Industrial Management Perspective

Print ISSN: 2251-9874, Online ISSN: 2645-4165
Volume 13, Serial Number 51, Autumn 2023, Pages 9-38 (Original Article)
DOI: 10.48308/JIMP.13.3.9

A New Rough BWM Approach for Evaluating and Selecting a Sustainable Supplier in Supply Chain Management

Amin Amini[*], Alireza Alinezhad[**], Davood Gharakhani[***]

Abstract

In recent years, many studies have been conducted about how to select a sustainable supplier so different methods have been proposed for this rigard in fuzzy and deterministic environments. In this article a new model of BWM improved using Rough Sets Theory for Sustainable Supplier Selection (SSS) in the supply chain. One of the advantages of the proposed method is modeling the uncertainty related to personal evaluations and zeroing the subjective judgment error of the decision maker, using the decision table approach. Also, using the concept of conditional entropy in rough sets, the significance of criteria is calculated and the selection of the best and the worst criterion, as well as making pairwise comparisons in the best-worst method, is done respectively. Using this approach, the inconsistency ratio of the best-worst method becomes zero in all stages. Moreover TOPSIS and SAW methods have been used to determine the weight of suppliers and the results have been compared. To illustrate the model and demonstrate its capability, a real SSS case in Iran Khodro Company (IKCO), was examined by three experts in the automotive industry. The results show that the first supplier (ISACO Parts Supply Company) is the best sustainable supplier.

Keywords: Sustainability; Supplier Selection; Rough Sets Theory; Conditional Entropy; BWM; Uncertainty.

Received: May. 07, 2023; Accepted: Aug. 12, 2023.

* Ph.D Student, Faculty of Management and Accounting, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran.
** Associate Professor, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Islamic Azad University, Qazvin branch, Qazvin, Iran (Corresponding Author).
Email: alalinezhad@gmail.com
*** Assistant Professor, Faculty of Management and Accounting, Islamic Azad University, Qazvin branch, Qazvin, Iran.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

چشم‌انداز مدیریت صنعتی
شاپای چاپی: ۹۸۷۴-۲۲۵۱، شاپای الکترونیکی: ۴۱۶۵-۲۶۴۵
سال سیزدهم، شماره ۵۱، پاییز ۱۴۰۲، ص‌ص ۹ – ۳۸ **(نوع مقاله: پژوهشی)**
DOI: 10.48308/JIMP.13.3.9

رویکرد یکپارچه برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار بر اساس روش بهترین ـ بدترین و نظریه مجموعه‌های راف (مورد مطالعه: شرکت ایران‌خودرو)

امین امینی*، علیرضا علی‌نژاد، داود قراخانی*****

چکیده

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در خصوص چگونگی انتخاب تأمین‌کننده پایدار صورت گرفته است و برای این منظور، مدل‌ها و روش‌های مختلفی در محیط‌های فازی و قطعی پیشنهاد شده است. در این پژوهش برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار، یک مدل جدید بر اساس روش بهترین- بدترین که با تئوری مجموعه های راف بهبود یافته است، ارائه می شود. یکی از مزایای روش پیشنهادی، مدل کردن عدم قطعیت مربوط به ارزیابی‌های شخصی و صفر کردن خطای قضاوت ذهنی تصمیم‌گیرنده، با استفاده از رویکرد جدول تصمیم‌گیری می باشد. همچنین با استفاده از مفهوم آنتروپی شرطی در مجموعه‌های راف، معناداری (اهمیت) معیارها محاسبه می‌گردد و انتخاب بهترین و بدترین معیار و نیز انجام مقایسات زوجی در روش بهترین- بدترین، بر این اساس صورت می‌گیرد. با بهره‌گیری از این رویکرد، نرخ ناسازگاری روش بهترین- بدترین در تمامی مراحل صفر می‌شود. در ادامه از دو روش TOPSIS و SAW برای تعیین وزن تأمین‌کنندگان استفاده شده است و نتایج با هم مقایسه گردیده است. برای اثبات قابلیت مدل، شرکت ایران خودرو به عنوان مطالعه موردی، برای مسأله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار، در نظر گرفته شده است. نتایج نشان می‌دهد که در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان شرکت ایران‌خودرو بر اساس شاخص‌های پایداری، شرکت ایساکو در رتبه اول قرار دارد.

کلیدواژه‌ها: پایداری؛ انتخاب تأمین‌کننده؛ روش بهترین- بدترین؛ عدم قطعیت؛ آنتروپی شرطی؛ تئوری مجموعه‌های راف.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۱.

