

Paper Type: Original Article



Developing a Supplier Selection Model under Uncertainty: A Neutrosophic Decision-Making Application in Khuzestan Gas Company

Hamid Reza Mousakhani¹, Atefeh Amindoust^{1,*} 

¹ Department of Industrial Engineering, Na.C., Islamic Azad University, Najafabad, Iran; hamidreza.mousakhani@iaui.ac.ir; aamindoust@iaui.ac.ir.

Citation:



Mousakhani, H. R., & Amindoust, A. (2026). Developing a supplier selection model under uncertainty: A neutrosophic decision-making application in Khuzestan Gas Company. *Management: Modeling, Analysis and Applications*, 3(2), 113-122.

Received: 27/09/2025

Reviewed: 22/12/2025

Revised: 16/01/2026

Accepted: 13/04/2026

Abstract

Purpose: Supplier selection is a strategic decision in supply chain management that directly influences service quality, operational reliability, costs, and organizational performance. However, supplier evaluation is typically based on multiple criteria and expert judgments that involve varying levels of ambiguity, uncertainty, and incomplete information. Although conventional multi-criteria decision-making methods are widely used for supplier ranking, they offer limited capability in simultaneously modeling truthfulness, indeterminacy, and falsity within expert assessments. Therefore, this study aims to develop and apply a Neutrosophic Simple Additive Weighting (SAW) approach to prioritize and select public-goods suppliers at Khuzestan Gas Company.

Methodology: This research is applied in purpose and exploratory in nature. Supplier evaluation criteria were identified through organizational procedures, literature review, and expert consultations. Eight criteria, including reputation and experience, timely fulfillment of commitments, compliance with tender requirements, after-sales services, Health, Safety, and Environment (HSE) compliance, product and service quality, competitive pricing, and accessibility, were incorporated into the evaluation framework. Data were collected from a panel of six procurement and logistics experts. The conventional Fuzzy SAW method was extended to a Neutrosophic environment, where truth, indeterminacy, and falsity membership functions were used to calculate criteria weights and supplier performance scores prior to the final ranking.

Findings: The results reveal that timely fulfillment of commitments is the most influential evaluation criterion, followed by competitive pricing, product and service quality, and compliance with contractual obligations. The final ranking identified Supplier No. 1 as the highest-performing alternative and the preferred supplier. The findings further demonstrate that the Neutrosophic approach enables the simultaneous consideration of multiple dimensions of uncertainty and offers greater flexibility than traditional fuzzy methods for representing expert judgments.

Originality/Value: This study extends the SAW method to a Neutrosophic environment and proposes a framework for supplier evaluation under conditions of ambiguity and incompleteness. Its primary contribution lies in integrating truth, indeterminacy, and falsity components into expert judgment modeling and translating them into a practical supplier ranking mechanism. The proposed approach offers valuable support for improving supplier selection processes, enhancing the reliability of procurement decisions, and strengthening supply chain risk management.

Keywords: Supply chain management, Prioritizing and selecting suppliers, Neutrosophic numbers, Neutrosophic simple additive weighting, Khuzestan Gas Company.



Corresponding Author: aamindoust@iaui.ac.ir



<https://doi.org/10.22105/mmaa.vi.134>



Licensee. **Management: Modeling, Analysis and Application**. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

۶

نوع مقاله: پژوهشی

توسعه مدل انتخاب تامین کنندگان در شرایط عدم قطعیت: کاربرد تصمیم گیری نوتروسوفیک در شرکت گاز استان خوزستان

حمیدرضا موسی خانی^۱، عاطفه امین دوست^۲

^۱ گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

چکیده

هدف: انتخاب تامین کنندگان مناسب یکی از تصمیمات راهبردی در مدیریت زنجیره تامین است که به طور مستقیم بر کیفیت خدمات، هزینه ها، قابلیت اطمینان عملیات و عملکرد سازمان اثر می گذارد. با این حال، ارزیابی تامین کنندگان معمولاً بر مبنای معیارهای متعدد و قضاوت های خبرگانی انجام می شود که با سطوح مختلفی از ابهام، عدم قطعیت و اطلاعات ناقص همراه هستند. اگرچه روش های متداول تصمیم گیری چندمعیاره برای رتبه بندی تامین کنندگان کاربرد گسترده ای دارند، اما توانایی محدودی در مدل سازی هم زمان درستی، نامعینی و نادرستی قضاوت ها دارند. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف توسعه و به کارگیری رویکرد وزن دهی جمعی ساده^۱ در محیط نوتروسوفیک برای اولویت بندی و انتخاب تامین کنندگان کالاهای عمومی در شرکت گاز استان خوزستان انجام شد.

روش شناسی پژوهش: این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از حیث گردآوری داده ها اکتشافی است. معیارهای ارزیابی تامین کنندگان از طریق بررسی فرایندهای سازمانی، مرور ادبیات و نظر خبرگان استخراج شدند. هشت معیار شامل حسن شهرت و سابقه، انجام به موقع تعهدات، میزان پایبندی به اسناد مناقصه، خدمات پس از فروش، رعایت الزامات بهداشتی، ایمنی و محیط زیست^۲، کیفیت کالا و خدمات، قیمت رقابتی و سهولت دسترسی در مدل لحاظ گردید. داده های پژوهش از طریق پل مشکل از شش نفر از خبرگان حوزه تدارکات و عملیات کالا جمع آوری شد. سپس رویکرد SAW فازی به محیط نوتروسوفیک توسعه یافت و با استفاده از توابع درستی، نامعینی و نادرستی عضویت، وزن معیارها و امتیاز تامین کنندگان محاسبه و رتبه بندی نهایی انجام شد.

