Industrial Management Studies
Vol. 22, No. 73, Summer 2024; P 57-98
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2024.79614.2914

ATU PRESS

Original Research
Accepted: 26/07/2024
Revised: 19/07/2024
Received: 24/05/2024
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

Supplier Selection Problem Using Combined Approaches of Neutrosophic-Based Quality Function Deployment and EDAS

Mehdi Seifbarghy *
Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Alzahra University, Tehran, Iran

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

Abstract
The evaluation and selection of suppliers is a crucial issue in supply chain management. This problem has grown increasingly uncertain due to the influence of imprecise parameters, and various tools have been proposed for weighting criteria and evaluating supplier scores for each criterion. Neutrosophic numbers, a modern tool for handling uncertainty, ambiguity, and inconsistency, are introduced to tackle such challenges. As the most comprehensive form of non-classical logic after fuzzy and intuitionistic fuzzy logic, Neutrosophic logic assigns degrees of membership, non-membership, and hesitation independently between zero and one. In this research, the quality function deployment (QFD) technique is developed in a Neutrosophic environment to identify and weigh supplier evaluation criteria. Additionally, the Neutrosophic EDAS approach is proposed for selecting top suppliers. A numerical study of the pharmaceutical industry demonstrates that geographical location and supplier experience are the two most critical criteria, and the second supplier is chosen as the best.

* Corresponding Author: m.seifbarghy@alzahra.ac.ir
How to Cite: Seifbarghy, M., Yousefi, M. (2024). Supplier Selection Problem Using Combined Approaches of Neutrosophic-Based Quality Function Deployment and EDAS, *Industrial Management Studies, 22(73),* 57-98.

Introduction

In today's highly competitive business environment, where customer demands are increasingly diverse and uncertain, supply chain agility is critical for timely and effective responses. The performance of suppliers directly influences a supply chain's success. For example, timely delivery requires agile suppliers, while high-quality production depends on quality suppliers. Evaluating and selecting the right suppliers is a crucial factor in supply chain success, and recent research has increasingly focused on this issue. Organizations can enhance their competitive advantage by carefully evaluating and selecting suppliers based on strategic objectives.

This research identifies supplier evaluation criteria from a customer perspective using the QFD technique, which translates customer needs into product functions. A complementary ranking approach, the Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS), is applied for supplier ranking. These techniques are employed in a Neutrosophic environment, which addresses the uncertainty inherent in the supplier evaluation process. Neutrosophic logic accounts for ambiguity by integrating membership, non-membership, and hesitation degrees, thus offering a comprehensive way to handle uncertainty.

Few studies have used QFD to weigh supplier evaluation criteria, and even fewer have incorporated Neutrosophic logic. No previous research has combined QFD and EDAS for supplier evaluation in a Neutrosophic context. This research fills that gap by introducing an innovative integrated methodology.

Research Background

This section gives a brief literature review of the most pertinent research in the field. Abdelbaset et al. (2019) presented a TOPSIS method in a Neutrosophic context for smart medical equipment selection. Nabeeh et al. (2019) used Neutrosophic AHP and TOPSIS for evaluating employees in organizations. Yazdani et al. (2021) employed interval Neutrosophic fuzzy numbers for supplier evaluation, with a focus on stability as a key indicator. Recent research by Alzahrani et al. (2023) applied Neutrosophic AHP for women's university location selection, using TOPSIS and COPRAS methods for evaluating alternatives. Adalı et al. (2023) explored technology forecasting using correlation methods in a Neutrosophic

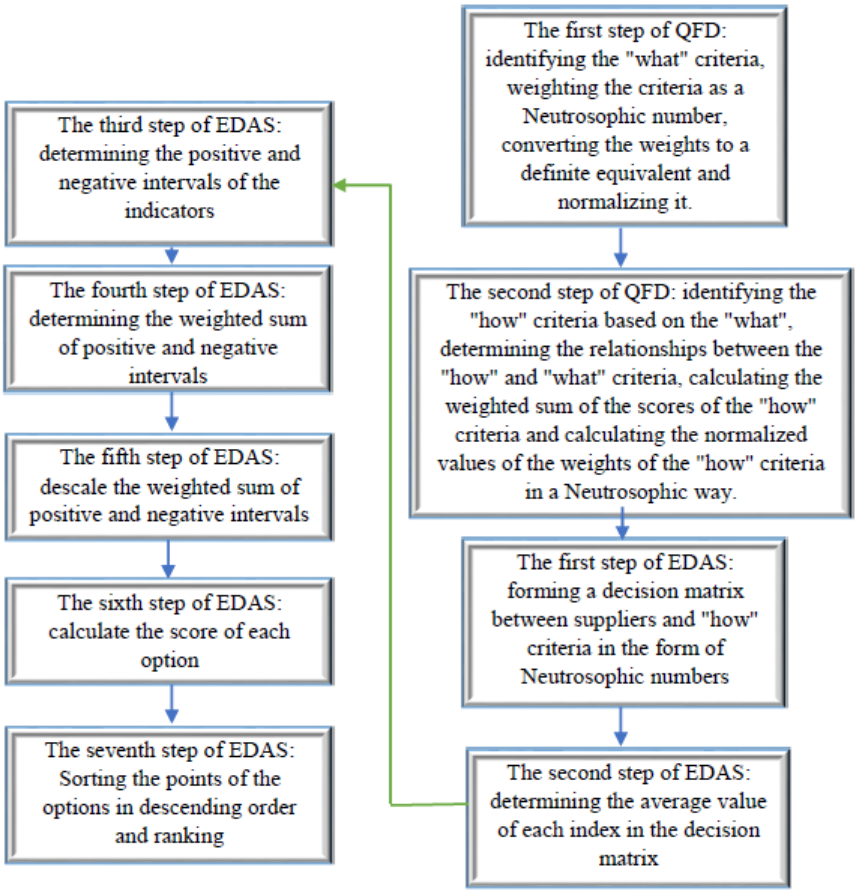
context. Wang et al. (2023) introduced second-type Neutrosophic numbers for green supplier selection, highlighting a new distance criterion. Görçün et al. (2023) applied bi-polar Neutrosophic methods to evaluate logistics service providers, using Delphi for criteria weighting and TOPSIS for evaluation. This research extends these works by combining QFD and EDAS in a Neutrosophic environment, an unexplored approach in supplier evaluation.

Theoritical Foundations

Neutrosophic numbers differ from fuzzy numbers in that they include a third dimension—hesitation—alongside membership and non-membership. Unlike fuzzy logic, where the sum of membership and non-membership is one, Neutrosophic logic assigns degrees to all three components independently, offering greater flexibility. The QFD technique is widely used for transforming customer demands into product design specifications, following a structured "what" and "how" approach. EDAS, a recent multi-criteria decision-making method, ranks options by considering their distance from the mean solution, making it well-suited for Neutrosophic conditions.

Proposed Method

This section presents the proposed integrated methods of QFD and EDAS and their calculations in the Neutrosophic condition. The integrated methodology in this research combines QFD and EDAS within a Neutrosophic framework. QFD is applied to identify supplier evaluation criteria from customer perspectives, which are then weighted using Neutrosophic logic. EDAS ranks the suppliers based on these weighted criteria, considering uncertainty and ambiguity in decision-making. The two methods are seamlessly combined to handle both qualitative and quantitative factors in supplier evaluation.



Case study

A pharmaceutical company serves as the case study for this research. The company produces various drugs and complies with stringent regulations related to drug production, testing, and marketing, which impacts supplier selection. The company's suppliers provide critical raw materials for drug production, and the combined QFD-EDAS method is used in a Neutrosophic environment to evaluate and select these suppliers. The study identifies five key supplier evaluation criteria based on customer needs:

Quality: The quality of the final drug product, influenced by the raw material quality.

Cost: Focuses on price stability in raw material procurement.

Location: The geographical location of the supplier, with closer proximity generally preferred.

Price: The final price of the product offered to customers, with lower prices being preferable.

Delivery: The time taken for the product to reach the customer, where shorter times are better.

