دهد. بخش راست خانه کیفیت شامل ماتریس رقبا است که لیست رقبا و وزن اهمیت شان را نشان می‌دهد. بخش پایین، وزن "چطور"، اهداف و ارزیابی را نشان می‌دهد. منظور از ارزیابی اولویت بندی رقبا با توجه به وزنشان است که با نمودار خاصی نشان داده می شود.

شکل ۱.نمایش خانه کیفیت آکااو (۲۰۰۳)



1.House Of Quality
2.Whats
3.Hows

۳-۳- مبانی EDAS

روش‌های حل تصمیم‌گیری چندمعیاره به طور گسترده برای انتخاب تعداد محدودی از گزینه‌هایی به کار می‌رود که با معیارهای مختلف مورد ارزیابی قرار می گیرند. یکی از این فنون که به نام «تکنیک ترجیحات با تشابه به جواب ایده‌آل »یا همان تاپسیس شناخته می‌شود، تکنیکی است که عملکرد گزینه‌ها را از طریق تشابه با جواب ایده‌آل ارزیابی میکند و توسط Hwang & Yoon(۱۹۸۱) ارائه شده است. با الهام از منطق این روش، Keshavarz Ghorabaee et al. (۲۰۱۵) تکنیکی را ارائه کردند که مبنای آن فاصله هر گزینه از میانگین عملکرد گزینه های مختلف با توجه به معیارها می باشد که تحت عنوان "ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راحل ها" یا EDAS نامگذاری شده است. در این روش و در حالت قطعی، وزن معیارها و عملکرد هر گزینه نسبت به معیارها بوسیله مقادیرعددی و قطعی بیان می‌شود. اگر در یک مسئله تصمیم گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه مراحل به شرح زیر است:

گام ۱) تشکیل ماتریس تصمیم با درایه های r_{ij} که در آن i اندیس گزینه ها و j اندیس معیارهاست.

گام ۲) تعیین مقدار میانگین هر شاخص با استفاده از رابطه (۱۶).

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}{m} \quad \forall j \qquad (۱۶)$$

گام ۳) تعیین فواصل مثبت و منفی شاخص ها: با توجه به مثبت (هر چه بیشتر بهتر) یا منفی (هر چه کمتر بهتر) بودن شاخصها، فواصل مثبت و منفی از مقدار میانگین شاخصهای مثبت از روابط (۱۷) و (۱۸) و از مقدار میانگین شاخصهای منفی از روابط (۱۹) و (۲۰) محاسبه می شود:

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0,(r_{ij}-AV_j))}{AV_j} \quad \forall i,j \qquad (۱۷)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0,(AV_j-r_{ij}))}{AV_j} \quad \forall i,j \qquad (۱۸)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0,(AV_j - r_{ij}))}{AV_j} \quad \forall i,j \qquad (۱۹)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0,(r_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad \forall i,j \qquad (۲۰)$$

گام ۴) تعیین مجموع موزون فواصل مثبت و منفی در خصوص کلیه گزینه ها مطابق روابط (۲۱) و (۲۲) با در نظر داشتن w_j به عنوان شاخص معیار j

$$SP_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \, PDA_{ij} \quad \forall i \qquad (۲۱)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \, NDA_{ij} \quad \forall i \qquad (22)$$

گام ۵) بی مقیاس کردن مجموع فواصل مثبت و منفی با استفاده از روابط (۲۳) و (۲۴)

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i(SP_i)} \quad \forall i \qquad (23)$$

$$NSN_i = \frac{SN_i}{\max_i(SN_i)} \quad \forall i \qquad (24)$$

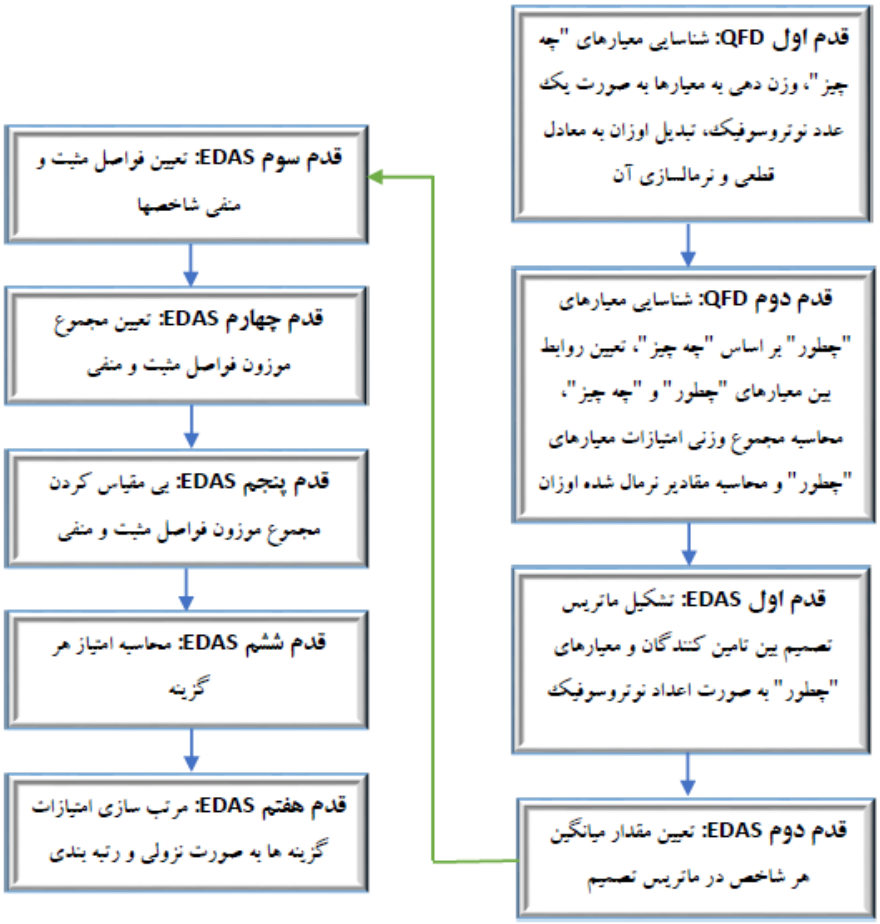
گام ۶) محاسبه امتیاز هر گزینه مطابق رابطه (۲۵)

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i) \quad \forall i \qquad (۲۵)$$

گام ۷) مرتب سازی امتیازات گزینه ها به صورت نزولی و رتبه بندی بر اساس بیشترین امتیاز بدست آمده

۴- روش پیشنهادی ترکیبی QFD و EDAS در محیط نوتروسوفیک

در این بخش، روشهای پیشنهادی برای محاسبات QFD و EDAS در محیط نوتروسوفیک معرفی می گردند. قبل ازآن لازمست در قالب شکل 2 مراحل مختلف این تحقیق بیان شود.