یافته ها: نتایج نشان داد معیار انجام به موقع تعهدات بالاترین وزن را در میان معیارهای ارزیابی به خود اختصاص داده است و پس از آن قیمت رقابتی، کیفیت کالا و خدمات و میزان پایبندی به تعهدات قراردادی قرار دارند. همچنین رتبه بندی نهایی تامین کنندگان نشان داد تامین کننده شماره ۱ با کسب بالاترین امتیاز در جایگاه نخست قرار گرفته و به عنوان گزینه برتر انتخاب می شود. یافته ها همچنین بیانگر آن است که استفاده از رویکرد نوتروسوفیک امکان تحلیل هم زمان ابعاد مختلف عدم قطعیت را فراهم کرده و نسبت به رویکردهای متعارف فازی، انعطاف پذیری بیشتری در بازنمایی قضاوت های خبرگان ارائه می دهد.

اصالت/ارزش افزوده علمی: این پژوهش با توسعه روش SAW در محیط نوتروسوفیک، چارچوبی برای ارزیابی تامین کنندگان در شرایط ابهام و اطلاعات ناقص ارائه می کند. ارزش افزوده اصلی مطالعه در بهره گیری هم زمان از مولفه های درستی، نامعینی و نادرستی برای مدل سازی قضاوت های خبرگانی و تبدیل آن ها به یک سازوکار عملی برای رتبه بندی تامین کنندگان است. نتایج پژوهش می تواند به سازمان ها در بهبود فرایند انتخاب تامین کنندگان، افزایش قابلیت اطمینان تصمیمات خرید و مدیریت موثرتر ریسک های زنجیره تامین کمک کند.

کلیدواژه ها: مدیریت زنجیره تامین، اولویت بندی و انتخاب تامین کننده، اعداد نوتروسوفیک، وزن دهی جمعی ساده نوتروسوفیک، شرکت گاز خوزستان.

۱- مقدمه

یکی از مهم ترین عوامل در استراتژی های رقابتی، مدیریت زنجیره تامین است، هدف اصلی آن انتخاب تامین کنندگان گوناگون برای تامین نیازهای سازمان است و به دلیل تاثیرگذاری پارامترهای نادقیق و مبهم به یکی از چالش های مهم در زنجیره تامین تبدیل شده است و تاکنون رویکردهای

^۱ Simple Additive Weighting (SAW)

^۲ Health, Safety, and Environment (HSE)

گوناگونی در بعد وزن دهی به معیارها و شاخص های و تعیین رتبه تامین کنندگان از هر معیار معرفی شده است [1]. همچنین عدم قطعیت در معیارهای مهم و تاثیرگذار در اولویت بندی و انتخاب تامین کنندگان تبدیل به یک مساله مهم در سازمان ها شده است و در این زمینه پژوهش های زیادی صورت گرفته است. تعدادی از این پژوهش ها، از رویکردهای احتمالی یا تصادفی استفاده نموده اند که با چالش عدم وجود اطلاعات گذشته و یا عدم وجود اطلاعات دقیق و شفاف روبه رو شده اند [2]. امروزه از منطق های فازی و فازی شهودی برای رویارویی با ابهام ناشی از داده ها و اطلاعات نادقیق و ناسازگار، به شکل ویژه ای مورد استفاده قرار می گیرد، به طوری که منطق فازی از طریق متغیرهای زبانی و توسط توابع عضویت، قضاوت انسان را برای ایجاد شرایط واقعی کاربردی تر می نماید [3]. مدل های ریاضی و رویکردهای زیادی برای مواجهه با عدم قطعیت، اطلاعات مبهم و عدم اطمینان تعریف شده اند که می توان به مجموعه های فازی مردد، فازی شهودی، فازی نوع-۲ و مجموعه نوتروسوفیک اشاره نمود. مجموعه های نوتروسوفیک دارای درجه عضویت و درجه عدم عضویت هستند و درجه نامعینی و نادرستی را نیز مورد توجه قرار می دهند [4]. تمایز منطق فازی و منطق فازی شهودی در بی طرفی آن ها است و دقیقاً معنای واژه نوتروسوفی می باشد [5]. از ویژگی های منطق نوتروسوفیک می توان به منطق سه ارزشی آن در فضای عدم قطعیت اشاره نمود جایی که هر نظر و ایده ای نه تنها به طور قطع درجه ای از درستی می باشد، بلکه به صورت مستقل درجه ای از نادرستی و نامعینی را نیز در نظر می گیرد، همچنین این منطق محاسبات ریاضیاتی دقیق تری نسبت به منطق فازی و منطق کلاسیک دارد [6]. در این مطالعه سعی می شود تا با استفاده از رویکرد SAW در محیط نوتروسوفیک فازی به اولویت بندی و انتخاب تامین کنندگان در حوزه کالاهای عمومی در شرکت گاز استان خوزستان کمک نموده و رویکرد SAW فازی را به SAW فازی نوتروسوفیک گسترش دهد.

۲- مبانی و چارچوب نظری پژوهش

منطق نوتروسوفیک جامع ترین نوع منطق غیرکلاسیک، برای رویارویی با عدم قطعیت و کمبود اطلاعات در فرایند تصمیم گیری می باشد. در منطق فازی شهودی صرفاً با نقصان اطلاعات روبه رو هستیم و راه حلی برای رویارویی با اطلاعات مبهم و ناسازگار ارایه نمی شود [7]. حال آنکه با استفاده از رویکردهای غیرقطعی، مانند منطق نوتروسوفیک می توان سوگیری در نظرات و عدم قطعیت های موجود در قضاوت های ذهنی خبرگان را کاهش داده و دقت قضاوت و ارزیابی آن ها را افزایش داد [8]. سامانداج [9] با ترکیب منطق سه ارزشی، نظریه مجموعه ها، نظریه احتمال و فلسفه، منطق نوتروسوفیک را پیشنهاد داد. منطق نوتروسوفیک سه جنبه از وضعیت تصمیم گیری را در قالب توابع درستی عضویت $T(x)$ ، نامعینی عضویت $I(x)$ و نهایتاً نادرستی عضویت $F(x)$ در نظر می گیرد و انعطاف پذیری و دقت قضاوت را افزایش می دهد. در منطق نوتروسوفیک تابع نامعینی عضویت برخلاف منطق فازی شهودی مستقل از توابع درستی و نادرستی عضویت می باشد، مجموعه های نوتروسوفیک، ابهام و عدم قطعیت را نسبت به مجموعه های فازی و فازی شهودی، کارآمدتر و بهینه تر مدل سازی می کند. تعمیم یافته مجموعه فازی شهودی، مجموعه نوتروسوفیک می باشد. طبق رابطه (۱)، 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. مقادیر عددی $TA(x)$ ، $IA(x)$ ، $FA(x)$ نشان دهنده درجه عضویت x در مجموعه نوتروسوفیک A است که به صورت زیر تعریف می شود [10].