Conclusions

This research presented a novel combined QFD-EDAS approach to supplier evaluation and selection under Neutrosophic conditions. Using QFD, customer requirements were translated into supplier evaluation criteria, and EDAS was employed to rank suppliers. The Neutrosophic framework allows for greater flexibility in addressing uncertainty, providing decision-makers with a robust method for handling ambiguous information. The pharmaceutical industry case study demonstrated the practical application and effectiveness of this approach, highlighting the importance of geographical location and supplier experience as key factors. This study is among the first to apply Neutrosophic logic to supply chain evaluation systems, offering valuable insights for future research.

Keywords: Supply Chain Management, Supplier Evaluation and Selection, Quality Function Deployment, EDAS, Neutrosophic Numbers.

مقاله پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۴۰۳/۰۳/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۴/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۰۵

ISSN: 2251/8029

eISSN: 2476-602X

مطالعات مدیریت صنعتی

سال بیست و دوم، شماره ۷۳، تابستان ۱۴۰۳، ص ۵۷ تا ۹۸

jims.atu.ac.ir

DOI: 10.22054/jims.2024.79614.2914

مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان با استفاده از رویکرد ترکیبی گسترش عملکرد کیفی و ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راه‌حل‌ها در محیط نوتروسوفیک

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

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

چکیده

ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از موضوعات مهم در مدیریت زنجیره تأمین است. این مسئله به دلیل تأثیرگذاری پارامترهای نادقیق تبدیل به یکی از مسائل نامتقن در زنجیره تأمین شده است و تاکنون ابزارهای مختلفی در بعد وزن دهی به معیارها و تعیین امتیازات تأمین‌کنندگان از هر معیار پیشنهاد شده است. از طرفی اعداد نوتروسوفیک از ابزارهای نوین برای مواجهه با عدم قطعیت توأم با اطلاعات مبهم است که در سال‌های اخیر معرفی شده است. منطق نوتروسوفیک به‌عنوان جامع‌ترین نوع منطق غیرکلاسیک برای مواجه با عدم قطعیت و نقصان اطلاعات در فرآیند تصمیم‌گیری بعد از منطق فازی و فازی شهودی معرفی شده است به‌نحوی‌که در این منطق درجه عضویت و عدم عضویت و درجه تردید برخلاف منطق فازی شهودی، به‌طور مستقل از هم بین صفر تا یک تعیین می‌شود. در این تحقیق به‌منظور 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 راحل‌ها در شرایط نوتروسوفیک به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان برتر به‌عنوان یک رویکرد جدید استفاده می‌شود. به‌منظور درک بهتر فرایند ترکیبی ارائه‌شده، یک مطالعه عددی در صنعت دارو ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که دو معیار موقعیت جغرافیایی تأمین‌کننده و سال‌های تجربه در صنعت به‌عنوان برترین معیارهای ارزیابی بوده و تأمین‌کننده دوم بهترین تأمین‌کننده می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: مدیریت زنجیره تأمین، ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده، گسترش عملکرد کیفی، ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راحل‌ها، اعداد نوتروسوفیک.

* نویسنده مسئول: m.seifbarghy@alzahra.ac.ir

۱- مقدمه

در شرایط کنونی که رقابت بین سازمان‌ها و زنجیره‌های تأمین به‌طور مدام در حال افزایش است و تقاضای مشتریان در محیط کسب‌وکار متنوع و توأم با عدم قطعیت است، پاسخگویی به‌موقع به این نوع تقاضا، مستلزم عملکرد مناسب و به‌روز در زنجیره تأمین می‌باشد. یک از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد زنجیره‌های تأمین در بازار، عملکرد تأمین‌کنندگان آن‌ها می‌باشد. به‌عنوان‌مثال تحویل به‌موقع محصولات نهایی نیازمند تأمین‌کنندگان چابک بوده درحالی‌که پاسخگویی به کیفیت تقاضا نیازمند تأمین‌کنندگان کیفی می‌باشد. درهرحال 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 تأمین‌کنندگان مناسب و متناسب با استراتژی‌های رقابتی، سازمان‌ها عملکرد بهتری خواهند داشت. استراتژی‌های رقابتی سازمان می‌تواند شامل تحویل به‌موقع، ارائه کالای با کیفیت و یا ارائه کالای با قیمت مناسب باشد که در هر مورد تأمین‌کنندگان می‌توانند نقش پررنگی داشته باشند.

در این تحقیق از تکنیک گسترش عملکرد کیفی (QFD[1]) که یکی از تکنیک‌های مهم بازاریابی و تبدیل خواسته‌های مشتریان در بازار به کارکردها یا عملکردهای محصول تولید شده است، استفاده می‌شود. فلسفه به‌کارگیری این تکنیک برای شناسایی و تعیین وزن معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان به این صورت است: تأمین‌کننده انتخاب‌شده باید نیازهای شرکت را برآورده کند، بنابراین نیازمندی‌های کیفی سازمان خریدار در قالب عبارت «چه چیز» بیان می‌شود. از طرفی برای برآورده کردن نیازمندی‌های ذکرشده لازم است یک سری ویژگی‌های کیفی در تأمین‌کنندگان وجود داشته باشد که در قالب عبارت «چطور» بیان می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر خروجی عبارت «چطور» همان معیارهای موردنظر

1. Quality Function Deployment

ارزیابی خواهد بود. در ادامه با استفاده از رویکرد QFD سنتی وزن معیارها مشخص خواهد شد. پس از شناسایی و تعیین وزن معیارهای موردنظر لازم است از یک رویکرد مکمل برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده شود که در این تحقیق از تکنیک ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راحل‌ها (EDAS[1]) استفاده می‌شود. لازم به ذکر است کلیه تکنیک‌های مورداشاره در فضای نوتروسوفیک پیاده‌سازی خواهد شد که در ادامه به تفاوت‌های آن با منطق فازی سنتی اشاره می‌گردد. این تکنیک یکی از تکنیک‌های رایج در زمینه مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است که گزینه‌ای را انتخاب می‌کند که ازنظر فاصله نسبی تا بدترین و بهترین گزینه در وضعیت مناسب‌تری 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 تأمین‌کنندگان که عموماً به‌عنوان یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره مدل‌سازی می‌گردد، موضوع عدم قطعیت در پارامترهای تأثیرگذار می‌باشد. در زمینه مدل‌سازی و مواجهه با عدم قطعیت در مسئله انتخاب تأمین‌کننده تحقیقات زیادی صورت گرفته است. در بخشی از این تحقیقات از رویکردهای احتمالی یا تصادفی استفاده شده است که عموماً زمانی کاربرد دارد که اطلاعات تاریخی در خصوص پارامترهای درگیر در مسئله وجود داشته باشد. امروزه به دلیل تغییرات سریع در محیط کسب‌وکار عملاً اطلاعات تاریخی چندانی در برخی موارد یا وجود نداشته و یا چندان قابل‌اتکا نمی‌باشد. در شرایطی که عدم قطعیت از نوع ابهام و اطلاعات نادقیق و ناسازگار است به‌طور سنتی از منطق فازی و در سال‌های اخیر فازی شهودی استفاده می‌شود. به‌عنوان‌مثال Tavana et al. (۲۰۲۱) یک مدل یکپارچه فازی برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین دیجیتال پیشنهاد کردند.

همان‌طور که قبلاً بدان اشاره شد، انتخاب تأمین‌کننده می‌تواند به‌عنوان یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفته شود و شامل معیارهای کیفی و کمی باشد. دو بخش

1. Evaluation based on Distance from Average Solutions

اصلی از فرآیند انتخاب تأمین‌کننده شامل شناسایی و تعیین معیارهای ارزیابی و سپس تعیین وزن یا اولویت آن‌ها می‌باشد.