شکل ۲. مراحل انجام تحقیق با جزئیات بر اساس روشهای نوتروسوفیک

۴-۱- QFD در محیط نوتروسوفیک

در بخش ۳-۲ دربارهی QFD سنتی و کاربرد آن مطالب لازم ارائه شد. QFD سنتی در برخورد با اطلاعات مبهم و ناسازگار که معمولا در شرایط واقعی وجود دارد ناتوان است. به همین دلیل نسخه این تکنیک در محیط نوتروسوفیک ارائه می گردد تا مواجهه مناسب تری با اطلاعات مبهم داشته باشیم. جدول۲ نشان دهنده مقیاس های ساعتی و اعداد نوتروسوفیک

معادل آنها می باشد که می توان برای مقایسه دو معیار به صورت زوجی به کار برد. در این جدول رابطه کاملا مهم مقدار ۹، رابطه کمی مهم مقدار $\tilde{۳}$ و رابطه یکسان مقدار $\tilde{۱}$ به خود می گیرد.

جدول۲. مقیاس های ساعتی و اعداد نوتروسوفیک معادل آنها (ساروکان و همکاران، ۲۰۲۱)

مقیاس اعداد نوتروسوفیک	توصیفات	مقیاس ساعتی
$\tilde{1}$ = ⟨([1, 1, 1); 0.50, 0.50, 0.50⟩	دارای ارزش یکسان	1
$\tilde{3}$ = ⟨([2, 3, 4); 0.30, 0.75, 0.70⟩	کمی مهم	3
$\tilde{5}$ = ⟨([4, 5, 6); 0.80, 0.15, 0.20⟩	به طرز قوی مهم	5
$\tilde{7}$ = ⟨([6, 7, 8); 0.90, 0.10, 0.10⟩	به طرز خیلی قوی مهم	7
$\tilde{9}$ = ⟨([9, 9, 9); 1.00, 0.00, 0.00⟩	کاملا مهم	9
$\tilde{2}$ = ⟨([1, 2, 3); 0.40, 0.65, 0.60⟩	مقادیر بین دو مقیاس	2
$\tilde{4}$ = ⟨([3, 4, 5); 0.60, 0.35, 0.40⟩		4
$\tilde{6}$ = ⟨([5, 6, 7); 0.70, 0.25, 0.30⟩		6
$\tilde{8}$ = ⟨([7, 8, 9); 0.85, 0.10, 0.15⟩		8

مراحل روش پیشنهادی QFD در محیط نوتروسوفیک را می توان به صورت زیر بیان کرد:

قدم اول QFD: ابتدا از طریق پرسشنامه نیازمندی‌ها و با نظرات خبرگان، لیست معیارهای چطور و چه‌چیز را بدست آورده و سپس ماتریس همبستگی بین معیارهای "چه‌چیز" را به کمک مقیاس های جدول ۲ تشکیل دهید. در ادامه جمع سطری وزن های معیارهای مرتبط با "چه‌چیز" را بدست آورده و میانگین سطرها را با استفاده از رابطه (۲۶) محاسبه نمایید. در این رابطه i و j هر دو اندیس معیارهاست. نماد n نیز تعداد معیارهای "چه‌چیز"را نشان می دهد.

$$\widetilde{w}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n}\langle(l_{ij},m_{ij},u_{ij});\, T_{ij},I_{ij},F_{ij}\rangle}{n} \qquad (۲۶)$$

از آنجایی که $\widetilde{w}_i$ هنوز یک عدد نوتروسوفیک مثلثی است، به کمک رابطه تابع ارزیابی ارائه شده در رابطه (۲۷) آن را به معادل قطعی آن تبدیل می کنیم:

$$Ef(\widetilde{w}_i) = \left|\frac{(l_{w_i}+ 2\times m_{w_i}+ u_{w_i})}{16} \times \left(2 + t_{w_i} - i_{w_i} - f_{w_i}\right)\right| \qquad (۲۷)$$

در ادامه مقدار $v_i = Ef(\widetilde{w}_i)$ بدست آمده را به کمک رابطه (۲۸) نرمال می کنیم.

$$v_i^N = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^{n} v_i} \qquad (۲۸)$$

قدم دومQFD : ماتریس ارتباطات بین معیارهای چه‌طور و چه‌چیز را تشکیل داده و با استفاده از آن وزن چه‌طورها را بدست بیاورید. بدین منظور از مقادیر جدول ۲ برای تشکیل این

ارتباطات استفاده کنید به طور مثال از مقادیر نوتروسوفیک $\tilde{9}$، $\tilde{3}$ و $\tilde{1}$ که به ترتیب به معنای کاملا مهم، کمی مهم و به طور یکسان است استفاده کنید. برای راحتی رابطه کاملا مهم که رابطه قوی می‌باشد را با (S^1)، رابطه کمی مهم که تقریبا رابطه متوسطی می‌باشد را با (M^2) و رابطه یکسان را با (W^3) نشان دهید. وزن معیارهای "چطور" را با استفاده از روندی که برای معیارهای "چه‌چیز" بیان شد محاسبه نمایید. توجه داشته باشید که در اینجا به جای محاسبه میانگین سطری، میانگین ستونی موزون باید مورد استفاده قرار گیرد. این مورد در مثال عددی ارائه شده با جزئیات نشان داده خواهد شد. نهایتا می توان تابع ارزیابی معرفی شده در رابطه (۱۵) را بکار گرفته و وزنهای نرمال شده را به صورت قطعی محاسبه نمود، هر چند می توان با همان اوزان نوتروسوفیک نیز کار را ادامه داد. در ادامه پس از تعیین لیست رقبا ماتریس اولیه گزینه ها (یعنی همان تامین کنندگان) و معیارها آماده تشکیل خواهد بود. فرض کنید وزن معیارهای "چطور" را که به صورت اعداد نوتروسوفیک بدست آمده اند با نماد $\{\widetilde{wh}_1, \widetilde{wh}_2, \dots, \widetilde{wh}_n\}$نمایش هیم. نماد n در این مرحله تعداد معیارهای "چطور" را نشان می دهد. در اینصورت می توان ماتریس تصمیم را در حالت نوتروسوفیک تشکیل و گزینه های مورد نظر را مطابق گام بعدی با یکی از روشهای تصمیم گیری رتبه بندی کرد.