$$A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle \mid x \in X \}. \quad (1)$$

مقادیر عددی $TA(x)$ ، $IA(x)$ ، $FA(x)$ زیر مجموعه هایی از اعداد حقیقی استاندارد یا غیر استاندارد $[0, 1^+]$ هستند مطابق رابطه (۲):

$$T_A: X \rightarrow [0, 1^+], I_A: X \rightarrow [0, 1^+], F_A: X \rightarrow [0, 1^+]. \quad (2)$$

همچنین هیچ محدودیتی روی حاصل جمع $TA(x)$ ، $IA(x)$ ، $FA(x)$ وجود ندارد [11]. در حالت کلی مقدار تابع عضویت، عدم عضویت و نامعینی زیر مجموعه $[0, 1^+]$ هستند (یعنی مقدار آن ها از ۱ بیشتر و از ۰ کمتر) و جمع آن ها مطابق رابطه (۳)، می باشد [12]:

$$0 \leq \sup T_A(x) + \sup I_A(x) + F_A(x) \leq 3^+. \quad (3)$$

مجموع مولفه های منطق نوتروسوفیک، مانند منطق کلاسیک و کلاسیک فازی لزوماً یک نیست، اما هر عددی بین 0^- و 3^+ می تواند باشد. این ویژگی در منطق نوتروسوفیک برای مواجهه با تناقض ها می باشد، به عبارتی دیگر مجموع مولفه ها باید حتماً یک باشد [11].

۳- پیشینه پژوهش

منطق نوتروسوفیک، برای مواجهه با عدم قطعیت و وجود اطلاعات نامشخص و مبهم در فرایند تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد و یک رویکرد نظام‌مند برای انتخاب تامین‌کنندگان فراهم می‌کند. این رویکرد با ادغام منطق نوتروسوفیک و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه توانسته دقت و قابلیت اطمینان ارزیابی تامین‌کنندگان را افزایش دهد. نافع و همکاران [13] در پژوهش خود یک مدل هوشمند برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده سبز در تولید پایدار از طریق ادغام سه‌گانه‌های نوتروسوفیک با شبکه عصبی ارایه دادند و نشان دادند که این مدل فرایند انتخاب تامین‌کنندگان سبز را تسهیل داده و اصولی را برای حل مسایل پیچیده در حوزه‌هایی همچون انرژی، سلامت و شهر هوشمند ایجاد می‌نماید. در پژوهش دیگر چاکمک [14]، یک رویکرد ترکیبی از منطق نوتروسوفیک بازه مقداری را برای انتخاب تامین‌کنندگان در صنعت ژنراتورهای پایدار ارایه نمود، در این پژوهش از روش *IVN SWARA* برای تعیین وزن شاخص‌های کلیدی و از روش *IVN EDAS* برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان استفاده گردید و نشان داد که این رویکرد به مدیران در انتخاب تامین‌کنندگان بر پایه شاخص‌های پایداری کمک می‌نماید. ساهین و همکاران [15]، با ترکیب دو روش *CRITIC* در محیط نوتروسوفیک، یک چارچوب تصمیم‌گیری جدید را برای انتخاب بهینه نرم‌افزارهای مبتنی بر هوش مصنوعی، در حوزه ممیزی امنیت سایبری ارایه دادند و این چارچوب به تصمیم‌گیری سازمان‌ها برای انتخاب دقیق‌تر در محیط‌های پیچیده و نامطمئن سایبری کمک می‌نماید. گورچون و همکاران [16]، یک روش تصمیم‌گیری برای انتخاب تامین‌کنندگان پایدار در زنجیره تامین مواد غذایی از ترکیب روش *BN-VIKOR* و منطق دوقطبی نوتروسوفیک معرفی نمودند و ظرفیت خدمات لجستیک به عنوان تعیین‌کننده ترین معیار در انتخاب تامین‌کنندگان شناسایی گردید. همچنین با مدل‌سازی عدم قطعیت از طریق مجموعه‌های دوقطبی نوتروسوفیک در نظرات خبرگان، رویکردی برای اولویت‌بندی تامین‌کنندگان بر اساس شاخص‌های پایداری ارایه دادند. سان و همکاران [17] یک مدل ترکیبی از مجموعه‌های نوتروسوفیک تک‌مقداری^۱ و *TOPSIS* برای انتخاب تامین‌کنندگان سبز در شرایط پویا، ارایه دادند. مدل پیشنهادی امکان سازگاری با محیط‌های تصمیم‌گیری متغیر را فراهم می‌سازد و نتایج نشان داد که این مدل نسبت به مدل‌های سنتی، دقت بالاتری داشته و به سازمان‌ها اجازه می‌دهد تا در مواجهه با چالش‌های پیچیده زیست‌محیطی و اقتصادی، تصمیم‌گیری بهینه‌تری داشته باشند. یزدانی و همکاران [18]، یک رویکرد جدید از ترکیب روش‌های *CRITIC* و *CoCoSo* در محیط نوتروسوفیک بازه مقداری برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان پایدار در زنجیره تامین معرفی کردند. این رویکرد به تصمیم‌گیران زنجیره‌تأمین کمک می‌کند تا در بازه‌های زمانی مشخص، تامین‌کنندگانی که هم سو با معیارهای پایداری باشند را انتخاب کنند. پهلوان و همکاران [19]، برای انتخاب تامین‌کننده پایدار در مدیریت زنجیره‌تأمین از روش *TOPSIS* مبتنی بر *SVNSs* استفاده نمودند. آن‌ها با در نظر گرفتن معیارهای توسعه پایدار، عدم قطعیت در ارزیابی‌های خبرگان را از طریق مجموعه‌های نوتروسوفیک مدل‌سازی کردند. نوآوری روش آن‌ها، استفاده از فاصله اقلیدسی نرمال‌شده در محیط نوتروسوفیک برای محاسبه نزدیکی گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل است که دقت رتبه‌بندی را در مقایسه با روش‌های کلاسیک افزایش می‌دهد. جدول ۱، خلاصه پیشینه‌ای از کاربرد تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با رویکرد نوتروسوفیک ارایه شده است. بر اساس این جدول می‌توان نتیجه گرفت مطالعه‌ای در مورد ترکیب مدل *SAW* در محیط نوتروسوفیک و استفاده از آن برای مسایل زنجیره‌تأمین مشاهده نگردید.