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 به‌خصوص در شرایط نوتروسوفیک که موضوع عضویت، عدم عضویت و درجه‌ای از شک و تردید را برای تصمیم‌گیرنده قائل است، بسیار محدودتر می‌باشد و در صورت وجود نیز صرفاً به این موضوع پرداخته است. همچنین بر اساس جستجوهای محققین، تکنیک رتبه‌بندی EDAS در شرایط نوتروسوفیک قبلاً بررسی نشده است. بدیهی است که ترکیب دو ابزار یادشده یعنی QFD و EDAS برای وزن دهی و رتبه‌بندی در شرایط نوتروسوفیک تاکنون موردبررسی قرار نگرفته و برای اولین بار در این تحقیق بدان پرداخته می‌شود؛ بنابراین نوآوری‌های خاص این تحقیق را می‌توان به‌صورت زیر برشمرد:

- توسعه روش QFD در شرایط نوتروسوفیک برای وزن دهی معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان (معیارهای چطور) بر اساس معیارهای چه چیز
- توسعه روش EDAS در شرایط نوتروسوفیک برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان
- به‌کارگیری روش توسعه داده‌شده 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 می‌شود. در بخش ۳، مبانی نظری تحقیق ارائه می‌شود. در بخش ۴، نحوه به‌کارگیری تکنیک‌های ترکیبی تحقیق در محیط نوتروسوفیک ارائه می‌شود. در بخش ۵، یک مطالعه موردی واقعی برای اعتبارسنجی قابلیت اجرای رویکرد موردنظر ارائه و در بخش ۶، نتیجه‌گیری و تحقیقات آتی ارائه می‌گردد.

۲- پیشینه پژوهش

در بخش قبل به توضیح مجموعه‌های فازی، فازی شهودی و نوتروسوفیک و همچنین مسئله انتخاب تأمین‌کننده پرداختیم. عمده تحقیقات انتخاب تأمین‌کننده 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 تأمین‌کننده ارائه دادند تا اثربخشی مدیریت انتخاب تأمین‌کننده را تضمین کنند. یک مدل سلسله مراتبی بر اساس تئوری مجموعه‌های فازی توسط Chen et al. (۲۰۰۸) برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده 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 تأمین‌کننده نشان دهند. Ha & Krishnan (۲۰۰۸) با ترکیب دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و تحلیل سلسله مراتبی روش نوینی را برای انتخاب بهترین تأمین‌کننده معرفی کردند. آن‌ها از تحلیل سلسله مراتبی برای وزن دهی معیارها و از تحلیل پوششی داده‌ها برای انتخاب نهایی تأمین‌کننده استفاده کردند. Lee et al. (۲۰۰۸) یک روش تصمیم‌گیری را به‌صورت ترکیب QFD و روش فرایند تحلیلی شبکه‌ای (ANP[1]) پیشنهاد دادند. Önüt et al. (۲۰۰۹) یک رویکرد ارزیابی تأمین‌کننده 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 تأمین‌کننده استفاده کردند. Ho et al. (۲۰۱۰) بیان کردند که تحلیل پوششی داده‌ها (DEA[2]) یکی از تکنیک‌های پرکاربرد و رایج برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده در صنایع مختلف است و برنامه‌ریزی آرمانی (GP[3]) و فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP[4]) گسترده‌ترین تکنیک‌های یکپارچه برای مدل‌سازی و حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده بوده‌اند. آن‌ها همچنین عنوان کردند کیفیت و تحویل، معیارهای رایج برای انتخاب تأمین‌کننده هستند. Aliakbari & Seifbarghy (۲۰۱۱) این مسئله را با در نظر گرفتن مسئولیت اجتماعی

1. Analytic Network Process
2. Data Envelopment Analysis
3. Goal Programming
4. Analytical Hierarchy Process

موردبررسی قرار دادند. Kumaraswamy et al. (۲۰۱۱) یک چارچوب ترکیبی از QFD با تکنیک TOPSIS برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد دادند. Bevilacqua et al. (۲۰۱۱) از اعداد فازی در QFD برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده 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 تأمین‌کننده بر اساس TOPSIS فازی پیشنهاد دادند. Rajesh & Malliga (۲۰۱۳) یک روش ترکیبی QFD و AHP برای مسئله 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 مسئله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد دادند. همچنین، Dursun & Şener (۲۰۱۴) یک روش تصمیم‌گیری گروهی چند معیاره فازی را با ترکیب QFD و تصمیم‌گیری آزمایشگاه ارزیابی و آزمون تصمیم‌گیری (DEMATEL[1]) برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد کردند. یکپارچه‌سازی QFD و AHP فازی توسط Jovanović & Delibašić (۲۰۱۴) برای انتخاب تأمین‌کنندگان 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[2]) و TOPSIS برای انتخاب تأمین‌کننده مواد پیشنهاد کرد. Oroojeni Mohammad Javada et al. (۲۰۲۰) از TOPSIS فازی و روش بهترین- بدترین (BWM[3]) در یک مطالعه موردی برای انتخاب

1. Decision making trial and evaluation laboratory
2. Grey Relational Analysis
3. Best Worst Method

تأمین‌کنندگان شرکت فولاد خوزستان استفاده کردند. Menon & Ravi (۲۰۲۲) از ترکیب فازی و AHP برای انتخاب تأمین‌کننده در صنعت الکترونیک استفاده کردند. استفاده از مدل‌های فازی و فازی شهودی در انتخاب تأمین‌کننده در بسیاری از کارهای تحقیقاتی پیشین مشاهده می‌شود. بااین‌حال، استفاده از اعداد نوتروسوفیک به‌عنوان نسخه پیشرفته مدل‌سازی عدم قطعیت و ابهام در مسائل مختلف مدیریت زنجیره تأمین به‌خصوص ارزیابی تأمین‌کنندگان تاکنون بسیار محدود بوده است. Alzahrani et al. (۲۰۲۳) بر روی مسئله مکان‌یابی دانشگاه مخصوص بانوان با استفاده از روش AHP نوتروسوفیک برای وزن دهی شاخص‌ها و روش‌های TOPSIS و COPRAS[1] برای ارزیابی گزینه‌ها کار کردند. Adalı et al. (۲۰۲۳) از روش همبستگی بین معیارها برای وزن دهی به شاخص‌های ارزیابی و تکنیک ARAS[2] در شرایط نوتروسوفیک برای ارزیابی روش‌های مختلف پیش‌بینی تکنولوژی استفاده نمودند.

به‌طور خاص در رابطه با مسئله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در شرایط نوتروسوفیک می‌توان به سه تحقیق اشاره نمود: Yazdani et al. (۲۰۲۱) از اعداد فازی نوتروسوفیک بازه‌ای برای مسئله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن پایداری تأمین‌کنندگان به‌عنوان یک شاخص کلیدی استفاده کردند. ایشان از روش همبستگی بین معیارها برای وزن دهی معیارها و روش CoCoSo[3] برای ارزیابی استفاده کردند. این تحقیق در صنعت لبنیات پیاده‌سازی گردید. همچنین Wang et al. (۲۰۲۳) از اعداد نوتروسوفیک نوع دوم برای مسئله یادشده 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 یادشده می‌باشد. Görçün et al. (۲۰۲۳) از روش‌شناسی نوتروسوفیک دوقطبی برای ارزیابی فراهم آورندگان خدمات لجستیک محصولات کشاورزی و سبزیجات استفاده نمودند. از روش

1. Complex Proposition Assessment
2. Additive ratio assessment
3. Combined compromise solution

دلفی برای شناسایی و وزن دهی به شاخص‌ها و از روش TOPSIS برای ارزیابی استفاده نمودند.

جدول ۱ نشان‌دهنده خلاصه‌ای از خلاصه تحقیقات روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در شرایط نوتروسوفیک ارائه می‌کند. بر اساس این جدول می‌توان نتیجه گرفت، مطالعه‌ای در مورد ترکیب QFD و EDAS در محیط نوتروسوفیک به‌صورت یکپارچه مشاهده نگردید. ضمناً به‌طور خاص به‌کارگیری روش ترکیبی مورداشاره برای مسائل زنجیره تأمین نیز مشاهده نگردید. در این پژوهش با استفاده از ترکیب QFD-EDAS در محیط نوتروسوفیک به رتبه‌بندی و ارزیابی تأمین‌کنندگان پرداخته می‌شود.