۲-۴- EDAS در محیط نوتروسوفیک

مراحل روش EDAS در محیط نوتروسوفیک به شرح زیر است:

قدم اول EDAS: ماتریس تصمیم (گزینه ها- معیارها) را که مقادیر آن اعداد آن به صورت نوتروسوفیک هستند طبق رابطه (۲۹) تشکیل دهید.

$$\widetilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{r}_{11} & \tilde{r}_{12} & \cdots & \tilde{r}_{1n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \tilde{r}_{m1} & \tilde{r}_{m2} & \cdots & \tilde{r}_{mn} \end{bmatrix} \qquad (۲۹)$$

که در آن $\tilde{r}_{ij}$ در واقع عدد نوتروسوفیک بصورت $\tilde{r}_{ij} = \langle (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}); T_{ij}, I_{ij}, F_{ij} \rangle$ می‌باشد. در این رابطه i اندیس گزینه ها و j اندیس معیارهاست.

1.Strong
2.Moderate
3.Weak

قدم دومEDAS : تعیین مقدار میانگین هر شاخص با استفاده از رابطه (۳۰) به صورت یک عدد نوتروسوفیک

$$\widetilde{AV}_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} \tilde{r}_{ij}}{m} \quad \forall j \qquad (۳۰)$$

قدم سومEDAS : تعیین فواصل مثبت و منفی به صورت اعدادی نوتروسوفیک: با توجه به مثبت (هر چه بیشتر بهتر) یا منفی (هر چه کمتر بهتر) بودن شاخصها، فواصل مثبت و منفی از مقدار میانگین برای شاخصهای مثبت از روابط (۳۱) و (۳۲) و از مقدار میانگین برای شاخصهای منفی از روابط (۳۳) و (۳۴) محاسبه می شود:

$$\widetilde{PDA}_{ij} = \frac{\max(0,(\tilde{r}_{ij} - \widetilde{AV}_j))}{\widetilde{AV}_j} \quad \forall i,j \qquad (۳۱)$$

$$\widetilde{NDA}_{ij} = \frac{\max(0,(\widetilde{AV}_j - \tilde{r}_{ij}))}{\widetilde{AV}_j} \quad \forall i,j \qquad (۳۲)$$

$$\widetilde{PDA}_{ij} = \frac{\max(0,(\widetilde{AV}_j - \tilde{r}_{ij}))}{\widetilde{AV}_j} \quad \forall i,j \qquad (۳۳)$$

$$\widetilde{NDA}_{ij} = \frac{\max(0,(\tilde{r}_{ij} - \widetilde{AV}_j))}{\widetilde{AV}_j} \quad \forall i,j \qquad (۳۴)$$

باید توجه داشت که جهت ساده تر شدن محاسبات عملا در مورد مثلا شاخصهای مثبت مقدار عدد نوتروسوفیک عبارت $\frac{(\tilde{r}_{ij} - \widetilde{AV}_j)}{\widetilde{AV}_j}$ را بدست آورده و سپس مقدار تابع ارزیابی معادل آن را بر اساس رابطه (۱۵) بدست می آوریم. در صورتیکه مقدار تابع ارزیابی مثبت باشد، به عنوان فاصله مثبت و در صورتیکه منفی باشد، قدر مطلق آن را به عنوان فاصله منفی در نظر می گیریم. بنابراین عملا مقادیر فواصل مثبت و منفی را می توان به صورت قطعی و به فرم PDA_{ij} و NDA_{ij} نشان داد.

قدم چهارم EDAS: تعیین مجموع موزون فواصل مثبت و منفی در خصوص کلیه گزینه ها به صورت اعدادی نوتروسوفیک مطابق روابط (۳۵) و (۳۶) با در نظر داشتن $\widetilde{wh}_j$ به عنوان شاخص معیار j به صورت عددی نوتروسوفیک

$$\widetilde{SP}_i = \sum_{j=1}^{n} \widetilde{wh}_j \, PDA_{ij} \quad \forall i \qquad (۳۵)$$

$$\widetilde{SN}_i = \sum_{j=1}^{n} \widetilde{wh}_j \, NDA_{ij} \quad \forall i \qquad (۳۶)$$

قدم پنجم EDAS: بی مقیاس کردن مجموع فواصل مثبت و منفی با استفاده از روابط (۳۷) و (۳۸) به صورت نوتروسوفیک. توجه شود در محاسبه ماکسیمم مخرج کسرها از تابع ارزیابی (رابطه (۱۵)) می توان برای بدست آوردن ماکسیمم بهره گرفت، لیکن نباید مقدار آن را جایگزین کرد.

$$\widetilde{NSP_i} = \frac{\widetilde{SP}_i}{\max\limits_i (\widetilde{SP}_i)} \quad \forall i \qquad (۳۷)$$

$$\widetilde{NSN_i} = \frac{\widetilde{SN}_i}{\max\limits_i (\widetilde{SN}_i)} \quad \forall i \qquad (۳۸)$$

قدم ششم EDAS: محاسبه امتیاز هر گزینه مطابق رابطه (۳۹) به صورت عددی نوتروسوفیک

$$\widetilde{AS}_i = \frac{1}{2}(\widetilde{NSP}_i + \widetilde{NSN}_i) \quad \forall i \qquad (۳۹)$$

قدم هفتم EDAS: مرتب سازی امتیازات گزینه ها به صورت نزولی و رتبه بندی بر اساس بیشترین امتیاز بدست آمده بر اساس تابع ارزیابی (رابطه (۱۵))

۵-مطالعه موردی

مطالعه موردی ارائه شده مرتبط با یک شرکت فرضی دارویی می باشد.

۵-۱- جمع‌آوری و تحلیل اطلاعات اولیه

این شرکت چندین دارو تولید می‌کند و سعی دارد قوانین مختلف مربوط به تولید دارو، آزمایش دارو و بازاریابی دارو را از طریق ارتقا تامین کنندگان خود اعمال کند. برای فرآیند تولید، شرکت نیاز به اجزاء مناسب تولید (مانند مواد اولیه شیمیایی) و فرمول‌های صحیح دارد. شرکت می‌تواند این مواد را از تامین کنندگان مختلف تهیه کند. به دلیل ابهام موجود در برخی اطلاعات از روش ترکیبی QFD-EDAS در محیط نوتروسوفیک استفاده می شود.