* دانشجوی دکتری، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران.
** دانشیار، دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران (نویسنده مسئول).
Email: alalinezhad@gmail.com
*** استادیار، دانشکده مدیریت و حسابداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران.

Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱. مقدمه

در سال‌های اخیر توجه به اثرات بلندمدت مباحث محیط‌زیستی و سرمایه‌های اجتماعی در توسعه اقتصادی و رشد شرکت‌ها، با تمرکز بالا مطرح شده و پیگیری می‌شود. به بیان دقیق‌تر، موضوعات اجتماعی نظیر فقر، معلولیت‌ها، حقوق کودکان، زنان، اقلیت‌ها و غیره و نیز مباحث زیست‌محیطی مانند ایجاد زیرساخت‌های کاهش آلایندگی آب، هوا و خاک، گازهای گلخانه‌ای، استفاده بهینه از منابع و به‌کارگیری انرژی‌های پاک و غیره، در کنار موضوعات اقتصادی اهمیت یافته و مفهومی به‌عنوان پایداری شکل گرفته است. امروزه در دنیای مدرن، سازمان‌ها باید پایدار باشند تا توانایی پاسخگویی برای رفع نیازهای نسل‌های آینده را داشته باشند و ازآنجاکه مدیریت زنجیره تأمین، رفتار مسئولانه در تمام مراحل و اعضای زنجیره تأمین را در نظر می‌گیرد، حوزه‌ای متأثر از رویکردها و پارادایم‌های محیطی (نظیر ناب، چابک، سبز، تاب آور، پایدار و غیره) هم‌راستا با تحولات سریع دانشی، توسعه یافته است. هر یک از این رویکردها زاییده تفکرات و نیز مبنایی برای توسعه مفاهیم جدید در زمینه مدیریت زنجیره تأمین شده است. یکی از این رویکردها زنجیره تأمین پایدار است که در چند سال گذشته به مقوله زنجیره تأمین اضافه شده است [۹]. امروزه رقابت برای توسعه زنجیره‌های تأمین پایدار جایگزین رقابت‌های سنتی متعارف بنگاه‌ها و شرکت‌ها شده است. تأمین‌کنندگان به‌عنوان یک شریک حیاتی در زنجیره تأمین بالادستی، سهم زیادی در دستیابی به پایداری صنعت دارند [۱۴]؛ بنابراین نخستین گام برای دستیابی به پایداری در زنجیره تأمین، انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس شاخص‌های پایداری است [۴]. مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان با این واقعیت که انواع معیارها و زیرمعیارهای پایداری را باید در فرآیند تصمیم‌گیری در نظر گرفت، پیچیده‌تر می‌شود؛ ازاین‌رو انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره است [۲۵]. ازآنجاکه عملکرد هر سازمان موجود در یک زنجیره، به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر عملکرد سایر اجزای زنجیره و نیز عملکرد کلی زنجیره اثرگذار خواهد بود، اخذ تصمیم نادرست در خصوص انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار، هزینه‌های مشهود و نامشهود زیادی را بر تمام فرآیندها، حلقه‌ها و سازمان زنجیره تحمیل کرده (قاعده اثر شلاق چرمی) و سبب وجود عدم‌اطمینان و عدم‌هماهنگی در طی زنجیره تأمین می‌شود که نتایج و پیامدهای منفی بسیاری را برای شرکت‌ها و ارکان زنجیره تأمین در پی خواهد داشت [۷]. با توجه به این مسائل و نظر به هزینه‌بر و وقت‌گیر بودن فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار از یک سو و توانمندی روزافزون فناوری اطلاعات و ارتباطات از سوی دیگر و با درنظرگرفتن لزوم به‌کارگیری سیستم‌های انعطاف‌پذیر و سریع در تصمیم‌گیری در مواجهه با چالش‌های اجتماعی و دغدغه‌های زیست‌محیطی جهان امروز، در این پژوهش تلاش می‌شود تا با توجه به پیچیدگی‌ها و تعداد معیارهای ارزیابی تأمین‌کننده پایدار در ابعاد مختلف پایداری، یک مدل مناسب و کارآمد برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار ارائه شود؛ همچنین در این پژوهش نشان داده می‌شود که انتخاب