جدول ۱. خلاصه تحقیقات روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در شرایط نوتروسوفیک

عنوان تحقیق	روش وزن دهی	روش رتبه‌بندی	حوزه کاربرد
Abdel-Basset et al. (2019)	تصمیم‌گیری 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 تأمین‌کنندگان در صنعت لبنیات
Alzahrani et al. (2023)	AHP نوتروسوفیک	TOPSIS COPRAS نوتروسوفیک	مکان‌یابی دانشگاه مخصوص بانوان
et al. Adalı (2023)	تکنیک همبستگی بین معیارها	ARAS نوتروسوفیک	ارزیابی روش‌های پیش‌بینی تکنولوژی
Wang et al. (2023)	آنتروپی	TODIM نوتروسوفیک	ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز
Görçün et al. (2023)	دلفی توسعه‌یافته با نوتروسوفیک فازی دو قطبی	VIKOR نوتروسوفیک	ارزیابی فراهم آورندگان خدمات لجستیک در کشاورزی
این تحقیق	QFD نوتروسوفیک	EDAS نوتروسوفیک	ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت دارو

۳- مبانی نظری

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

۳-۱- مبانی مجموعه‌های نوتروسوفیک

Zadeh (۱۹۶۵) نظریه مجموعه‌های فازی را به‌عنوان تعمیمی از مجموعه‌های معمولی معرفی نمود مطرح نمود. فرض کنید X مجموعه مرجع باشد. مجموعه فازی $\tilde{A}$تعریف‌شده روی X عبارت است از اعضای x با درجه عضویت$\mu_A(\mathrm{X})$. درجه عضویت $\mu_A(\mathrm{X})$بین صفر و یک می‌باشد و نشان‌دهنده میزان عضویت عناصر x در مجموعه $\tilde{A}$ مطابق رابطه (۱) می‌باشد.

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

هرچند نظریه مجموعه‌های فازی از عهده عدم اطمینان‌های ناشی از ابهام یا تعلقات جزئی به یک مجموعه به‌طور موفق عمل کرده است، ولی نمی‌تواند همه حالات عدم اطمینان که غالباً در مسائل زندگی واقعی و مختلف وجود دارد مخصوصاً مسائلی که با اطلاعات ناکافی سروکار دارند را مدل‌سازی کند. درواقع منطق فازی صرفاً به‌منظور مواجهه با شرایطی که شواهد موافق و مخالف در خصوص یک گزاره وجود دارد کاربرد دارد؛ به‌عبارت‌دیگر بعضاً 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 شود که در آن درجه عضویت $\mu(x)$ و درجه عدم عضویت $\upsilon(x)$ الزاماً متمم یکدیگر نیستند و تصمیم‌گیرنده با حالت سومی با عنوان نامعینی یا تردید مواجه است به‌گونه‌ای که مطابق رابطه (۲) درجه نامعینی $\pi(x)$ بر اساس درجه عضویت و درجه عدم عضویت تعیین می‌گردد (Atanassov, 1986).

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

درواقع مجموعه فازی شهودی، تعمیم‌یافته مجموعه‌های فازی معمولی است و به‌صورت رابطه (۳) بیان می‌گردد. (اسلامی،۱۳۹۷).

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

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

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

Smarandache (۲۰۰۵) مفهوم مجموعه‌های نوتروسوفیک را از دیدگاه فلسفی مطرح کرد. او معتقد است که این نوع مجموعه‌ها نه‌تنها درجه عضویت و درجه عدم عضویت را دارند بلکه عدم سازگاری را نیز موردتوجه قرار می‌دهند؛ به‌عبارت‌دیگر به مفاهیم «درستی» و «نادرستی» به‌صورت نسبی و مطلق می‌نگرد به‌گونه‌ای که درستی یا نادرستی نسبی ممکن است از یک فردبه‌فرد دیگر متفاوت باشد درحالی‌که درستی یا نادرستی مطلق مستقل از افراد است. منطق نوتروسوفیک سه جنبه از وضعیت تصمیم‌گیری را در قالب توابع درستی عضویت T(x)، نامعینی عضویت I(x) و نهایتاً نادرستی عضویت F(x)در نظر گرفته و علاوه بر افزایش انعطاف‌پذیری، بر دقت قضاوت و ارزیابی می‌افزاید. در منطق نوتروسوفیک تابع نامعینی عضویت برخلاف منطق فازی شهودی مستقل از توابع درستی و نادرستی عضویت می‌باشد، به‌عبارت‌دیگر معادل باقیمانده درجه عضویت پس از کسر درجه عضویت درستی و نادرستی از یک واحد کامل نمی‌باشد؛ بنابراین، مجموعه‌های نوتروسوفیک به‌طور مؤثر و انعطاف‌پذیرتر از مجموعه‌های فازی و فازی شهودی، عدم قطعیت به شکل ابهام را مدل‌سازی می‌کند.

با توجه به توضیحات فوق، مجموعه نوتروسوفیک درواقع تعمیم‌یافته مجموعه فازی شهودی است. مجموعه A یک مجموعه نوتروسوفیک است به‌نحوی‌که به هر عضو xاز مجموعه جهانی X مقداری بین صفر و یک به‌صورت مستقل نسبت دهد. مقدار عددی $T_A(x), I_A(x), F_A(x)$ نشان‌دهنده درجه عضویت x در مجموعه نوتروسوفیک A است که به‌صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود:

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

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

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

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

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 $a_1 \le a_2 \le a_3$ می‌باشند 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.

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

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

1. Single valued triangular neutrosophic number

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

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 می‌باشد.

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

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

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

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

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

به‌منظور گسترش تعریف و به‌خصوص امکان مقایسه اعداد نوتروسوفیک، می‌توان 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.

$$Ef(\tilde{a}) = \frac{1}{16}(a_1 + 2a_2 + a_3)(2 + t_{\tilde{a}} - i_{\tilde{a}} - f_{\tilde{a}}) \quad (۱۵)$$

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 مؤثر 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 به‌صورت زیر می‌باشد:

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

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

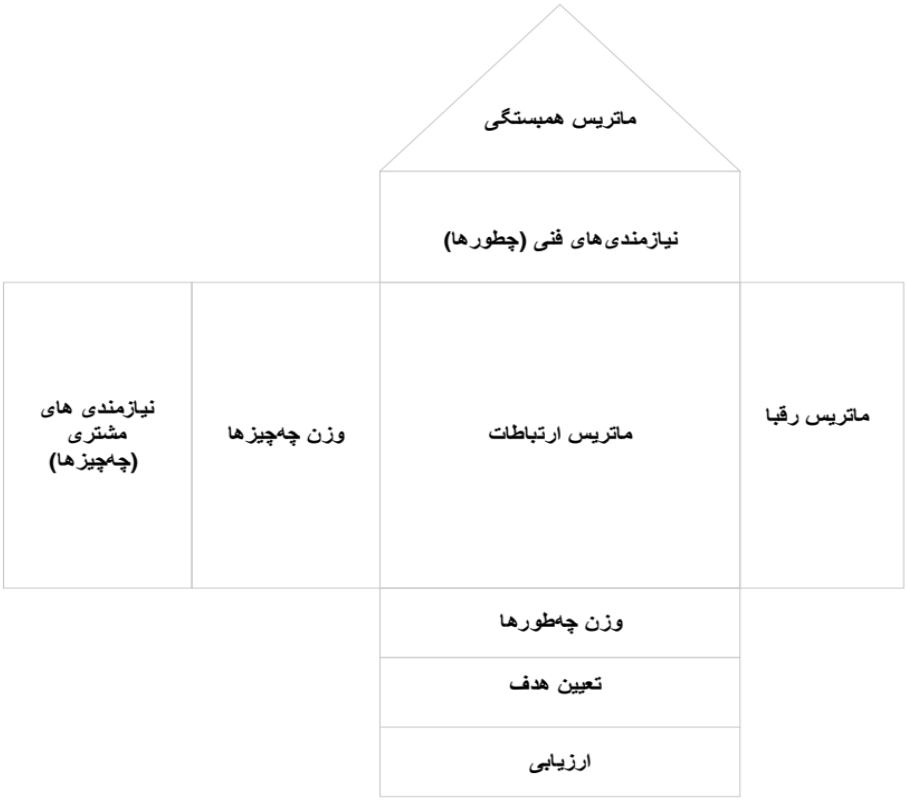
$$Ef(\tilde{a} + \tilde{b}) = \left|\frac{(5 + 2 \times 6 + 7)}{16} \times (2 + 0.5 - 0.6 - 0.5)\right| = 2.1$$