۵-۲- شناسایی شاخص های کیفی "چه چیز" و تعیین اوزان نسبی

در این مرحله از پرسشنامه هایی برای شناسایی نیازهای مشتریان استفاده می شود. بر اساس نتایج این پرسشنامه، نیازمندی‌های شرکت داروسازی برای فرآیند خرید مواد اولیه شیمیایی از تامین کنندگان خارجی مطابق ۵ معیار زیر است:

کیفیت: منظور کیفیت محصول نهایی یعنی دارو است که مستقیما متاثر از کیفیت مواد می باشد.

هزینه: این معیار بیشتر متوجه پایداری قیمت می باشد که از منظر مشتریان بسیار مهم است که نوسانات آن حداقل باشد تا بتوانند برنامه ریزی بهتری داشته باشند.

موقعیت: هر چه موقعیت سازمان در دسترس مشتری باشد قاعدتا مطلوبتر است.

قیمت: قیمت تمام شده محصول نهایی ارائه شده به مشتری می باشد که قاعدتا هر چقدر پایین تر باشد بهتر است.

تحویل: منظور زمانی است که طول می‌کشد تا محصول به مشتری تحویل داده شود که قاعدتا هر چقدر کمتر باشد بهتر است.

برای محاسبه وزن معیارهای "چه چیز" با استفاده از اعداد جدول ۲ و روابط (۲۳) تا (۲۵) استفاده می شود. جدول ۳ ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مربوطه بر اساس نظرات خبرگان می باشد. در محاسبه معکوس هر عدد نوتروسوفیک از رابطه (۱۰) استفاده شده است.

جدول ۳. ماتریس مقایسه زوجی معیارهای "چه چیز" بر اساس اعداد نوتروسوفیک جدول ۲

	تحویل	قیمت	موقعیت	هزینه	کیفیت
کیفیت	$\langle([\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3}];0.60,0.35,0.40)$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20)$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70)$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50)$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50)$
هزینه	$\langle(1,2,3);0.40,0.65,0.60)$	$\langle([\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3}];0.60,0.35,0.40)$	$\langle([\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2}];0.30,0.75,0.70)$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50)$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50)$
موقعیت	$\langle(2,3,4);0.50,0.75,0.70)$	$\langle([\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3}];0.50,0.75,0.70)$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50)$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70)$	$\langle([\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2}];0.30,0.75,0.70)$
قیمت	$\langle([\frac{1}{6},\frac{1}{5},\frac{1}{4}];0.80,0.15,0.20)$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50)$	$\langle(3,4,5);0.50,0.75,0.70)$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40)$	$\langle([\frac{1}{6},\frac{1}{5},\frac{1}{4}];0.80,0.15,0.20)$
تحویل	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50)$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20)$	$\langle([\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2}];0.50,0.75,0.70)$	$\langle([\frac{1}{3},\frac{1}{2},\frac{1}{1}];0.40,0.65,0.60)$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40)$

طبق رابطه(۲۶) میانگین سطرها برای هر معیار مطابق جدول ۴ محاسبه می شود.

جدول ۴. محاسبات مرتبط با میانگین سطرها برای هر معیار

$\widetilde{w}_1 = \frac{<(6.2,10.25,12.33);0.3,0.75,0.7>}{5}$	$\widetilde{w}_1 = <(1.2,2,2.4);$ $0.3,0.75,0.7>$
$\widetilde{w}_2 = \frac{<(3.45,4.58,5.83);0.3,0.75,0.7>}{5}$	$\widetilde{w}_2 = <(0.7,0.9,1.2);$ $0.3,0.750.7>$

$\widetilde{w}_3 = \frac{< (5.45,7.58,9.83); 0.3,0.75,0.7 >}{5}$	$\widetilde{w}_3 = < (1.1,1.5,1.9); 0.3,0.750.7 >$
$\widetilde{w}_4 = \frac{< (7.3,9.4,11.5); 0.5,0.75,0.7 >}{5}$	$\widetilde{w}_4 = < (1.4,1.8,2.3); 0.5,0.750.7 >$
$\widetilde{w}_5 = \frac{< (8.58,10.83,13,5); 0.4,0.75,0.7 >}{5}$	$\widetilde{w}_5 = < (1.7,2.2,2.7); 0.4,0.75,0.7 >$

حال طبق رابطه (۲۷)، وزن های نوتروسوفیک به مقدار قطعی معادل تبدیل می شوند:

$$Ef\ (\widetilde{w}_1) = |(1.2 + 2 \times 2 + 2.4)/16 \times (2 + 0.3 - 0.75 - 0.7)| = 0.404$$

$$Ef\ (\widetilde{w}_2) = |(0.7 + 2 \times 0.9 + 1.2)/16 \times (2 + 0.3 - 0.75 - 0.7)| = 0.197$$

$$Ef\ (\widetilde{w}_3) = |(1.1 + 2 \times 1.5 + 1.9)/16 \times (2 + 0.3 - 0.75 - 0.7)| = 0.319$$

$$Ef\ (\widetilde{w}_4) = |(1.4 + 2 \times 1.8 + 2.3)/16 \times (2 + 0.5 - 0.75 - 0.7)| = 0.479$$

$$Ef\ (\widetilde{w}_5) = |(1.7 + 2 \times 2.2 + 2.7)/16 \times (2 + 0.4 - 0.75 - 0.7)| = 0.522$$

نهایتا به کمک رابطه (۲۸) نرمال سازی وزن های "چه چیز" انجام و نتایج مطابق جدول ۵ حاصل می شود.

جدول ۵. مقادیر نرمال شده وزنهای "چه چیز"

$v_1^N = \frac{0.404}{1.921} = 0.210$	$v_2^N = \frac{0.197}{1.921} = 0.103$	$v_3^N = \frac{0.319}{1.921} = 0.166$	$v_4^N = \frac{0.479}{1.921} = 0.249$	$v_5^N = \frac{0.522}{1.921} = 0.272$

5-3- شناسایی شاخص های کیفی "چطور" و تعیین اوزان نسبی

با توجه به پاسخ‌های پرسشنامه دوم در خصوص معیارهای "چطور"، ۷ معیار زیر در این رابطه شناسایی شدند:

- ✓ سال‌های تجربه در صنعت: هرچه سال‌های تجربه تامین کننده بالاتر باشد، قاعدتا معیارهای مورد نظر بیشتر رعایت می گردد.
- ✓ سیستم های مدیریت کیفیت: به مفهوم برخورداری از گواهینامه های مدیریت کیفیت مانند ایزو می باشد و بیانگر آن است که تامین کننده برای اجرای استانداردهای لازم و لحاظ کردن خواسته مشتریان، خود را متعهد می داند.