توانمندترین تأمین‌کنندگان پایدار در تک‌تک حلقه‌ها، به توسعه پایدار زنجیره تأمین در فضای رقابتی امروز منجر خواهد شد. نتایج پژوهش حاضر در طراحی زنجیره‌های تأمین پایدار و در مواجهه با شرایطی که سازمان‌های عضو زنجیره تأمین در کنار اهداف اقتصادی به دنبال تأمین اهداف زیست‌محیطی و اجتماعی نیز هستند، به‌خوبی می‌تواند راهگشا باشد و مورداستفاده قرار گیرد. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی به مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار پرداخته‌اند و مدل‌ها و رویکردهای مختلفی توسط پژوهشگران برای این منظور پیشنهاد شده است؛ اما در مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار، مطالعات کمی وجود دارد که به هر سه جزء پایداری (اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی) بپردازد؛ بنابراین شکاف تحقیقاتی در این زمینه وجود دارد [۲۰]. معیارها و زیرمعیارهای استفاده‌شده در این پژوهش، هر سه جزء پایداری (اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی) را تحت پوشش قرار می‌دهد. از طرف دیگر با توجه به شرایط حاکم بر جوامع امروزی و افزایش پیچیدگی‌ها در جهان، مدل‌ها و روش‌هایی که مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار را در محیط‌های نامشخص و تحت شرایط عدم‌قطعیت بررسی می‌کند، اهمیت بیشتری یافته است. ازآنجاکه موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار ویژگی‌های یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره را دارد، مدل‌ها و روش‌های مختلفی در این خصوص توسط پژوهشگران ارائه شده است. با این وجود اینکه پژوهشگرانی اندکی به موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در شرایط عدم‌قطعیت پرداخته‌اند، این مسئله یک شکاف تحقیقاتی دیگر در این زمینه است که پژوهش حاضر به آن می‌پردازد. در میان مدل‌ها و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که اخیراً برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار مورداستفاده قرار گرفته است، روش بهترین ـ بدترین[1] بیشتر موردتوجه پژوهشگران بوده است. این روش نخستین بار توسط رضایی (۲۰۱۵)، مطرح شد. روش بهترین ـ بدترین (BWM) می‌تواند برای اتخاذ تصمیم درست به‌منظور انتخاب تأمین‌کننده پایدار مفید واقع شود؛ اما این روش از قضاوت ذهنی تصمیم‌گیرنده در خصوص انتخاب بهترین و بدترین معیار و نیز اهمیت نسبی آن‌ها نسبت به معیارهای دیگر، استفاده می‌کند (مقایسات زوجی) و این امر ممکن است دقت مقایسه را که بر اساس قضاوت کیفی صورت می‌گیرد، کاهش دهد (نرخ سازگاری[2]). با ارتقای روش بهترین ـ بدترین توسط نظریه مجموعه‌های راف [3] که اخیراً در تحلیل تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره کاربرد وسیعی یافته است، می‌توان قضاوت کیفی را در مقایسه، دقیق‌تر انجام داد و خطاهای ارزیابی در فرآیند مقایسات زوجی را از بین برد. ترکیب روش بهترین ـ بدترین و نظریه مجموعه‌های راف، البته با رویکرد ارائه‌شده در این پژوهش، مدلی جدید بوده و تاکنون برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار،