جدول ۱- خلاصه پیشینه روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در شرایط نوتروسوفیک.

Table 1- Summary of the background on multi-criteria decision-making methods under neutrosophic conditions.

ردیف	نویسنده	روش رتبه‌بندی	حوزه مورد استفاده
1	سان و همکاران [17]	<i>TOPSIS</i> و نوتروسوفیک تک‌مقداری	انتخاب تامین‌کنندگان سبز
2	یزدانی و همکاران [18]	<i>CoCoSo</i> و نوتروسوفیک	ارزیابی تامین‌کنندگان در شرکت لبنیات
3	پهلوان و همکاران [19]	<i>TOPSIS</i> و نوتروسوفیک تک‌مقداری	انتخاب تامین‌کننده پایدار در مدیریت زنجیره‌تأمین
4	گورچون و همکاران [16]	<i>BN-VIKOR</i> و دوقطبی نوتروسوفیک	انتخاب تامین‌کنندگان پایدار در زنجیره‌تأمین مواد غذایی
5	چاکمک [14]	<i>IVN EDAS</i> و نوتروسوفیک بازه مقداری	انتخاب تامین‌کنندگان در صنعت ژنراتورهای پایدار
6	سیف برقی و همکاران [2]	<i>EDAS</i> و نوتروسوفیک	ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان در صنعت دارو
7	نافع و همکاران [13]	<i>TOPSIS</i> و شبکه‌های عصبی مصنوعی نوتروسوفیک	انتخاب تامین‌کننده سبز در تولید پایدار
8	پژوهش حاضر	<i>SAW</i> و نوتروسوفیک	ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان کالاهای عمومی در شرکت گاز استان خوزستان

¹ Single-Valued Neutrosophic Sets (NVNSs)

۴- روش شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر هدف، یک مطالعه کاربردی و به دنبال اولویت بندی و انتخاب تامین کنندگان برتر در حوزه کالاهای عمومی در شرکت گاز استان خوزستان است. معیارهای پژوهش، اکتشافی با رویکرد ترکیبی بوده که براساس پرسشنامه، تشکیل پنل خبرگی، مرورهای پیشین استخراج شده است. در این پژوهش ابتدا با استفاده از متغیرهای زبانی و ارایه پرسشنامه ها به افراد خبره، امتیازدهی آن ها به معیارها و گزینه ها را جمع آوری و سپس با استفاده از جدول ۲، متغیرهای زبانی به اعداد نوتروسوفیک تبدیل می گردد [10].

جدول ۲- تبدیل متغیرهای زبانی به اعداد فازی مثلثی.

Table 2- Conversion of linguistic variables into triangular fuzzy numbers.

ردیف	متغیرهای زبانی توابع درستی	متغیرهای زبانی توابع نامعینی	متغیرهای زبانی توابع	مقیاس	اعداد فازی مثلثی
	$T(x)$ عضویت	$I(x)$ عضویت	$F(x)$ نادرستی عضویت		
1	بی اهمیت	کاملاً مشخص	کاملاً درست	1	(0.0, 0.0, 0.1)
2	کم اهمیت	مشخص	درست	2	(0.0, 0.1, 0.3)
3	تا حدودی کم اهمیت	تا حدودی مشخص	تا حدودی درست	3	(0.1, 0.3, 0.5)
4	نظری ندارم	نظری ندارم	نظری ندارم	4	(0.3, 0.5, 0.7)
5	تا حدودی مهم	تا حدودی مبهم	تا حدودی نادرست	5	(0.5, 0.7, 0.9)
6	مهم	مبهم	نادرست	6	(0.7, 0.9, 1.0)
7	کاملاً مهم	کاملاً مبهم	کاملاً نادرست	7	(0.9, 1.0, 1.0)

به منظور اولویت بندی و انتخاب تامین کنندگان برتر گام ها زیر انجام می شود [10]:

گام ۱- تعیین معیارهای ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان با استفاده از نظر خبرگان.

گام ۲- مقادیر رتبه بندی مربوط به درستی عضویت، نامعینی عضویت و نادرستی عضویت هر معیار توسط خبرگان بر اساس متغیرهای زبانی تعریف شده در جدول ۲، تعیین می گردد.

گام ۳- متغیرهای زبانی هر معیار با استفاده از اعداد فازی مثلثاتی، فازی سازی می گردد.