- ✓ موقعیت جغرافیایی: منظور مکان استقرار تامین کننده می باشد که قاعدتا قرار داشتن در کشورهای نزدیکتر با زمان حمل کمتر و یا کشورهایی که دارای روابط اقتصادی مناسب تر هستند، از مزیت برخوردار هستند.
- ✓ ثبات مالی: این معیار اطمینان می‌دهد که تامین کننده دارای ثبات مالی بوده و از پایداری در برابر حوادث مانند کووید برخوردار است.
- ✓ ایمنی مواد خام: ایمنی مواد خام عامل مهمی در انتخاب تامین کنندگان است و این تضمین را می‌دهد که مواد خام سالم هستند و مشکلی در کیفیت محصول ایجاد نمی‌کنند.
- ✓ رفتار سازمانی: توجه به معیارهای انسانی و حقوق کارکنان توسط تامین کننده می باشد.
- ✓ برنامه های تخفیفات: شامل ارائه انواع مختلفی از تخفیفات از طرف تامین کننده می‌باشد.

مطابق قدم دوم QFD نوتروسوفیک در بخش ۴-۱ ماتریس ارائه شده در جدول ۶ تکمیل می گردد. طبق این جدول به عنوان مثال معیار سالهای تجربه صنعت (دارویی) تاثیر قوی روی کیفیت دارد در حالیکه همین عامل روی قیمت محصول نهایی تاثیر ضعیفی دارد اما روی زمان تحویل محصول نهایی تاثیر متوسطی دارد.

نحوه تبدیل مقادیر S ,M,W به اعداد معادل نوتروسوفیک به صورت زیر می باشد. با جایگذاری مقادیر و ضرب مقادیر وزن معیارهای "چه چیز" در مقادیر هر ستون از معیارهای "چطور" و نهایتا جمع آنها، مقادیر اوزان معیارهای چطور به صورت اعداد نوتروسوفیک و نرمال شده آنها از تقسیم هر وزن بر مجموع مطابق جدول ۷ خواهد بود.

$S= \tilde{9} = \langle(9, 9, 9); 1.00, 0.00, 0.00\rangle$
$M=\tilde{3} = \langle(2, 3, 4); 0.30, 0.75, 0.70\rangle$
$W=\tilde{1} = \langle(1, 1, 1); 0.50, 0.50, 0.50\rangle$

جدول ۶. ماتریس رابطه بین چه چیز ها و چطورها

برنامه های تخفیفات	رفتار سازمانی	ایمنی مواد خام	ثبات مالی	موقعیت جغرافیایی	سیستم های	سالهای تجربه	وزن معیارهای چه چیز	معیارها ی چه چیز

		در صنعت	مدیریت کیفیت					
کیفیت	۰,۲۱۰	S	S			S	M	
هزینه	۰,۱۰۳	W		W	S	W		S
موقعیت	۰,۱۶۶	W						
قیمت	۰,۲۴۹	W		W				M
تحویل	۰,۲۷۲	M		S		W	M	

جدول ۷. اوزان معیارهای "چطور" به صورت اعداد نوتروسوفیک

معیارهای چطور	اوزان به صورت اعداد نوتروسوفیک	مقدار وزن نرمال شده به صورت عدد نوتروسوفیک
سالهای تجربه در صنعت (C1)	⟨([2.95, 3.22, 3.50]; 0.30, 0.75, 0.70⟩	⟨([0.19, 0.23, 0.26]; 0.30, 0.75, 0.70⟩
سیستم های مدیریت کیفیت (C2)	⟨([1.89, 1.89, 1.89]; 1.00, 0.00, 0.00⟩	⟨([0.12, 0.13, 0.14]; 0.30, 0.75, 0.70⟩
موقعیت جغرافیایی (C3)	⟨([2.80, 2.80, 2.80]; 0.50, 0.50, 0.50⟩	⟨([0.18, 0.20, 0.21]; 0.30, 075, 0.70⟩
ثبات مالی (C4)	⟨([0.93, 0.93, 0.93]; 1.00, 0.00, 0.00⟩	⟨([0.06, 0.07, 0.07]; 0.30, 0.75, 0.70⟩
ایمنی مواد خام (C5)	⟨([2.26, 2.26, 2.26]; 0.50, 0.50, 0.50⟩	⟨([0.15, 0.16, 0.17]; 0.30, 0.75, 0.70⟩
رفتار سازمانی (C6)	⟨([0.96, 1.45, 1.93]; 0.30, 0.75, 0.70⟩	⟨([0.06, 0.10, 0.15]; 0.30, 0.75, 0.70⟩
برنامه های تخفیفات (C7)	⟨([1.42, 1.67, 1.92]; 0.30, 0.75, 0.70⟩	⟨([0.09, 0.12, 0.15]; 0.30, 0.75, 0.70⟩
جمع اوزان به صورت نوتروسوفیک	⟨([13.21, 14.25, 15.23]; 0.30, 0.75, 0.70⟩	⟨([0.85, 1.00, 1.15]; 0.30, 0.75, 0.70⟩

۴-۵- تشکیل ماتریس تصمیم بین گزینه ها و شاخص های کیفی "چطور" در محیط نوتروسوفیک

در این خصوص ۵ تامین کننده مواد اولیه دارو را در نظر می گیریم. امتیاز کسب شده توسط هر تامین کننده از هر معیار به جز معیار "سالهای تجربه در صنعت" را می توان از جدول ۸ تعیین نمود. بر اساس قضاوت خبرگان و البته اطلاعات موجود که بعضا با ابهام و عدم قطعیت

نیز مواجه است، ماتریس تصمیم مطابق جدول ۹ حاصل شده است. در این ماتریس معیار "سالهای تجربه در صنعت" به صوت عدد نوتروسوفیک و سایر معیارها نیز بر اساس توصیفات جدول ۸ مشخص شده اند که قاعدتا برای ادامه حل می توان معادل عدد نوتروسوفیک آنها را جاگذاری نمود.