۲-۳- مبانی گسترش عملکرد کیفی

Akao & Mazur (۲۰۰۳) QFD را به‌عنوان ابزاری برای توسعه کیفیت در سازمان‌ها از طریق در نظر گرفتن نیازهای مشتریان می‌داند. درواقع QFD نیازهای کیفی مشتریان سازمان‌ها را به ویژگی‌های کیفی محصول تبدیل می‌کند و به‌عنوان تکنیک صدای مشتری شناخته می‌شود. اجزای سنتی QFD مطابق شکل ۱ می‌باشد. 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 چیزهاست. 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 می‌شود. این ماتریس ارتباطات را با علامت + و - نشان می‌دهد. بخش راست خانه کیفیت شامل ماتریس رقبا است که لیست رقبا و وزن اهمیتشان را نشان می‌دهد. بخش پایین، وزن «چطور»، اهداف و ارزیابی را نشان می‌دهد. منظور از ارزیابی اولویت‌بندی رقبا با توجه به وزنشان است که با نمودار خاصی نشان داده می‌شود.

1. House Of Quality
2. Whats
3. Hows

شکل ۱. نمایش خانه کیفیت آکااو (۲۰۰۳)



۳-۳- مبانی EDAS

روش‌های حل تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌طور گسترده برای انتخاب تعداد محدودی از گزینه‌هایی به کار می‌رود که با معیارهای مختلف مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. 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 گزینه‌های مختلف با توجه به معیارها می‌باشد که تحت عنوان «ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راحل‌ها» یا EDAS نام‌گذاری شده است. در این روش

و در حالت قطعی، وزن معیارها و عملکرد هر گزینه نسبت به معیارها به‌وسیله مقادیرعددی و قطعی بیان می‌شود. اگر در یک مسئله تصمیم‌گیری چند معیاره، n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به‌منظور انتخاب بهترین گزینه مراحل به شرح زیر است:

گام ۱) تشکیل ماتریس تصمیم با درایه‌های r_{ij} که در آن i اندیس گزینه‌ها و j اندیس معیارهاست.

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

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

گام ۳) تعیین فواصل مثبت و منفی شاخص‌ها: 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 می‌شود:

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

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

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

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

گام ٤) تعیین مجموع موزون فواصل مثبت و منفی در خصوص کلیه گزینه‌ها مطابق روابط (۲۱) و (۲۲) با در نظر داشتن w_j به‌عنوان شاخص معیار j

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

$$SN_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \, NDA_{ij} \quad \forall i \quad (۲۲)$$

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

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max\limits_i(SP_i)} \quad \forall i \qquad (۲۳)$$

$$NSN_i = \frac{SN_i}{\max\limits_i(SN_i)} \quad \forall i \qquad (۲۴)$$

گام ٦) محاسبه امتیاز هر گزینه مطابق رابطه (۲۵)

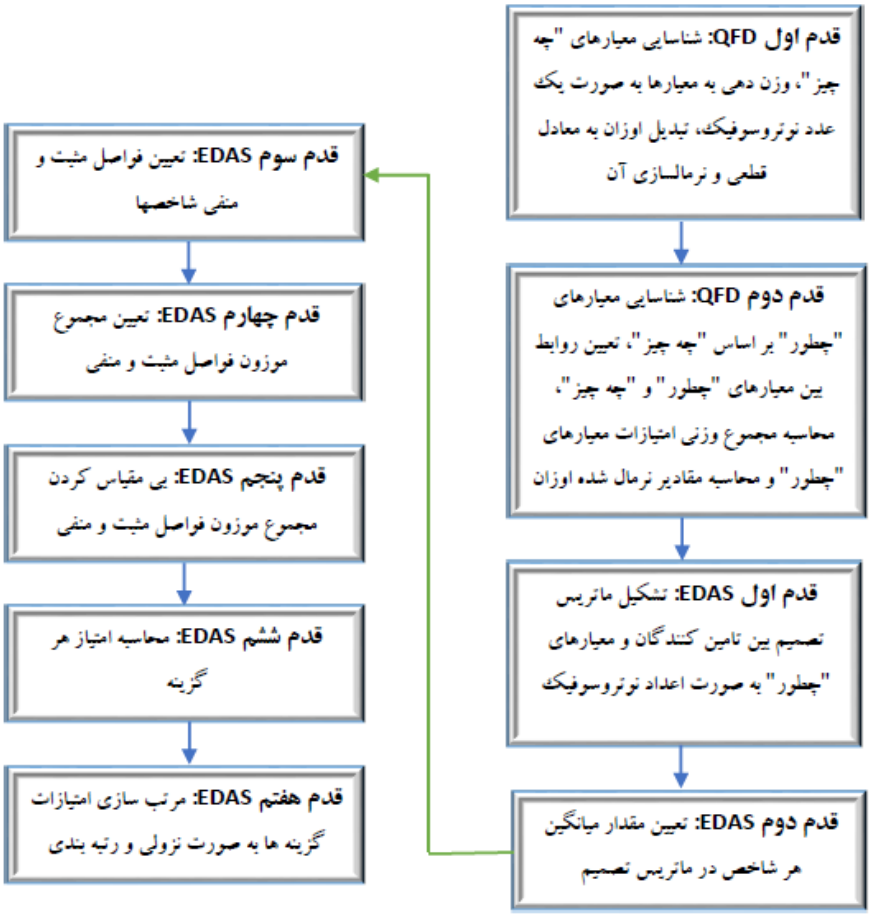
$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i) \quad \forall i \qquad (۲۵)$$

گام ۷) مرتب‌سازی امتیازات گزینه‌ها به‌صورت نزولی و رتبه‌بندی بر اساس بیشترین امتیاز به‌دست‌آمده

٤- روش پیشنهادی ترکیبی QFD و EDAS در محیط نوتروسوفیک

در این بخش، روش‌های پیشنهادی برای محاسبات QFD و EDAS در محیط نوتروسوفیک معرفی می‌گردند. قبل از آن لازم است در قالب شکل 2 مراحل مختلف این تحقیق بیان شود.

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



٤-١- 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 معمولاً در شرایط واقعی وجود دارد ناتوان است. به همین دلیل نسخه این تکنیک در محیط نوتروسوفیک ارائه می‌گردد تا مواجهه مناسب‌تری با اطلاعات مبهم داشته باشیم. جدول ۲ نشان‌دهنده مقیاس‌های ساعتی و اعداد نوتروسوفیک معادل آن‌ها می‌باشد که می‌توان برای مقایسه دو معیار به‌صورت زوجی به

کار برد. در این جدول رابطه کاملاً مهم مقدار $\tilde{9}$، رابطه کمی مهم مقدار $\tilde{3}$ و رابطه یکسان مقدار $\tilde{1}$ به خود می‌گیرد.

جدول ۲. مقیاس‌های ساعتی و اعداد نوتروسوفیک معادل آن‌ها (ساروکان و همکاران، ۲۰۲۱)

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

مراحل روش پیشنهادی QFD در محیط نوتروسوفیک را می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:
قدم اول QFD: ابتدا از طریق پرسشنامه نیازمندی‌ها و با نظرات خبرگان، لیست معیارهای چطور و چه‌چیز را به دست آورده و سپس ماتریس همبستگی بین معیارهای «چه‌چیز» را به کمک مقیاس‌های جدول ۲ تشکیل دهید. در ادامه جمع سطری وزن‌های معیارهای مرتبط با «چه‌چیز» را به دست 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 می‌دهد.