1. Best Worst Method (BWM)
2. Consistency Ratio
3. Rough Sets Theory

مورداستفاده قرار نگرفته است. پژوهشگران اندکی از نظریه مجموعه‌های راف برای بهبود و ارتقای روش بهترین ـ بدترین برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان (نه لزوماً پایدار) استفاده کرده‌اند. با وجود این موضوع، در هیچ‌یک از این پژوهش‌ها رویکرد جدول تصمیم‌گیری[1] و مفهوم آنتروپی شرطی[2] در نظریه مجموعه‌های راف با هم بررسی نشده است. یکی از مزایای روش پیشنهادی، مدل‌کردن عدم‌قطعیت مربوط به ارزیابی‌های شخصی و صفرکردن خطای قضاوت ذهنی تصمیم‌گیرنده، با استفاده از رویکرد جدول تصمیم‌گیری در نظریه مجموعه‌های راف است؛ همچنین با بهره‌گیری از مفهوم آنتروپی شرطی در مجموعه‌های راف، معناداری (اهمیت)[3] معیارها محاسبه می‌شود و انتخاب بهترین و بدترین معیار و نیز انجام مقایسات زوجی در روش بهترین ـ بدترین بر این اساس صورت می‌گیرد. با این روش پیشنهادی، دیگر نیاز نیست از قضاوت ذهنی تصمیم‌گیرنده در خصوص انتخاب بهترین و بدترین معیار و نیز اهمیت نسبی آن‌ها نسبت به معیارهای دیگر استفاده شود. با به‌کارگیری این مدل که نخستین بار برای توسعه روش بهترین ـ بدترین معرفی شده است، نرخ ناسازگاری روش BWM در تمامی مراحل صفر می‌شود و این خود نشان‌دهنده این امر است که قضاوت کیفی در مقایسه، دقیق‌تر شده و خطاهای ارزیابی در فرآیند مقایسات زوجی از بین رفته است. توسعه تکنیک بهترین ـ بدترین توسط نظریه مجموعه‌های راف، البته با رویکرد معرفی‌شده در این پژوهش برای نخستین بار به‌منظور تعیین وزن معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه می‌شود و به‌کارگیری آن در خصوص مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار نیز موضوع جدیدی است. در ادامه از دو روش‌های TOPSIS و SAW نیز برای تعیین وزن تأمین‌کنندگان پایدار استفاده شده و نتایج با هم مقایسه شده است. مدل ارائه‌شده در زنجیره تأمین «شرکت ایران‌خودرو» به‌کار گرفته شده و معیارهای تصمیم‌گیری بر اساس مرور مبانی نظری پیشین و نظر کارشناسان خبره انتخاب شده است. رویکرد پیشنهادی این پژوهش به‌راحتی می‌تواند توسط شرکت‌های دیگر مورداستفاده قرار گیرد.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این بخش، پژوهش‌های مرتبط با مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار که از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده کرده‌اند، مرور خواهد شد و معیارهایی که در این پژوهش‌ها، بیشتر مورداستفاده قرار گرفته‌اند، برای استفاده در تحقیق فعلی انتخاب خواهند شد. در مدیریت زنجیره تأمین، تأکید بر جنبه‌های پایداری در انتخاب تأمین‌کنندگان، فرآیند تصمیم‌گیری را سخت‌تر و حساس‌تر می‌کند. تکنیک‌ها و مدل‌های مختلفی برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار

1. Decision Table Approach
2. Conditional Entropy
3. Significance

توسط پژوهشگران پیشنهاد شده است، به‌عنوان مثال، لین[1] و همکاران (۲۰۱۸)، از یک روش دیمتل فازی تقریبی[2] برای تحلیل معیارهای پایداری و انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در زنجیره تأمین، تحت شرایط عدم‌قطعیت استفاده کردند. وحیدی و همکاران (۲۰۱۸)، یک مدل ترکیبی SWOT-QFD را برای شناسایی عوامل تأثیرگذار بر مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار به‌کار بردند. آن‌ها همچنین یک مدل هیبریدی[3] دومرحله‌ای با توابع هدف جدید را برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار و تخصیص سفارش در شرایط انعطاف‌پذیر ارائه دادند. لی[4] و همکاران (۲۰۱۸)، یک روش یکپارچه ANP-VIKOR را بر پایه مجموعه‌های فازی نوع دو ارائه کردند. آن‌ها روش ANP را برای تعیین وزن معیارها به‌کار گرفتند و روش VIKOR را برای انتخاب و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان پایدار مورداستفاده قرار دادند. عظیمی‌فرد و همکاران (۲۰۱۸)، ترکیب روش AHP و TOPSIS را برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در صنایع فولاد پیشنهاد دادند. آن‌ها با روش AHP وزن معیارها را محاسبه کردند و با روش TOPSIS تأمین‌کنندگان صنعت فولاد ایران را بر اساس شاخص‌های پایداری رتبه‌بندی کردند. عبدالباسط[5] و همکاران (۲۰۱۸)، یک روش هیبریدی مبتنی بر ANP-TOPSIS را برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار توسعه دادند. این روش بر اساس ارزش‌های بازه‌ای مجموعه‌های نتروسفیک[6] بود. آن‌ها روش ANP را برای محاسبه وزن معیارها و روش TOPSIS را برای محاسبه وزن تأمین‌کنندگان پایدار به‌کار گرفتند. ماتیک[7] و همکاران (۲۰۱۹)، یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره هیبریدی جدید را برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین پایدار توسعه دادند. آن‌ها این مدل را در شرکت‌های ساختمانی به‌کار گرفتند. یزدانی و همکاران (۲۰۱۹)، یک نسخه توسعه‌یافته از روش راه‌حل سازشی ترکیبی موسوم به CoCoSo[8] را که با اعداد خاکستری[9] ترکیب شده بود، برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان در یک زنجیره تأمین پایدار ارائه کردند. آن‌ها از دو روش وزن‌دهی BWM و DEMATEL استفاده کردند. آن‌ها روش DEMATEL را برای تعیین بهترین و بدترین شاخص به‌کار بردند و سپس روش BWM برای رتبه‌بندی معیارها مورداستفاده قرار دادند. سرانجام روش CoCoSo برای محاسبه رتبه هر تأمین‌کننده و رتبه‌بندی آن‌ها مورداستفاده قرار گرفت. ژانگ[10] و همکاران (۲۰۱۹)، روش