گام ۴- میانگین امتیازات فازی L_j^i برای اعداد فازی مثلثی $(p_1^i, q_1^i, r_1^i), (p_2^i, q_2^i, r_2^i), \dots, (p_j^i, q_j^i, r_j^i)$ محاسبه می گردد و مقادیر غیرفازی شده (e) مطابق رابطه (۴) و رابطه (۵)، برای هر معیار محاسبه می گردد. همچنین وزن نرمال شده (W_j) از تقسیم مقدار غیرفازی شده معیار بر مجموع تمام مقادیر غیرفازی شده به دست می آید.

$$L_j^i = \frac{(P_1^i + P_2^i + \dots + P_j^i)}{j}, i = 1, 2, 3, \dots \quad (4)$$

$$e = \frac{p + q + r}{3}, p = L_j^1, q = L_j^2, r = L_j^3. \quad (5)$$

گام ۵- محاسبه وزن مرکز ثقل در منطق نوتروسوفیک مطابق رابطه (۶) که در آن α, β, γ به ترتیب مقدار نرمالیزه شده درستی، نامعینی و نادرستی توابع عضویت هستند.

$$W_j = \frac{\alpha + 2\beta + \gamma}{4}. \quad (6)$$

گام ۶- مقادیر رتبه بندی نوتروسوفیک (درستی، نامعینی و نادرستی) با توجه به نظرات خبرگان (متغیرهای زبانی) بر اساس معیارهای مربوط به هر تامین کننده اختصاص داده می شود.

گام ۷- تکرار گام ۴ برای محاسبه امتیاز فازی میانگین و امتیاز غیر فازی برای هر تامین‌کننده بر اساس معیارهای مربوطه.

گام ۸- تشکیل ماتریس تصمیم نرمالیزه‌شده برای توابع درستی عضویت $T(x)$ ، نامعینی عضویت $I(x)$ و نهایتاً نادرستی عضویت $F(x)$ متناظر با هر تامین‌کننده با معیارهای مربوطه.

گام ۹- تبدیل داده‌های نوتروسوفیک سه بعدی (درستی، نامعینی و نادرستی) به یک مقدار تک‌بعدی برای ساده‌سازی مقایسه بین تامین‌کنندگان مطابق رابطه (۷) که در آن a_{ij} مقدار نرمالیزه شده درستی، b_{ij} مقدار نرمالیزه شده نامعینی و c_{ij} مقدار نرمالیزه شده نادرستی برای هر تامین‌کنندگان باتوجه به معیارهای مربوطه و λ پارامتر وزن‌دهی می‌باشد که توسط تصمیم‌گیرنده صفر و یک تعیین می‌شود که تاثیر نامعینی و نادرستی در محاسبات را تنظیم می‌کند (در این پژوهش $\lambda = 0.5$ در نظر گرفته شده است).

$$N_{ij} = \frac{a_{ij} + \lambda b_{ij} + (1 - \lambda)c_{ij}}{2} \quad (۷)$$

گام ۱۰- تشکیل ماتریس تصمیم نوتروسوفیک ترکیبی نرمالیزه‌شده که از مقادیر N_{ij} گام ۹ به‌دست آمده است.

گام ۱۱- محاسبه امتیاز نهایی و انتخاب تامین‌کننده برتر مطابق رابطه (۸) که در آن W_j وزن هر معیار می‌باشد که در گام ۵ محاسبه شده است.

$$TS = N_{ij} * W_j \quad (۸)$$

۵- تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

برای اولویت‌بندی تامین‌کنندگان از معیارهای تعریف‌شده در فرایند ارزیابی تامین‌کنندگان کالاهای عمومی در شرکت گاز استان خوزستان استفاده شده است. این معیارها شامل: حسن شهرت و سابقه (C1)، انجام به موقع تعهدات (C2)، میزان رضایت از تعهدات تامین‌کننده به اسناد مناقصه (C3)، خدمات پس از فروش (C4)، رعایت الزامات HSE (C5)، کیفیت کالا، خدمات و مشخصات فنی (C6)، قیمت رقابتی (C7)، سهولت دسترسی (C8) می‌باشد. تامین‌کنندگان کالاهای عمومی مورد ارزیابی، تعداد ۵ شرکت می‌باشد که به دلیل مسایل حقوقی و حفظ اسرار شرکت‌ها، اسامی آن‌ها ذکر نشده و همچنین پتل خبرگی از تعداد ۶ نفر از خبرگان امور تدارکات و عملیات کالا در شرکت استفاده شده است. باتوجه به گام ۲، خبرگان بر اساس متغیرهای زبانی تعریف‌شده در جدول ۲، مقادیر رتبه‌بندی مربوط به درستی عضویت، نامعینی عضویت و نادرستی عضویت هر معیار را، مطابق جدول ۳، تعیین می‌نمایند.

جدول ۳- مقادیر رتبه‌بندی مربوط به درستی عضویت، نامعینی عضویت و نادرستی عضویت هر معیار.

Table 3- Ranking values related to membership truth, membership indeterminacy, and membership falsity for each criterion.

معیار ارزیابی	کد	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵	خبره ۶
حسن شهرت و سابقه +	C1	T(X)	4	5	4	2	3
		I(x)	3	4	3	2	2
		F(x)	5	4	6	5	5
انجام به موقع تعهدات +	C2	T(X)	7	4	7	6	7
		I(x)	6	7	5	6	6
		F(x)	7	6	5	7	6
میزان رضایت از تعهدات تامین‌کننده به اسناد مناقصه +	C3	T(X)	5	6	6	5	6
		I(x)	4	5	5	4	5
		F(x)	6	5	5	6	5
خدمات پس از فروش +	C4	T(X)	3	2	5	7	5
		I(x)	4	5	4	5	6
		F(x)	7	6	6	5	6

جدول ۳- ادامه.

Table 3- Continued.