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

ازآنجایی‌که $\tilde{w}_i$ هنوز یک عدد نوتروسوفیک مثلثی است، به کمک رابطه تابع ارزیابی ارائه‌شده در رابطه (۲۷) آن را به معادل قطعی آن تبدیل می‌کنیم:

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

در ادامه مقدار $v_i = Ef(\widetilde{w}_i)$ به‌دست‌آمده را به کمک رابطه (۲۸) نرمال می‌کنیم.

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

قدم دومQFD : ماتریس ارتباطات بین معیارهای چه‌طور و چه‌چیز را تشکیل داده و با استفاده از آن وزن چه‌طورها را به دست بیاورید. بدین منظور از مقادیر جدول ۲ برای تشکیل این ارتباطات استفاده کنید به‌طور مثال از مقادیر نوتروسوفیک $\tilde{۹}$،$\tilde{۳}$ و $\tilde{۱}$ که به ترتیب به معنای کاملاً مهم، کمی مهم و به‌طور یکسان است استفاده کنید. برای راحتی رابطه کاملاً مهم که رابطه قوی می‌باشد را با (S^1)، رابطه کمی مهم که تقریباً 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 به‌جای محاسبه میانگین سطری، میانگین ستونی موزون باید مورداستفاده قرار گیرد. این مورد در مثال عددی ارائه‌شده با جزئیات نشان داده خواهد شد. نهایتاً می‌توان تابع ارزیابی معرفی‌شده در رابطه (۱۵) را بکار گرفته و وزن‌های نرمال شده را به‌صورت قطعی محاسبه نمود، هرچند می‌توان با همان اوزان نوتروسوفیک نیز کار را ادامه داد. در ادامه پس از تعیین لیست رقبا ماتریس اولیه گزینه‌ها (یعنی تأمین‌کنندگان) و معیارها آماده تشکیل خواهد بود. فرض کنید وزن معیارهای «چطور» را که به‌صورت اعداد نوتروسوفیک به‌دست‌آمده‌اند با نماد $\{\widetilde{wh}_1, \widetilde{wh}_2, \dots, \widetilde{wh}_n\}$نمایش دهیم. نماد n در این مرحله تعداد معیارهای «چطور» را نشان می‌دهد. دراین‌صورت می‌توان ماتریس تصمیم را در حالت نوتروسوفیک تشکیل و گزینه‌های موردنظر را مطابق گام بعدیتصمیم‌گیری روشهای تصمیم‌گیری رتبه‌بندی کرد.

1. Strong
2. Moderate
3. Weak

۲-٤- EDAS در محیط نوتروسوفیک

مراحل روش EDAS در محیط نوتروسوفیک به شرح زیر است:

قدم اول EDAS: ماتریس تصمیم (گزینه‌ها- معیارها) را که مقادیر آن اعداد آن به‌صورت نوتروسوفیک هستند طبق رابطه (۲۹) تشکیل دهید.

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

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

قدم دوم EDAS : تعیین مقدار میانگین هر شاخص با استفاده از رابطه (۳۰) به‌صورت یک عدد نوتروسوفیک

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

قدم سوم EDAS : تعیین فواصل مثبت و منفی به‌صورت 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 می‌شود:

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

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

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

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

باید توجه داشت که جهت ساده‌تر شدن محاسبات عملاً در مورد مثلاً شاخص‌های مثبت مقدار عدد نوتروسوفیک عبارت $\frac{(\tilde{r}_{ij} - \widetilde{AV}_j)}{\widetilde{AV}_j}$ را به دست آورده و سپس مقدار تابع ارزیابی معادل آن را بر اساس رابطه (۱۵) به دست می‌آوریم. درصورتی‌که مقدار تابع ارزیابی مثبت باشد، به‌عنوان فاصله مثبت و درصورتی‌که منفی باشد، قدر مطلق آن را به‌عنوان فاصله منفی در نظر می‌گیریم. بنابراین عملاً مقادیر فواصل مثبت و منفی را می‌توان به‌صورت قطعی و به فرم PDA_{ij} و NDA_{ij} نشانداد.

قدم چهارم EDAS: تعیین مجموع موزون فواصل مثبت و منفی در خصوص کلیه گزینه‌ها به‌صورت اعدادی نوتروسوفیک مطابق روابط (۳۵) و (۳۶) با در نظر داشتن $\widetilde{wh}_j$ به‌عنوان شاخص معیار j به‌صورت 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) به‌صورت نوتروسوفیک. توجه شود در محاسبه ماکسیمم مخرج کسرها از تابع ارزیابی (رابطه (۱۵)) می‌توان برای به دست 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) به‌صورت عددی نوتروسوفیک

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

قدم هفتم EDAS: مرتب‌سازی امتیازات گزینه‌ها به‌صورت نزولی و رتبه‌بندی بر اساس بیشترین امتیاز به‌دست‌آمده بر اساس تابع ارزیابی (رابطه (۱۵))

۵-مطالعه موردی

مطالعه موردی ارائه‌شده مرتبط با یک شرکت فرضی دارویی می‌باشد.

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 تأمین‌کنندگان 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 تأمین‌کنندگان مختلف تهیه کند. به دلیل ابهام موجود در برخی اطلاعات از روش ترکیبی QFD-EDAS در محیط نوتروسوفیک استفاده می‌شود.

۵-۲- شناسایی شاخص‌های کیفی «چه چیز» و تعیین اوزان نسبی

در این مرحله از پرسشنامه‌هایی برای شناسایی نیازهای مشتریان استفاده می‌شود. بر اساس نتایج این پرسشنامه، نیازمندی‌های شرکت داروسازی برای فرآیند خرید مواد اولیه شیمیایی از تأمین‌کنندگان خارجی مطابق ۵ معیار زیر است:

کیفیت: منظور کیفیت محصول نهایی یعنی دارو است که مستقیماً متأثر از کیفیت مواد می‌باشد.

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

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

قیمت: قیمت تمام‌شده محصول نهایی ارائه‌شده به مشتری می‌باشد که قاعدتاً هرچقدر پایین‌تر باشد بهتر است.

تحویل: منظور زمانی است که طول می‌کشد تا محصول به مشتری تحویل داده شود که قاعدتاً هرچقدر کمتر باشد بهتر است.

برای محاسبه وزن معیارهای «چه چیز» با استفاده از اعداد جدول ۲ و روابط (۲۳) تا (۲۵) استفاده می‌شود. جدول ۳ ماتریس مقایسه زوجی معیارهای مربوطه بر اساس نظرات خبرگان می‌باشد. 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	$\langle(\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3});0.60,0.35,0.40\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
هزینه	$\langle(1,2,3);0.40,0.65,0.60\rangle$	$\langle(\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3});0.60,0.35,0.40\rangle$	$\langle(\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2});0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$
موقعیت	$\langle(2,3,4);0.50,0.75,0.70\rangle$	$\langle(\frac{1}{5},\frac{1}{4},\frac{1}{3});0.50,0.75,0.70\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(2,3,4);0.30,0.75,0.70\rangle$	$\langle(\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2});0.30,0.75,0.70\rangle$
قیمت	$\langle(\frac{1}{6},\frac{1}{5},\frac{1}{4});0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(3,4,5);0.50,0.75,0.70\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$	$\langle(\frac{1}{6},\frac{1}{5},\frac{1}{4});0.80,0.15,0.20\rangle$
تحویل	$\langle(1,1,1);0.50,0.50,0.50\rangle$	$\langle(4,5,6);0.80,0.15,0.20\rangle$	$\langle(\frac{1}{4},\frac{1}{3},\frac{1}{2});0.50,0.75,0.70\rangle$	$\langle(\frac{1}{3},\frac{1}{2},\frac{1}{1});0.40,0.65,0.60\rangle$	$\langle(3,4,5);0.60,0.35,0.40\rangle$