1. Lin
2. Approximate Fuzzy Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (AFDEMATEL)
3. Hybrid
4. Liu
5. Abdel-Basset
6. Interval-valued Neutrosphic Sets (INS)
7. Matic
8. Combined Compromise Solution (COCOSO)
9. Gray Numbers
10. Zhang

EDAS[1] فازی را برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار پیشنهاد دادند. آن‌ها با یک مثال عددی این مدل را برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار مفید دانستند. عبدالباسط و همکاران (۲۰۱۹)، یک روش یکپارچه ANP-VIKOR را در شبکه عصبی برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار معرفی کردند. روش ANP برای محاسبه وزن معیارها بکار گرفته شد و روش VIKOR برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار مورداستفاده قرار گرفت. ممار‌ی[2] و همکاران (۲۰۱۹)، از روش FUZZY TOPSIS برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار بهره گرفتند. آن‌ها نظریه مجموعه‌های فازی را برای بیان جنبه‌های مبهم معیارها به‌کار بردند. لی[3] و همکاران (۲۰۱۹)، برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار، یک مدل ابری[4] مبتنی بر روش TOPSIS ارائه دادند. آن‌ها برای مواجهه با شرایط عدم‌قطعیت از نظریه مجموعه‌های راف استفاده کردند.

ژانگ[5] و همکاران (۲۰۲۰)، از یک مدل ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره با تلفیق روش BWM و روش COCOSO که مبتنی بر اعداد بازه‌ای راف مرزی[6] بود، برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در توسعه صنعت مسکن بهره گرفتند. امیری و همکاران (۲۰۲۰)، روش BWM را با نظریه مجموعه‌های فازی ترکیب کردند و این روش را برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار مفید دانستند. آن‌ها این روش را برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در شرکت «ایران‌خودرو» به‌کار بردند. دورمیک[7] و همکاران (۲۰۲۰)، روش سازگاری کامل[8] را با روش Rough SAW ترکیب کردند و آن را برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار به‌کار گرفتند. آن‌ها ارزیابی گروهی معیارها را در دو سطح انجام دادند و برای محاسبه اوزان معیارها از روش FUCOM استفاده کردند و برای اجتناب از عدم‌قطعیت، روش Rough SAW را مورداستفاده قرار دادند. راشی[9] و همکاران (۲۰۲۱)، برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در زنجیره تأمین غذا، ترکیب روش BWM و نظریه مجموعه‌های فازی را ارائه دادند. آدیتی[10] و همکاران (۲۰۲۲)، از ترکیب روش BWM و MARCOS برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار استفاده کردند. آن‌ها روش BWM را برای تعیین وزن معیارها و روش MARCOS را برای تعیین وزن نهایی تأمین‌کنندگان به‌کار بردند. راکش[11] و همکاران (۲۰۲۲)، ترکیب روش AHP و TOPSIS را برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در زنجیره تأمین صنایع الکترونیک پیشنهاد

1. Evaluation based on Distance from Average Solution (EDAS)
2. Memari
3. Li
4. Cloud Model
5. Zhang
6. Interval Rough Boundaries
7. Durmic
8. FUll COnsistency Method (FUCOM)
9. Rashi
10. Aditi
11. Rakesh