جدول۸. مقیاس های ساعتی و اعداد نوتروسوفیک معادل آنها برای بیان بزرگی گزینه ها

عدد نوتروسوفیک	توصیفات	مقیاس ساعتی
$\tilde{1} = \langle(1, 1, 1); 0.50, 0.50, 0.50\rangle$	خیلی ضعیف	۱
$\tilde{3} = \langle(2, 3, 4); 0.30, 0.75, 0.70\rangle$	ضعیف	۳
$\tilde{5} = \langle(4, 5, 6); 0.80, 0.15, 0.20\rangle$	متوسط	۵
$\tilde{7} = \langle(6, 7, 8); 0.90, 0.10, 0.10\rangle$	خوب	۷
$\tilde{9} = \langle(9, 9, 9); 1.00, 0.00, 0.00\rangle$	بسیار خوب	۹

جدول ۹. ماتریس تصمیم گزینه ها معیارها

تامین کنندگان	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
تامین کننده ۱	⟨(5, 6, 7); 0.8, 0.3, 0.50⟩	خوب	متوسط	ضعیف	بسیار خوب	خوب	متوسط
تامین کننده ۲	⟨(15, 17, 18); 0.6, 0.3, 0.40⟩	خوب	متوسط	ضعیف	متوسط	متوسط	بسیار خوب
تامین کننده ۳	⟨(4, 6, 7); 0.9, 0.3, 0.40⟩	متوسط	بسیار خوب	متوسط	خوب	خوب	متوسط
تامین کننده ۴	⟨(10, 12, 14); 0.8, 0.3, 0.50⟩	بسیار خوب	خوب	متوسط	بسیار خوب	خوب	ضعیف
تامین کننده ۵	⟨(9, 13, 15); 0.7, 0.3, 0.20⟩	متوسط	متوسط	خوب	متوسط	متوسط	خوب

۵-۵- پیاده سازی روش EDAS در محیط نوتروسوفیک

با در نظر گرفتن جدول تصمیم فوق، طبق قدم دوم این روش مقادیر میانگین شاخصها محاسبه می گردد.

جدول ۱۰. مقدار میانگین شاخصها به صورت اعداد نوتروسوفیک

شاخصها	مقدار میانگین	شاخصها	مقدار میانگین
C1	⟨([۸,۶, ۱۰,۸, ۱۲,۲); 0.۶, 0.3, 0.50⟩	C5	⟨([۶,۴, ۷, ۷,۶); 0.۸, 0.۱۵, ۰,۲⟩
C2	⟨([۵,۸, ۶,۶, ۷,۴); 0.۸, 0.۱۵, ۰,۲⟩	C6	⟨([۵,۲, ۶,۲, ۷,۲); 0.۸, 0.۱۵, ۰,۲⟩
C3	⟨([۵,۴, ۶,۲, ۷); 0.۸, 0.۱۵, 0.۲⟩	C7	⟨([۵, ۵,۸, ۶,۶); 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩
C4	⟨([۳,۶, ۴,۶, ۵,۶); 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩		

بر اساس قدم سوم، فواصل مثبت و منفی بر اساس تابع ارزیابی به صورت مقادیری قطعی محاسبه می شود که نتایج آن مطابق جدول ۱۱ و ۱۲ خواهد بود.

جدول ۱۱. فواصل مثبت به ازای هر گزینه و هر شاخص

تامین کننده	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
تامین کننده ۱	۰	۰,۰۵	۰	۰	۰,۱۸	۰,۱۰	۰
تامین کننده ۲	۰,۲۸	۰,۰۵	۰	۰	۰	۰	۰,۱۲

تامین کننده ۳	۰	۰	۰,۲۸	۰,۰۳	۱	۰,۱۰	۰
تامین کننده ۴	۰,۰۸	۰,۲۳	۰,۰۹	۰,۰۳	۰,۱۸	۰,۱۰	۰
تامین کننده ۵	۰,۱۰	۰	۰	۰,۱۲	۰	۰	۰,۰۵

جدول ۱۲. فواصل منفی به ازای هر گزینه و هر شاخص

تامین کننده	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
تامین کننده ۱	۰,۱۹	۰	۰,۱۱	۰,۰۷	۰	۰	۰,۰۲
تامین کننده ۲	۰	۰	۰,۱۱	۰,۰۷	۰,۱۷	۰,۱۰	۰
تامین کننده ۳	۰,۲۰	۰,۱۴	۰	۰	۰	۰	۰,۰۲
تامین کننده ۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۱۰
تامین کننده ۵	۰	۰,۱۴	۰,۱۱	۰	۰,۱۷	۰,۱۰	۰

بر اساس قدم چهارم، مجموع فواصل مثبت و منفی موزون برای تامین کنندگان مطابق جدول ۱۳ حاصل می گردد.

جدول ۱۳. مجموع فواصل مثبت و منفی موزون

تامین کننده	مجموع فواصل مثبت موزون	مجموع فواصل منفی موزون
تامین کننده ۱	⟨(۰,۰۳۸, ۰,۰۴۴, ۰,۰۵۱); 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۰۶۱, ۰,۰۷۲, ۰,۰۸۰); 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩
تامین کننده ۲	⟨(۰,۰۶۹, ۰,۰۸۵, ۰,۰۹۷); 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۰۵۵, ۰,۰۶۴, ۰,۰۷۲); 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩

تامین کننده ۳	⟨(۰,۰۶۰, ۰,۰۷۰, ۰,۰۷۷); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۰۵۶, ۰,۰۶۶, ۰,۰۷۴); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩
تامین کننده ۴	⟨(۰,۰۹۲, ۰,۱۰۶, ۰,۱۱۸); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۰۰۹, ۰,۰۱۲, ۰,۰۱۵); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩
تامین کننده ۵	⟨(۰,۰۳۱, ۰,۰۳۸, ۰,۰۴۲); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۰۶۸, ۰,۰۷۷, ۰,۰۸۷); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩

بر اساس قدم پنجم، مجموع فواصل مثبت و منفی موزون بی مقیاس شده برای تامین کنندگان مطابق جدول ۱۴ حاصل می گردد. مقادیر حداکثر در جدول فوق برجسته شده اند.

جدول ۱۴. مجموع فواصل مثبت و منفی موزون بی مقیاس شده

تامین کننده	مجموع فواصل مثبت موزون بی مقیاس شده	مجموع فواصل منفی موزون بی مقیاس شده
تامین کننده ۱	⟨(۰,۳۲۵, ۰,۴۲۰, ۰,۵۵۶); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۷۰۷, ۰,۹۳۵, ۱,۱۷۵); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩
تامین کننده ۲	⟨(۰,۵۹۰, ۰,۸۰۱, ۱,۰۴۹); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۶۳۵, ۰,۸۲۵, ۱,۰۵۶); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩
تامین کننده ۳	⟨(۰,۵۰۷, ۰,۶۵۹, ۰,۸۳۵); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۶۵۱, ۰,۸۵۹, ۱,۰۹۷); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩
تامین کننده ۴	⟨(۰,۷۸۶, ۱,۰۰۰, ۱,۲۷۲); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۱۰۳, ۰,۱۵۴, ۰,۲۱۹); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩
تامین کننده ۵	⟨(۰,۲۶۲, ۰,۳۵۶, ۰,۴۵۵); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	⟨(۰,۷۸۳, ۱,۰۰۰, ۱,۲۷۷); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩

براساس قدم ششم، امتیاز هر تامین کننده به صورت عددی نوتروسوفیک به همراه مقدار تابع ارزیابی معادل آن مطابق جدول ۱۵ بدست می آید.