معیار ارزیابی	کد	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵	خبره ۶
رعایت الزامات HSE +	C5	T(X)	4	6	4	2	2
		I(x)	6	5	4	6	5
		F(x)	4	5	3	5	3
کیفیت کالا و خدمات و مشخصات فنی +	C6	T(X)	5	6	4	7	7
		I(x)	6	6	5	5	6
		F(x)	7	7	6	7	6
قیمت رقابتی -	C7	T(X)	6	7	7	5	6
		I(x)	2	2	3	3	2
		F(x)	7	7	6	7	6
سهولت دسترسی -	C8	T(X)	7	7	5	4	4
		I(x)	2	3	2	2	2
		F(x)	6	6	4	4	4

در جدول ۴، متغیرهای زبانی هر معیار توسط خبرگان تعیین و با استفاده از اعداد فازی مثلثاتی، فازی سازی می گردد.

جدول ۴- فازی سازی متغیرهای زبانی هر معیار با اعداد فازی مثلثاتی.

Table 4- Fuzzification of the linguistic variables for each criterion using triangular fuzzy numbers.

کد	نماد	خبره ۱	خبره ۲	خبره ۳	خبره ۴	خبره ۵	خبره ۶
C1	T(X)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.0, 1.0, 0.3)	(0.0, 1.0, 0.3)	(0.1, 0.3, 0.5)
	I(x)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.0, 1.0, 0.3)	(0.0, 0.1, 0.3)
	F(x)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)
C2	T(X)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
	I(x)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
	F(x)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
C3	T(X)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
	I(x)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)
	F(x)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)
C4	T(X)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)
	I(x)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
	F(x)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
C5	T(X)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.0, 0.1, 0.3)
	I(x)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)
	F(x)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.1, 0.3, 0.5)
C6	T(X)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)
	I(x)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
	F(x)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
C7	T(X)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
	I(x)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.0, 0.1, 0.3)
	F(x)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)
C8	T(X)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.9, 1.0, 1.0)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)
	I(x)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.1, 0.3, 0.5)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.0, 0.1, 0.3)	(0.0, 0.1, 0.3)
	F(x)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)

پس از فازی‌سازی متغیرهای زبانی هر معیار با استفاده از اعداد فازی مثلثاتی، میانگین امتیازات فازی برای اعداد فازی مثلثی، مقادیر غیرفازی شده و وزن نرمال‌شده مربوط به درستی عضویت، نامعینی عضویت و نادرستی عضویت هر معیار مطابق جدول ۵ تا جدول ۷ محاسبه می‌شود.

جدول ۵- میانگین امتیازات فازی، مقادیر غیرفازی شده و وزن نرمال‌شده مربوط به درستی عضویت هر معیار.

Table 5- Mean fuzzy scores, defuzzified values, and normalized weights regarding the validity of each criterion's membership.

کد	میانگین امتیاز فازی	مقدار غیرفازی شده	وزن نرمال‌شده (TX)
C1	(0.2, 0.37, 0.57)	0.38	0.0689
C2	(0.77, 0.9, 0.95)	0.873	0.1584
C3	(0.6, 0.8, 0.95)	0.783	0.1420
C4	(0.45, 0.62, 0.77)	0.613	0.1112
C5	(0.27, 0.43, 0.62)	0.44	0.0798
C6	(0.67, 0.83, 0.93)	0.81	0.1469
C7	(0.77, 0.92, 0.98)	0.89	0.1615
C8	(0.57, 0.73, 0.87)	0.723	0.1312

جدول ۶- میانگین امتیازات فازی، مقادیر غیرفازی شده و وزن نرمال‌شده مربوط به نامعینی عضویت هر معیار.

Table 6- Mean fuzzy scores, defuzzified values, and normalized weights corresponding to the membership uncertainty of each criterion.

کد	میانگین امتیاز فازی	مقدار غیرفازی شده	وزن نرمال‌شده (IX)
C1	(0.1, 0.27, 0.47)	0.28	0.0650
C2	(0.67, 0.85, 0.97)	0.83	0.1925
C3	(0.43, 0.63, 0.83)	0.63	0.1461
C4	(0.5, 0.7, 0.87)	0.69	0.1601
C5	(0.5, 0.7, 0.87)	0.69	0.1601
C6	(0.64, 0.83, 0.97)	0.81	0.1879
C7	(0.03, 0.17, 0.37)	0.19	0.0440
C8	(0.03, 0.17, 0.37)	0.19	0.0440

جدول ۷- میانگین امتیازات فازی، مقادیر غیرفازی شده و وزن نرمال‌شده مربوط به نادرستی عضویت هر معیار.

Table 7- Mean fuzzy scores, defuzzified values, and normalized weights corresponding to the membership inaccuracy of each criterion.

کد	میانگین امتیاز فازی	مقدار غیرفازی شده	وزن نرمال‌شده (FX)
C1	(0.53, 0.73, 0.9)	0.72	0.1202
C2	(0.73, 0.9, 0.98)	0.87	0.1452
C3	(0.53, 0.73, 0.9)	0.72	0.1202
C4	(0.67, 0.85, 0.97)	0.83	0.1386
C5	(0.27, 0.47, 0.63)	0.46	0.0768
C6	(0.8, 0.95, 1.0)	0.81	0.1352
C7	(0.83, 0.97, 1.0)	0.92	0.1536
C8	(0.47, 0.67, 0.83)	0.66	0.1102

در این مرحله وزن مرکز ثقل در منطق نوتروسوفیک برای هر معیار مطابق رابطه (۶) در گام ۵ محاسبه و در جدول ۸ آورده شده است.

جدول ۸- وزن مرکز ثقل در منطق نوتروسوفیک برای هر معیار.

Table 8- Center of gravity weight for each criterion in neutrosophic logic.