دادند. جواچیم[1] و همکاران (۲۰۲۳)، یک رویکرد جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار ارائه دادند. آن‌ها برای انتخاب معیارهای مناسب از روش Delphi، برای تعیین وزن معیارها از روش BWM و برای محاسبه و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان از روش TOPSIS استفاده کردند. عزیزی و شاهرخی (۲۰۲۳)، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره بر پایه روش تصمیم‌گیری چندمعیاره COPRAS را برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار پیشنهاد دادند. آن‌ها از اعداد فازی نوع ۲ برای این منظور استفاده کردند. ساناتان[2] و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی که برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار انجام دادند از رویکرد تحلیل رابطه‌ای خاکستری[3] برای شناسایی و تعیین وزن معیارها استفاده کردند و برای محاسبه وزن تأمین‌کنندگان، روش TOPSIS را ارائه دادند. آن‌ها مدل پیشنهادی خود را با عنوان GRA-TOP Model، در صنایع خودروسازی مورداستفاده قرار دادند. جان[4] و همکاران (۲۰۲۳)، برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار، رویکرد VIKOR مبتنی بر آنتروپی فازی[5] را به‌کار بردند. کاظمی تاش[6] و همکاران (۲۰۲۱)، روش BWM را با نظریه مجموعه‌های راف ترکیب کردند و آن را برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان با معیارهای سبز[7] به‌کار بردند. در مدل ارائه‌شده توسط آن‌ها از مفهوم معناداری معیارها و آنتروپی در نظریه مجموعه‌های راف استفاده نشده است؛ بلکه منطق اعداد راف به‌جای اعداد قطعی، برای ارزیابی معیارها و مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان سبز مطرح شده است. در این مدل از قضاوت ذهنی تصمیم‌گیرنده در خصوص انتخاب بهترین و بدترین معیار و نیز اهمیت نسبی آن‌ها نسبت به معیارهای دیگر، استفاده شده است (مقایسات زوجی) و این امر باز هم دقت مقایسه را که بر اساس قضاوت کیفی صورت می‌گیرد، کاهش می‌دهد. آن‌ها برای اعتبارسنجی روش خود این موضوع را در شرکت‌های بیوسوختی۸ مورداستفاده قرار دادند. در سال‌های اخیر مطالعات زیادی به مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار پرداخته‌اند و مدل‌ها و رویکردهای مختلفی توسط پژوهشگران برای این منظور پیشنهاد شده است؛ اما در مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار، مطالعات کمی وجود دارد که به هر سه جزء پایداری (اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی) پرداخته باشد؛ بنابراین یک شکاف پژوهشی در این زمینه وجود دارد. ازآنجاکه موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار ویژگی‌های یک مسئله تصمیم‌گیری چندمعیاره را دارد، پژوهشگران مدل‌ها و روش‌های مختلفی در این خصوص ارائه کرده‌اند. باوجوداین در پژوهش‌های کمی به موضوع انتخاب تأمین‌کنندگان

1. Joachim
2. Sanatan
3. Grey Relational Analysis (GRA)
4. Jun
5. Fuzzy Entropy
6. Kazemitash
7. Green Supplier Selection (GSS)
8. Biofuel

پایدار در شرایط عدم‌قطعیت پرداخته شده و این مسئله یک شکاف تحقیقاتی دیگر در این زمینه است که جزو اهداف این پژوهش به‌شمار می‌رود. پژوهشگران اندکی از نظریه مجموعه‌های راف برای بهبود و ارتقای روش بهترین ـ بدترین، به‌منظور مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان (نه لزوماً پایدار) استفاده کرده‌اند. با وجود این موضوع، هیچ‌یک از این پژوهشگران، رویکرد جدول تصمیم‌گیری و مفهوم آنتروپی شرطی در نظریه مجموعه‌های راف را بررسی نکرده‌اند. با ارتقای روش بهترین ـ بدترین توسط این مفاهیم که اخیراً در تحلیل تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره کاربرد وسیعی یافته است، می‌توان قضاوت کیفی را در مقایسه، دقیق‌تر انجام داد و خطاهای ارزیابی در فرآیند مقایسات زوجی را از بین برد. این موضوع هدف اصلی پژوهش حاضر است. نخستین بار، خیا[1] و همکاران (۲۰۰۷)، مفهوم معناداری معیارها و آنتروپی در نظریه مجموعه‌های راف را با روش AHP، برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان ترکیب کردند. باوجوداین تاکنون این مفاهیم در نظریه مجموعه‌های راف، با روش BWM ترکیب نشده و برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار به کار گرفته نشده است (در تمامی پژوهش‌های مربوط به انتخاب تأمین‌کنندگان، این موضوع به چشم می‌خورد). خلاصه‌ای از پژوهش‌های انجام‌شده قبلی و تفاوت آن‌ها با پژوهش حاضر، در جدول ۱، آمده است.