جدول ۱۵. امتیازات تامین کنندگان

تامین کنندگان	امتیازات به صورت نوتروسوفیک	تابع ارزیابی
تامین کننده ۱	⟨(۰,۵۱۶, ۰,۶۷۸, ۰,۸۶۵); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	0.145
تامین کننده ۲	⟨(۰,۶۱۳, ۰,۸۱۳, ۱,۰۵۳); 0.3, 0.۷۵, 0.۷⟩	0.175

تامین کننده ۳	⟨([۰,۵۷۹, ۰,۷۵۹, ۰,۹۶۶]; 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩	0.163
تامین کننده ۴	⟨([۰,۴۴۵, ۰,۵۷۷, ۰,۷۴۵]; 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩	0.125
تامین کننده ۵	⟨([۰,۵۲۳, ۰,۶۷۸, ۰,۸۶۶]; 0.۳, 0.۷۵, 0.۷⟩	0.146

و نهایتا بر اساس قدم هفتم رتبه بندی گزینه ها به صورت زیر خواهد بود:

۴<۱<۵<۳<۲

۶-بحث و نتیجه‌گیری

اعداد نوتروسوفیک، دارای کارآیی و انعطاف‌پذیری بالاتری نسبت به اعداد فازی و حتی فازی شهودی هستند به نحوی که درجات عضویت، عدم عضویت و نامعینی را که نماینده ابهام است، به صورت عددی بین صفر و یک نمایش می دهند. در واقع این امکان را برای تصمیم گیرنده و یا ارزیابی فراهم می کنند که درجات یاد شده را به طور مستقل به کیفیت مشاهده شده نسبت دهند. در این تحقیق یک رویکرد ترکیبی QFD-EDAS برای مسئله ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان در شرایط ابهام و با استفاده از اعداد یا منطق نوتروسوفیک ارائه گردید. به کمک روش QFD فاکتورهای مورد نظر مشتریان در بازار شناسایی (چه چیزها) و تبدیل به مشخصات مورد نیاز تامین کنندگان (چطور) گردید. مراحل روش یاد شده با در نظر گرفتن منطق نوتروسوفیک طراحی و پیشنهاد گردید. این منطق انعطاف خوبی به تصمیم گیرنده در نسبت دادن مقادیر کمی به کیفی ایجاد می کند. همچنین روش جدید EDAS برای رتبه بندی گزینه ها در شرایط نوتروسوفیک توسعه داده شد و نهایتا مطالعه عددی در صنعت دارو بر اساس نظر خبرگان صورت گرفت. این تحقیق را می توان جزء معدود تحقیقات مرتبط با پیاده سازی منطق نوتروسوفیک در سیستمهای ارزیابی به خصوص در زنجیره تامین دانست.

به عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آتی، استفاده از سایر رویکردها رتبه بندی نظیر واسپاس، ویکور، کوپراس و مورا در فضای نوتروسوفیک پیشنهاد می گردد. همچنین به دلیل اهمیت زیاد وزن شاخصها، می توان سایر روشهای وزن دهی به شاخص ها را نیز با QFD ترکیب و احتمالا به نتایج بهتر یا قابل اتکارتی دست یافت. یکی از چالشهای تحقیق تقسیم اعداد نوتروسوفیکی است که ممکن است مخرج کسر به دلیل منفی بودن حد پایین عدد

نوتروسوفیک، مساوی صفر شود و تولید جواب بینهایت شود. لذا ارائه راهکار مناسب برای تقسیم این نوع اعداد می تواند یکی دیگر از توسعه های این تحقیق باشد. ایده دیگر استفاده از روش تحلیل پوششی داده ها در فضای نوتروسوفیک می باشد به خصوص در زمانیکه اندازه و ابعاد تامین کنندگان متناسب نبوده و لازم است از معیارکارایی برای اندازه گیری استفاده کرد.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافع ندارند.

منابع

۱. اسلامی، اسفندیار،۱۳۹۷ نظریه مجموعه های فازی و تعمیم های آن. سیستم های فازی و کاربردها، سال اول، شماره اول، صص ۱-۲۲ .

References

2.Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Gamal, A., & Smarandache, F. (2019). A group decision making framework based on neutrosophic TOPSIS approach for smart medical device selection. *Journal of medical systems*, 43, 1-13. https://doi.org/10.1007/s10916-019-1156-1.

3.Adalı, E.A., Öztaş, T., Özçil, A., Öztaş, G.Z. & Tuş, A. (2023). A new multi-criteria decision-making method under neutrosophic environment: ARAS method with single valued neutrosophic numbers. *International Journal of Information Technology and Decision making*, 22(1), 57-87. https://doi.org/10.1142/S0219622022500456.

4.Akao, Y., & Mazur, G.H. (2003). The leading edge in QFD: past, present and future, *International Journal of Quality and Reliability Management*, 20(1), 20–35. https://doi.org/10.1108/02656710310453791.

5.Aliakbari, A., & Seifbarghy, M. (211). A supplier selection model for social responsible supply chain. Journal of *Optimization in Industrial Engineering*, 4(28), 41-53.

6.Alinezad, A., Seif, A., & Esfandiari, N. (2013). Supplier evaluation and selection with QFD and FAHP in a pharmaceutical company,

International Journal of Advanced Manufacturing Technology, *68*, 355–364. https://doi.org/10.1007/s00170-013-4733-3.

7.Alzahrani, F.A., Ghorui, N., Gazi, K.H., Giri, B.C., Ghosh, A., & Mondal, S.P. (2023). Optimal site selection for women university using neutrosophic multi-criteria decision making approach. *Buildings*, 13 (1), 152. https://doi.org/10.3390/buildings13010152.

8.Atanassov, K.T. (1986). Intuitionistic Fuzzy Sets, *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 87-9.

9.Bevilacqua, M., Ciarapica, F.E., & Marchetti, B. (2012). Development and test of a new fuzzy-QFD approach for characterizing customers rating of extra virgin olive oil, *Food Quality Preference*, *24* ,75–84. https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.09.005.