W8	W7	W6	W5	W4	W3	W2	W1	Wi
0.082	0.101	0.164	0.119	0.143	0.139	0.172	0.08	وزن

در این مرحله مقادیر رتبه بندی برای توابع درستی عضویت $T(x)$ ، نامعینی عضویت $I(x)$ و نادرستی عضویت $F(x)$ توسط خبرگان به صورت متغیرهای زبانی به هر تامین کننده با توجه به معیارهای ارزیابی تعیین می گردد و سپس با استفاده از اعداد فازی مثلثاتی مطابق جدول ۲، فازی سازی شده و میانگین نمره فازی و مقادیر غیر فازی شده مطابق با گام ۴ محاسبه و در نهایت ماتریس تصمیم نرمال شده به صورت جدول ۹ تا جدول ۱۱ به دست می آید.

جدول ۹- ماتریس تصمیم نرمالیزه شده برای توابع درستی عضویت $T(x)$ متناظر با هر تامین کننده با معیارهای ارزیابی.

Table 9- Normalized decision matrix for the membership truth functions $T(x)$ corresponding to each supplier, based on evaluation criteria.

-C8	-C7	+C6	+C5	+C4	+C3	+C2	+C1	TX
1	0.1111	1	0.6	0.5769	1	1	1	تامین کننده ۱
0.1111	1	0.6	0.0667	0.8077	0.1111	0.7143	0.6	تامین کننده ۲
0.250	0.1111	0.2667	0.6	1	1	0.7143	0.6	تامین کننده ۳
0.250	0.250	1	1	0.5769	0.4444	0.4286	0.2667	تامین کننده ۴
0.1111	0.250	0.2667	0.2667	0.8077	0.4444	0.7143	0.2667	تامین کننده ۵

جدول ۱۰- ماتریس تصمیم نرمالیزه شده برای توابع نامعینی عضویت $I(x)$ متناظر با هر تامین کننده با معیارهای ارزیابی.

Table 10- Normalized decision matrix for the membership indeterminacy functions $I(x)$ corresponding to each supplier with respect to the evaluation criteria.

-C8	-C7	+C6	+C5	+C4	+C3	+C2	+C1	IX
1	0.2667	1	0.2677	0.8966	0.4444	0.5769	0.4286	تامین کننده ۱
0.4286	0.2667	0.5769	0.0667	1	1	0.8077	1	تامین کننده ۲
0.4286	1	0.8077	0.6	0.8966	0.1111	1	0.4286	تامین کننده ۳
1	0.4444	0.5769	1	0.7241	1	0.5769	1	تامین کننده ۴
0.6	0.4444	0.8077	0.2667	0.8966	0.4444	0.3462	0.7143	تامین کننده ۵

جدول ۱۱- ماتریس تصمیم نرمالیزه شده برای توابع نادرستی عضویت $F(x)$ متناظر با هر تامین کننده با معیارهای ارزیابی.

Table 11- Normalized decision matrix for the membership functions $F(x)$ corresponding to each supplier, based on evaluation criteria.

-C8	-C7	+C6	+C5	+C4	+C3	+C2	+C1	FX
0.25	0.7143	0.5769	0.7143	0.2667	0.5769	0.4444	0.4286	تامین کننده ۱
0.25	0.7143	0.8077	1	0.2667	0.8077	1	0.4286	تامین کننده ۲
1	0.5769	1	0.7143	0.6	1	0.4444	1	تامین کننده ۳
0.25	1	0.8077	0.4286	0.6	0.8077	0.1111	0.7143	تامین کننده ۴
1	1	0.5769	1	1	1	1	1	تامین کننده ۵

در این مرحله داده های نوتروسوفیک سه بعدی (درستی، نامعینی و نادرستی) تعیین شده در جدول ۹ تا جدول ۱۱ به یک مقدار تک بعدی برای ساده سازی مقایسه بین تامین کنندگان مطابق رابطه (۷) در گام ۹ تبدیل می گردد که در جدول ۱۲ آورده شده است.

جدول ۱۲ - ماتریس تصمیم نوتروسوفیک ترکیبی نرمالیزه شده.

Table 12- Normalized combined neutrosophic decision matrix.

	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	nij
تامین‌کننده ۱	0.8125	0.3008	0.8942	0.5452	0.5793	0.7553	0.7553	0.7143	تامین‌کننده ۱
تامین‌کننده ۲	0.2252	0.7452	0.6462	0.3	0.7205	0.5075	0.8091	0.6571	تامین‌کننده ۲
تامین‌کننده ۳	0.4821	0.4498	0.5853	0.6286	0.8741	0.7778	0.7183	0.6571	تامین‌کننده ۳
تامین‌کننده ۴	0.4375	0.4861	0.8462	0.8571	0.6195	0.6741	0.3863	0.5619	تامین‌کننده ۴
تامین‌کننده ۵	0.4556	0.4861	0.4795	0.45	0.8780	0.5833	0.6937	0.5619	تامین‌کننده ۵

در مرحله آخر امتیاز نهایی و انتخاب تامین‌کننده برتر مطابق رابطه (۸) محاسبه می‌گردد که نتایج آن در جدول ۱۳، آورده شده است.

جدول ۱۳ - اولویت‌بندی تامین‌کنندگان.

Table 13- Prioritization of suppliers.