جدول ۱. مرور مبانی نظری

پژوهشگر (سال)	تکنیک مورداستفاده	روش بهترین – بدترین	مجموعه‌های راف			
			مفهوم معناداری	مفهوم آنتروپی شرطی	رویکرد جدول تصمیم	اعداد راف
لین و همکاران، (۲۰۱۸)	Fuzzy DEMATEL	–	–	–	–	–
وحیدی و همکاران، (۲۰۱۸)	SWOT-QFD	–	–	–	–	–
لی و همکاران، (۲۰۱۸)	ANP-VIKOR with interval type-2 fuzzy sets	–	–	–	–	–
عظیمی‌فرد و همکاران، (۲۰۱۸)	AHP-TOPSIS					
عبدالباسط و همکاران، (۲۰۱۸)	A Hybrid neutrosophic Group ANP-TOPSIS	-	-	-	-	-
ماتیک، (۲۰۱۹)	Hybrid MCDM methods	–	–	–	–	–
یزدانی و همکاران، (۲۰۱۹)	Combined compromise	■	–	–	–	–

1. Xia

پژوهشگر (سال)	تکنیک مورداستفاده	روش بهترین – بدترین	مجموعه‌های راف			
			مفهوم معناداری	مفهوم آنتروپی شرطی	رویکرد جدول تصمیم	اعداد راف
	solution method with grey numbers CoCoSo-G					
ژانگ و همکاران (۲۰۱۹)،	Picture fuzzy EDAS model	–	–	–	–	–
عبدالباسط و همکاران، (۲۰۱۹)	Neutrosophic ANP and VIKOR methods	–	–	–	–	–
مماری و همکاران، (۲۰۱۹)	Fuzzy TOPSIS method	–	–	–	–	–
لی و همکاران، (۲۰۱۹)	Developed TOPSIS with Cloud Model	-	-	-	-	■
ژانگ و همکاران، (۲۰۲۰)	BWM+COCOSO+ Interval Rough Boundaries	■	–	–	–	■
امیری و همکاران، (۲۰۲۰)	New fuzzy approach based on BWM and α-cut	■	-	-	-	-
دورمیک و همکاران، (۲۰۲۰)	FUll COnsistency Method (FUCOM)+SAW	–	–	–	–	■
راشی و همکاران، (۲۰۲۱)	Fuzzy BWM	■	-	-	-	-
آدیتی و همکاران، (۲۰۲۲)	BWM-MARCOS	■	-	-	-	-
راکش و همکاران، (۲۰۲۲)	AHP-TOPSIS	–	–	–	–	–
جواچیم و همکاران، (۲۰۲۳)	Delphi-BWM-TOPSIS	■	-	-	-	-
عزیزی و همکاران، (۲۰۲۳)	COPRAS-interval type-2 fuzzy sets	–	–	–	–	–
ساناتان و همکاران، (۲۰۲۳)	Grey Relational Analysis-TOPSIS	–	–	–	–	–
جان و همکاران، (۲۰۲۳)	Fuzzy Entropy-VIKOR	–	–	–	–	–
کاظمی تاش و همکاران، (۲۰۲۱)	Rough BWM	■	-	-	-	■
خیا و همکاران، (۲۰۰۷)	Rough AHP	-	■	■	■	-
پژوهش حاضر	Rough BWM	■	■	■	■	–

۳. روش‌شناسی پژوهش

رویکرد جدول داده (جدول تصمیم)، آنتروپی و مفهوم معناداری در نظریه راف. نظریه مجموعه‌های راف، نخستین بار توسط پاولاک[1] (۱۹۸۲) مطرح شد. این دیدگاه برای بیان و بررسی مسائلی است که در آن‌ها عدم‌قطعیت و ابهام وجود دارد و معمولاً برای یافتن ناهمگونی‌ها و ارتباطات در اطلاعات به‌کار می‌رود. مهم‌ترین ویژگی‌های این نظریه عبارت است از [۲۳]:

۱. برخورداری از الگوریتم بهینه برای یافتن الگوها؛
۲. جست‌وجوی روابطی که توسط روش‌های آماری کشف نمی‌شود؛
۳. امکان استفاده از اطلاعات کمّی و کیفی؛
۴. یافتن مجموعه مینی‌مال از داده‌ها که برای کلاس‌بندی مفید است (مانند کم‌کردن ابعاد و تعداد اطلاعات)؛
۵. ارزیابی معناداری معیارها (از این مفهوم در پژوهش حاضر استفاده می‌شود)؛
۶. تولید قوانین تصمیم‌گیری از روی‌داده‌ها [۲۳].