10.Chan, F., Kumar, N., Kumar Tiwari, M., Lau, H. C. W., & Choy, K. L. (2008). Global supplier selection: A fuzzy-AHP approach, *International Journal of Production Research,46(14)*, 3825-3857. https://doi.org/10.1080/00207540600787200.

11.Chen, C.H. (2019). A New Multi-Criteria Assessment Model Combining GRA Techniques with Intuitionistic Fuzzy Entropy-Based TOPSIS Method for Sustainable Building Materials Supplier Selection, *Sustainability*, *11(8)*, 2265. https://doi.org/10.3390/su11082265.

12.De Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection, *European Journal of Purchasing and Supply Management*. 7, 75–89. https://doi.org/10.1016/S0969-7012(00)00028-9.

13.Deli, I., & Subas Y. (2014). Single valued neutrosophic numbers and their applications to multicriteria decision making problem. *Neutrosophic Sets and Systems*, 2(1), 1-13.

14.Dursun, M., & Şener, Z. (2014). An integrated DEMATEL-QFD model for medical supplier selection, world academy of science, engineering and technology, *International Journal of Mechanical Aerospace Industrial Mechatronic Manufacturing Engineering*, *8*, 592–596.

15.Görçün, Ö.F., Aytekin, A., & Korucuk, S. (2023). Fresh food supplier selection for global retail chains via bipolar neutrosophic methodology. *Journal of Cleaner Production*, 419, 138156. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138156.

16.Ha, S.H., & Krishnan, S.H. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain, *Expert Systems with Applications. 34* ,1303–1311. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.12.008.

17.Ho, W., Xu, W., & Dey, P.K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review, *European Journal of Operational Research. 202*, 16–24. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009.

18.Hwang, C.L. & Yoon, K. (1981) Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications, A State-of-the-Art Survey. Springer-Verlag.

19.Jadidi, O., Hong T.S., Firouzi, F. Yusuff, R.M., & Zulkifli, N. (2008). TOPSIS and fuzzy multi-objective model integration for supplier selection problem, *in Journal of Achievements of Materials and Manufacturing Engineering*.

20.Jovanović, B., & Delibašić, B. (2014). Application of integrated QFD and fuzzy AHP approach in selection of suppliers, *Management Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies, 19(2014/72)*, 25–35. https://doi.org/10.7595/management.fon.2014.0018.

21.Karsak, E.E., & Dursun, M. (2014). An integrated supplier selection methodology incorporating QFD and DEA with imprecise data, *Expert Systems with Applications*, 41, 6995– 7004. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2014.06.020.

22.Keshavarz Ghorabaee, M., Zavadskas, E.K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS), *Informatica*, 26(3), 435-451. https://doi.org/10.15388/Informatica.2015.57.

23.Kilincci, O., & Onal, S.A. (2011). Fuzzy AHP approach for supplier selection in a washing machine company, *Expert Systems with Applications, 38*, 9656–9664. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.01.159.

24.Kumaraswamy, A.H., Bhattacharya, A., Kumar, V., & Brady, M. (2011). An integrated QFD-TOPSIS methodology for supplier selection in SMEs, in: *2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Modelling and Simulation, CIMSiM.* pp. 271–276. https://doi.org/10.22105/riej.2020.213445.1110.

25.Lee, E.-K., Ha, S., & Kim, S.-K. (2001). Supplier selection and management system considering relationships in supply chain management, *IEEE Trans. Engineering Management. 48*, 307–318. https://doi.org/10.1109/17.946529.

26.Lee, Y.-T., Wu, W.-W., & Tzeng, G.-H. (2008). An effective decision-making method using a combined QFD and ANP approach, *WSEAS Trans. Business Economics*, *12*, 541–551.

27.Menon, R., & Ravi, V. (2022). Using AHP-TOPSIS methodologies in the selection of sustainable suppliers in an electronics supply chain. *Cleaner Materials*, *5*, 100130. https://doi.org/10.1016/j.clema.2022.100130.

28.Nabeeh, N. A., Smarandache, F., Abdel-Basset, M., El-Ghareeb, H. A., & Aboelfetouh, A. (2019). An integrated neutrosophic-TOPSIS approach and its application to personnel selection: A new trend in brain processing and analysis. *IEEE Access*,7, 29734-29744. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2899841.

29.Önüt, S., Soner Kara, S., & Isik, E. (2009). Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company, *Expert Systems with Applications*, *36*, 3887–3895. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.02.045.

30.Oroojeni Mohammad Javada, M., Darvishi, M., & Oroojeni Mohammad Javad, A. (2020). Green supplier selection for the steel industry using BWM and fuzzy TOPSIS: A case study of Khouzestan steel company. *Sustainable Futures*, *2*, 100012. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2020.100012.

31.Rajesh, G., & Malliga, P. (2013). Supplier selection based on AHP QFD methodology, *Procedia Engineering*, *64*, 1283–1292. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.09.209.

32.Saaty, T.L. (1988). What is the analytic hierarchy process? in: Mathematical Models for Decision Supported. *Springer*,109–121.

33.Smarandache, F. (2013). A unifying field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic set, Neutrosophic Probability and statistics, *American research press, Rehoboth, Fourth Edition*.

34.Tavana, M., Shaabani, A., Di caprio, D., & Amiri, M. (2021). An integrated and comprehensive fuzzy multicriteria model for supplier selection in digital supply chains, *Sustainable Operations and Computers*,2, Pages 149-169. https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.07.008.

35.Wang, Z., Cai, Q., & Wei, G. (2023). Modified TODIM method based on cumulative prospect theory with Type-2 neutrosophic number for green supplier selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 126, Part B, 106843. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106843.

36.Yazdani, M., Ebadi Torkayesh, A., Stević, Ž., Chatterjee, P., Asgharieh Ahari, S., Hernandez, V.D. (2021). An interval valued neutrosophic decision-making structure for sustainable supplier selection. *Expert Systems with Applications*, 183, 115354. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.115354.

37.Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets, *Information and Control*, 8,3,338-353. http://dx.doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X.

38.Zouggari, A., & Benyoucef, L. (2012). Simulation based fuzzy TOPSIS approach for group multi-criteria supplier selection problem, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *25*, 507–519. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2011.10.012.

References [In Persian]

1.Eslami, E. (2018). Fuzzy sets theory and its extensions. *Fuzzy systems and applications*, 1(1), 1-22 [In Persian].