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

جدول ٤. محاسبات مرتبط با میانگین سطرها برای هر معیار

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

$\widetilde{w}_2 = \frac{< (3.45, 4.58, 5.83); 0.3, 0.75, 0.7 >}{5}$	$\widetilde{w}_2 =< (0.7, 0.9, 1.2); 0.3, 0.750.7 >$
$\widetilde{w}_3 = \frac{< (5.45, 7.58, 9.83); 0.3, 0.75, 0.7 >}{5}$	$\widetilde{w}_3 =< (1.1, 1.5, 1.9); 0.3, 0.750.7 >$
$\widetilde{w}_4 = \frac{< (7.3, 9.4, 11.5); 0.5, 0.75, 0.7 >}{5}$	$\widetilde{w}_4 =< (1.4, 1.8, 2.3); 0.5, 0.750.7 >$
$\widetilde{w}_5 = \frac{< (8.58, 10.83, 13, 5); 0.4, 0.75, 0.7 >}{5}$	$\widetilde{w}_5 =< (1.7, 2.2, 2.7); 0.4, 0.75, 0.7 >$

حال طبق رابطه (۲۷)، وزن‌های نوتروسوفیک به مقدار قطعی معادل تبدیل می‌شوند:

$$Ef(\widetilde{w}_1) = |(1.2 + 2 \times 2 + 2.4)/16 \times (2 + 0.3 - 0.75 - 0.7)| = 0.404$$
$$Ef(\widetilde{w}_2) = |(0.7 + 2 \times 0.9 + 1.2)/16 \times (2 + 0.3 - 0.75 - 0.7)| = 0.197$$
$$Ef(\widetilde{w}_3) = |(1.1 + 2 \times 1.5 + 1.9)/16 \times (2 + 0.3 - 0.75 - 0.7)| = 0.319$$
$$Ef(\widetilde{w}_4) = |(1.4 + 2 \times 1.8 + 2.3)/16 \times (2 + 0.5 - 0.75 - 0.7)| = 0.479$$
$$Ef(\widetilde{w}_5) = |(1.7 + 2 \times 2.2 + 2.7)/16 \times (2 + 0.4 - 0.75 - 0.7)| = 0.522$$

نهایتاً به کمک رابطه (۲۸) نرمال‌سازی وزن‌های «چه چیز» انجام و نتایج مطابق جدول ۵ حاصل می‌شود.

جدول ۵.. مقادیر نرمال شده وزن‌های «چه چیز»

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

۵-۳- شناسایی شاخص‌های 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 تأمین‌کننده بالاتر باشد، قاعدتاً معیارهای موردنظر بیشتر رعایت می‌گردد.
- ✓ سیستم‌های مدیریت کیفیت: به مفهوم برخورداری از گواهینامه‌های مدیریت کیفیت مانند ایزو می‌باشد و بیانگر آن است که تأمین‌کننده برای اجرای استانداردهای لازم و لحاظ کردن خواسته مشتریان، خود را متعهد می‌داند.
- ✓ موقعیت جغرافیایی: منظور مکان استقرار تأمین‌کننده می‌باشد که قاعدتاً قرار داشتن در کشورهای نزدیک‌تر با زمان حمل کمتر و یا کشورهایی که دارای روابط اقتصادی مناسب‌تر هستند، از مزیت برخوردار هستند.
- ✓ ثبات مالی: این معیار اطمینان می‌دهد که تأمین‌کننده دارای ثبات مالی بوده و از پایداری در برابر حوادث مانند کووید برخوردار است.
- ✓ ایمنی مواد خام: ایمنی مواد خام عامل مهمی در انتخاب تأمین‌کنندگان 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 تأمین‌کننده می‌باشد.
- ✓ برنامه‌های تخفیفات: شامل ارائه انواع مختلفی از تخفیفات از طرف تأمین‌کننده می‌باشد.

مطابق قدم دوم QFD نوتروسوفیک در بخش ۴-۱ ماتریس ارائه‌شده در جدول ۶ تکمیل می‌گردد. طبق این جدول به‌عنوان‌مثال معیار سال‌های تجربه صنعت (دارویی) تأثیر قوی روی کیفیت دارد درحالی‌که همین عامل روی قیمت محصول نهایی تأثیر ضعیفی دارد اما روی زمان تحویل محصول نهایی تأثیر متوسطی دارد.

نحوه تبدیل مقادیر S,M,W به اعداد معادل نوتروسوفیک به‌صورت زیر می‌باشد. با جایگذاری مقادیر و ضرب مقادیر وزن معیارهای «چه چیز» در مقادیر هر ستون از

معیارهای «چطور» و نهایتاً جمع آن‌ها، مقادیر اوزان معیارهای چطور به‌صورت 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 ٦. ماتریس رابطه بین چه چیزها و چطورها

برنامه‌های تخفیفات	رفتار سازمانی	ایمنی مواد خام	ثبات مالی	موقعیت جغرافیایی	سیستم‌های مدیریت کیفیت	سال‌های تجربه در صنعت	وزن معیارهای چه چیز	معیارهای چه چیز
	M	S			S	S	۰,۲۱۰	کیفیت
S		W	S	W		W	۰,۱۰۳	هزینه
						W	۰,۱۶۶	موقعیت
M				W		W	۰,۲۴۹	قیمت
	M	W		S		M	۰,۲۷۲	تحویل

جدول ۷. اوزان معیارهای «چطور» به‌صورت اعداد نوتروسوفیک

معیارهای چطور	اوزان به‌صورت اعداد نوتروسوفیک	مقدار وزن نرمال شده به‌صورت 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⟩
سیستم‌های 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⟩

معیارهای چطور	اوزان به‌صورت اعداد نوتروسوفیک	مقدار وزن نرمال شده به‌صورت عدد نوتروسوفیک
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⟩
برنامه‌های 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 به‌صورت 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⟩

٤-٥- تشکیل ماتریس تصمیم بین گزینه‌ها و شاخص‌های کیفی «چطـور» در محیط نوتروسوفیک

در این خصوص ۵ تأمین‌کننده مواد اولیه دارو را در نظر می‌گیریم. امتیاز کسب‌شده توسـط هر تأمین‌کننده از هر معیار به‌جز معیار «سال‌های تجربه در صـنعت» را می‌تـوان از جـدول ۸ تعیین نمود. بر اساس قضاوت خبرگان و البته اطلاعـات موجـود کـه بعضـاً بـا ابهـام و عـدم قطعیت نیز مواجه است، ماتریس تصمیم مطابق جدول ۹ حاصل شده است. در این مـاتریس معیار «سال‌های تجربه در صنعت» به صوت عدد نوتروسوفیک و سایر معیارها نیز بـر اسـاس توصـیفات جـدول ۸ مشـخص شـده‌اند کـه قاعـدتاً بـرای ادامـه حـل می‌تـوان معـادل عـدد نوتروسوفیک آن‌ها را جاگذاری نمود.

جدول ۸. مقیاس‌های ساعتی و اعداد نوتروسوفیک معادل آن‌ها برای بیان بزرگی گزینه‌ها

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

جدول ۹. ماتریس تصمیم گزینه‌ها و معیارها

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

۵-۵- پیاده‌سازی روش EDAS در محیط نوتروسوفیک

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

جدول ۱۰. مقدار میانگین شاخص‌ها به‌صورت 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 به‌صورت مقادیری قطعی محاسبه می‌شود که نتایج آن مطابق جدول ۱۱ و ۱۲ خواهد بود.

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

تأمین‌کننده	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
تأمین کننده ۱	۰	۰,۰۵	۰	۰	۰,۱۸	۰,۱۰	۰
تأمین کننده ۲	۰,۲۸	۰,۰۵	۰	۰	۰	۰	۰,۱۲
تأمین کننده ۳	۰	۰	۰,۲۸	۰,۰۳	۱	۰,۱۰	۰
تأمین کننده ۴	۰,۰۸	۰,۲۳	۰,۰۹	۰,۰۳	۰,۱۸	۰,۱۰	۰
تأمین کننده ۵	۰,۱۰	۰	۰	۰,۱۲	۰	۰	۰,۰۵

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

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

بر اساس قدم چهارم، مجموع فواصل مثبت و منفی موزون برای تأمین‌کنندگان مطابق جدول ۱۳ حاصل می‌گردد.