تامین‌کنندگان	تامین‌کننده ۱	تامین‌کننده ۲	تامین‌کننده ۳	تامین‌کننده ۴	تامین‌کننده ۵
امتیاز	0.6835	0.6004	0.6647	0.6194	0.5892
اولویت	1	4	2	3	5

باتوجه به نتیجه‌های به‌دست آمده اولویت تامین‌کنندگان کالاهای عمومی در شرکت گاز استان خوزستان به‌صورت زیر می‌باشد:

تامین‌کننده ۱ < تامین‌کننده ۳ < تامین‌کننده ۴ < تامین‌کننده ۲ < تامین‌کننده ۵

۵- نتایج و جمع‌بندی

اساس و پایه منطق نوتروسوفیک وجود سه حالت تصمیم‌گیری در قالب توابع درستی عضویت، نامعینی عضویت و نادرستی عضویت می‌باشد. اعداد نوتروسوفیک، نسبت به اعداد فازی و فازی شهودی دارای عملکرد بهینه و انطباق‌پذیری بیشتری هستند و استفاده از آن‌ها، قابلیت اطمینان در قضاوت و ارزیابی را افزایش می‌دهد، چرا که درجه‌های عضویت را به‌صورت عددی بین صفر و یک نشان می‌دهند و به ارزیابان و تصمیم‌گیران در سازمان‌ها کمک می‌کنند تا به‌صورت مستقل ارزیابی را انجام دهند. در این پژوهش از رویکرد SAW برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان کالاهای عمومی در شرکت گاز استان خوزستان در شرایط ابهام و با استفاده از منطق نوتروسوفیک استفاده شده است و از مزایای این رویکرد استفاده از فرایند محاسبات ریاضی و وجود سه رقم اعشار در میانگین محاسبه شده است که نشان‌دهنده دقت بالا در راستای اخذ نتایج دقیق‌تر می‌باشد. این پژوهش کاربردی نظرات خبرگان شرکت را نسبت به وضعیت تامین‌کنندگان از سه بعد درستی، نامعینی و نادرستی با استفاده از اعداد فازی مثالی مورد بررسی و مقایسه با یکدیگر قرار دادند و تامین‌کنندگان را باتوجه به امتیارات به‌دست آمده رتبه‌بندی نمودند. به‌عنوان پیشنهاد برای تحقیقات آتی می‌توان به استفاده از سایر روش‌های رتبه‌بندی نظیر مورا و مولتی مورا، آراس، ایداس، ماباک در فضای نوتروسوفیک پیشنهاد می‌گردد.

منابع

- [1] Tooranloo, H. S., & Iranpour, A. (2017). Supplier selection and evaluation using interval-valued intuitionistic fuzzy AHP method. *International journal of procurement management*, 10(5), 539–554. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2017.086399>
- [2] 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. (In Persian). <https://doi.org/10.22054/jims.2024.79614.2914>
- [3] Zadeh, L. A. (1996). Fuzzy sets and information granularity. In *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: Selected papers by Lotfi A Zadeh* (pp. 433–448). World Scientific. https://doi.org/10.1142/9789814261302_0022
- [4] Keikha, A. (2022). New extension of TOPSIS method for solving inaccurate MADM problems modeled with hesitant fuzzy numbers. *Journal of decisions and operations research*, 7(1), 1-16. (In Persian). <https://doi.org/10.22105/dmor.2021.286557.1397>
- [5] Kahraman, C., & Otay, İ. (2019). *Fuzzy multi-criteria decision-making using neutrosophic sets*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-00045-5>
- [6] Emami, F., Abbasi, R., & Habibirad, A. (2021). Organizations assessment based on EFQM excellence model using neutrosophic logic (Case study: Iranian Banking Industry). *Journal of industrial management perspective*, 11(4), 121-136. (In Persian). <https://doi.org/10.52547/jimp.11.4.121>

- [7] Otay, İ., & Kahraman, C. (2019). A state-of-the-art review of neutrosophic sets and theory. In *Fuzzy multi-criteria decision-making using neutrosophic sets* (pp. 3–24). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00045-5_1
- [8] Farshad, A. (2022). Application of neutrosophic logic in multi-criteria decision-making techniques. *Accounting and management perspective*, 5(57), 73-104. (In Persian). https://www.jamv.ir/article_148640_60b20d94681dff4c363931c9797235e9.pdf
- [9] Smarandache, F. (1998). *Neutrosophy: Neutrosophic probability, set, and logic: Analytic Synthesis & synthetic analysis*. American Research Press. <https://philpapers.org/rec/SMANNP>
- [10] Ajay, D., Manivel, M., & Aldring, J. (2019). Neutrosophic Fuzzy SAW method and it's application. *The international journal of analytical and experimental modal analysis*, 11(8), 881–887. <https://www.researchgate.net/publication/343761247>
- [11] Ashbacher, C. (2002). *Introduction to neutrosophic logic*. American Research Press. <https://philpapers.org/rec/ASHITN>
- [12] Deli, I., & Subas, Y. (2014). Single valued neutrosophic numbers and their applications to multicriteria decision making problem. *Neutrosophic sets syst*, 2(1), 1–13. <https://fs.unm.edu/SN/Neutro-SingleValuedNeutroNumbers.pdf>
- [13] Nafei, A., Azizi, S. P., Edalatpanah, S. A., & Huang, C. Y. (2024). Smart TOPSIS: A neural network-driven TOPSIS with neutrosophic triplets for green supplier selection in sustainable manufacturing. *Expert systems with applications*, 255, 124744. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124744>
- [14] Cakmak, E. (2023). Supplier selection for a power generator sustainable supplier park: Interval-valued neutrosophic SWARA and EDAS application. *Sustainability*, 15(18), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su151813973>
- [15] Sahin, F., Menekse, A., & Yilmaz, S. (2025). AI software selection for cybersecurity auditing using neutrosophic CRITIC CODAS. *Applied soft computing*, 179, 113295. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2025.113295>
- [16] 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>
- [17] Sun, Y., & Cai, Y. (2021). A flexible decision-making method for green supplier selection integrating TOPSIS and GRA under the single-valued neutrosophic environment. *IEEE access*, 9, 83025–83040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3085772>
- [18] Yazdani, M., Ebadi Torkayesh, A., Stević, Ž., Chatterjee, P., Asgharieh Ahari, S., & Doval Hernandez, V. (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>
- [19] Pehlivan, N. Y., & Yalçın, N. (2022). Neutrosophic TOPSIS method for sustainable supplier selection in a discount market chain. In *Handbook of research on advances and applications of fuzzy sets and logic* (pp. 692–715). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-7979-4.ch031>