جدول ۱۳. مجموع فواصل مثبت و منفی موزون

تأمین‌کننده	مجموع فواصل مثبت موزون	مجموع فواصل منفی موزون
تأمین کننده ۱	⟨(۰,۰۳۸, ۰,۰۴۴, ۰,۰۵۱); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۰۶۱, ۰,۰۷۲, ۰,۰۸۰); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩
تأمین کننده ۲	⟨(۰,۰۶۹, ۰,۰۸۵, ۰,۰۹۷); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۰۵۵, ۰,۰۶۴, ۰,۰۷۲); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩
تأمین کننده ۳	⟨(۰,۰۶۰, ۰,۰۷۰, ۰,۰۷۷); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۰۵۶, ۰,۰۶۶, ۰,۰۷۴); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩
تأمین کننده ۴	⟨(۰,۰۹۲, ۰,۱۰۶, ۰,۱۱۸); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۰۰۹, ۰,۰۱۲, ۰,۰۱۵); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩
تأمین کننده ۵	⟨(۰,۰۳۱, ۰,۰۳۸, ۰,۰۴۲); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۰۶۸, ۰,۰۷۷, ۰,۰۸۷); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩

بـر اسـاس قـدم پـنجم، مجمـوع فواصـل مثبـت و منفـی مـوزون بـی مقیـاس شـده بـرای تأمین‌کنندگان مطابق جدول ۱۴ حاصل می‌گردد. مقادیر حداکثر در جـدول فـوق برجسـته شده‌اند.

جدول ١٤. مجموع فواصل مثبت و منفی موزون بی مقیاس شده

تأمین‌کننده	مجموع فواصل مثبت موزون بی مقیاس	مجموع فواصل منفی موزون بی مقیاس
تأمین‌کننده ۱	⟨(۰,۳۲۵, ۰,۴۲۰, ۰,۵۵۶); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۷۰۷, ۰,۹۳۵, ۱,۱۷۵); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩
تأمین‌کننده ۲	⟨(۰,۵۹۰, ۰,۸۰۱, ۱,۰۴۹); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۶۳۵, ۰,۸۲۵, ۱,۰۵۶); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩
تأمین‌کننده ۳	⟨(۰,۵۰۷, ۰,۶۵۹, ۰,۸۳۵); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۶۵۱, ۰,۸۵۹, ۱,۰۹۷); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩
تأمین‌کننده ۴	⟨(۰,۷۸۶, ۱,۰۰۰, ۱,۲۷۲); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۱۰۳, ۰,۱۵۴, ۰,۲۱۹); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩
تأمین‌کننده ۵	⟨(۰,۲۶۲, ۰,۳۵۶, ۰,۴۵۵); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩	⟨(۰,۷۸۳, ۱,۰۰۰, ۱,۲۷۷); ۰,۳, ۰,۷۵, ۰,۷⟩

بر اساس قدم ششم، امتیاز هر تأمین‌کننده به‌صورت عـددی نوتروسـوفیک بـه همـراه مقـدار تابع ارزیابی معادل آن مطابق جدول ۱۵ به دست می‌آید.

جدول ۱۵. امتیازات تأمین‌کنندگان

تأمین‌کنندگان	امتیازات به‌صورت نوتروسوفیک	تابع ارزیابی
تأمین‌کننده ۱	⟨(۰,۵۱۶, ۰,۶۷۸, ۰,۸۶۵); 0.3, 0.75, 0.7⟩	۰,۱۴۵
تأمین‌کننده ۲	⟨(۰,۶۱۳, ۰,۸۱۳, ۱,۰۵۳); 0.3, 0.75, 0.7⟩	۰,۱۷۵
تأمین‌کننده ۳	⟨(۰,۵۷۹, ۰,۷۵۹, ۰,۹۶۶); 0.3, 0.75, 0.7⟩	۰,۱۶۳
تأمین‌کننده ۴	⟨(۰,۴۴۵, ۰,۵۷۷, ۰,۷۴۵); 0.3, 0.75, 0.7⟩	۰,۱۲۵
تأمین‌کننده ۵	⟨(۰,۵۲۳, ۰,۶۷۸, ۰,۸۶۶); 0.3, 0.75, 0.7⟩	۰,۱۴۶

و نهایتاً بر اساس قدم هفتم رتبه‌بندی گزینه‌ها به‌صورت زیر خواهد بود:

۴<۱<۵<۳<۲

بحث و نتیجه‌گیری

اعداد نوتروسوفیک، دارای کارایی و انعطاف‌پذیری بالاتری نسبت به اعداد فازی و حتی فازی شهودی هستند به‌نحوی‌که درجات عضویت، عدم عضویت و نامعینی را که نماینده ابهام است، به‌صورت عددی بین صفر و یک نمایش می‌دهند. درواقع این امکان را برای تصمیم‌گیرنده و یا ارزیابی فراهم می‌کنند که درجات یادشده را به‌طور مستقل به کیفیت مشاهده‌شده نسبت دهند. در این تحقیق یک رویکرد ترکیبی QFD-EDAS برای مسئله ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در شرایط ابهام و با استفاده از اعداد یا منطق نوتروسوفیک ارائه گردید. به کمک روش QFD فاکتورهای موردنظر مشتریان در بازار شناسایی (چه چیزها) و تبدیل به مشخصات موردنیاز تأمین‌کنندگان (چطور) گردید. مراحل روش یادشده با در نظر گرفتن منطق نوتروسوفیک طراحی و پیشنهاد گردید. این منطق انعطاف خوبی به تصمیم‌گیرنده در نسبت دادن مقادیر کمی به کیفی ایجاد می‌کند. همچنین روش جدید EDAS برای رتبه‌بندی گزینه‌ها در شرایط نوتروسوفیک توسعه داده شد و نهایتاً مطالعه عددی در صنعت دارو بر اساس نظر خبرگان صورت گرفت. این تحقیق را می‌توان جزء معدود تحقیقات مرتبط با پیاده‌سازی منطق نوتروسوفیک در سیستم‌های ارزیابی به‌خصوص در زنجیره تأمین دانست.

به‌عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آتی، استفاده از سایر رویکردها رتبه‌بندی نظیر واسپاس، ویکور، کوپراس و مورا در فضای نوتروسوفیک پیشنهاد می‌گردد. همچنین به دلیل اهمیت زیاد وزن شاخص‌ها، می‌توان سایر روش‌های وزن دهی به شاخص‌ها را نیز با QFD ترکیب و احتمالاً به نتایج بهتر یا قابل اتکایی 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 می‌تواند یکی دیگر از توسعه‌های این تحقیق باشد. ایده دیگر استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها در فضای نوتروسوفیک می‌باشد به‌خصوص

در زمانی که اندازه و ابعاد تأمین‌کنندگان متناسب نبوده و لازم است از معیار کارایی برای اندازه‌گیری استفاده کرد.

تعارض منافع

نویسندگان تعارض منافع ندارند.

ORCID
Mehdi Seifbarghy **http://orcid.org/ 0000-0002-0772-4509**
Morvarid Yousefi **http://orcid.org/0009-0007-4202-4659**

منابع

۱. اسلامی، اسفندیار، (۱۳۹۷). نظریه مجموعه‌های فازی و تعمیم‌های آن. *سیستم‌های 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].

استناد به این مقاله: سیف برقی، مهدی.، یوسفی، مروارید. (۱۴۰۳). مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان با استفاده از رویکرد ترکیبی گسترش عملکرد کیفی و ارزیابی مبتنی بر فاصله از متوسط راه‌حل‌ها در محیط نوتروسوفیک، *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۲۲(۷۳)، ۵۷-۹۸. DOI: 10.22054/jims.2024.79614.2914

Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.