برخی از مفاهیم مهم نظریه مجموعه‌های راف چنین شرح داده می‌شود:

به‌طورکلی هر جدول داده می‌تواند به‌صورت رابطه ۱، باشد [۱۱]:

$$S = \langle U, R, V, f \rangle$$ رابطه (۱)

در رابطه ۱، U مجموعه‌ای محدود از هر شیء است. برای مثال، در رابطه $R = P \cup Q$ ، R مجموعه‌ای از معیارها است و زیرمجموعه‌های P و Q به‌ترتیب مجموعه معیارهای شرطی و مجموعه معیارهای تصمیم هستند. V_r دامنه مشخصه (معیار) r است و داریم:

$$V = \mathrm{U}_{r \in R} V_r$$ رابطه (۲)

r عضوی از R است. همچنین برای هر r عضو R و هر x عضو U داریم:

$$f: U \times R \to V$$ رابطه (۳)

تابع کامل f، تابع اطلاعات است. برای هر زیرمجموعه غیرتهی مثل B از مجموعه معیارهای R، یک رابطه همسانی (غیرقابل‌تمیز) با IND(B) مشخص می‌شود و خواهیم داشت [۱۱]:

1. Pawlak

$$IND(B) = \{(x,y)|(x,y) \in U \times U, \forall b \in B\big(b(x) = b(y)\big)\}$$ رابطه (۴)

واضح است که این رابطه همسانی یک رابطه هم‌ارزی (بازتابی، متقارن و غیرمستقیم) است. مجموعه تمامی کلاس‌های هم‌ارزی رابطه IND(B) را با U|$IND(B)$ مشخص می‌کنند و نمایش می‌دهند [۱۹].

تعریف ۱: آنتروپی H(P) از مجموعه معیارهای P به‌صورت زیر تعریف می‌شود [۱۱]:

$$H(P) = -\sum_{i=1}^{n} p(X_i) \log_2 p(X_i)$$ رابطه (۵)

که در آن:

$$p(X_i) = \frac{|X_i|}{|U|}$$

درواقع $p(X_i)$ احتمال X_i را مشخص می‌کند. وقتی که P در ناحیه $X=\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ از مرجع U افراز شده باشد.

تعریف ۲: آنتروپی شرطی $H(Q|P)$ با توجه به اطلاعات Q (Q مجموعه معیارهای تصمیم است) [۱۱]:

$$Q(U|IND(Q) = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\})$$

که وابسته به اطلاعات P (P مجموعه معیارهای شرطی است):

$$P(U|IND(P) = \{X_1, X_2, \dots, X_n\})$$

است، چنین تعریف می‌شود:

$$H(Q|P) = -\sum_{i=1}^{n} p(X_i) \sum_{j=1}^{m} p\big(Y_j|X_i\big) \log_2 p\big(Y_j|X_i\big)$$ رابطه (۶)

که در آن Q مجموعه معیارهای تصمیم و P مجموعه معیارهای شرطی و $p\big(Y_j|X_i\big)$ احتمال شرطی است.

تعریف ۳: اگر جدول تصمیم $S = \langle U, R, V, f \rangle$ موجود باشد و $R = P \cup Q$ (در آن R مجموعه‌ای از مشخصات یا معیارهاست و زیرمجموعه‌های P و Q به‌ترتیب مجموعه معیارهای شرطی و مجموعه معیارهای تصمیم هستند) باشد و زیرمجموعه مشخصه A که زیرمجموعه مجموعه P است نیز مفروض باشد، آنگاه می‌توان اهمیت مشخصه a (a عضو P است ولی عضو

A نیست) را که به‌صورت SGF(a,A,Q) نشان داده می‌شود، بر اساس رابطه زیر محاسبه کرد [۱۱]:

$$SGF(a, A, Q) = H(Q|A) - H(Q|A \cup \{a\})$$ رابطه (۷)

با داشتن زیرمجموعه مشخصه A، هر چه مقدار SGF(a,A,Q) بیشتر باشد، مشخصه a برای تصمیم Q مهم‌تر است (معناداری معیار a بیشتر است).

بهبود روش BWM با استفاده از مفهوم معناداری در نظریه مجموعه‌های راف: روش بهترین ـ بدترین، برای تعیین وزن معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، نخستین بار توسط رضایی (۲۰۱۵)، معرفی شد. در این پژوهش، روش BWM با چندین روش تصمیم‌گیری چندمعیاره ازجمله AHP مقایسه شد و با توجه به نتایج، مشخص شد که این روش می‌تواند یکی از کاراترین روش‌های موجود باشد [۱۰]. در این روش، بهترین و بدترین شاخص‌ها و معیارها توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود و سپس مقایسه زوجی بین هر یک از این دو شاخص که بهترین و بدترین هستند، با دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد. آنگاه مسئله تبدیل به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی می‌شود؛ بدین‌گونه که وزن شاخص‌ها به‌صورتی به‌دست آید که تفاوت‌های مطلق اوزان کمینه شود. این روش نیاز به تعداد مقایسات زوجی کمتری نسبت به روش AHP دارد و همچنین در این روش، مقایسات زوجی سازگارتر و نتایج با قابلیت اطمینان بیشتر حاصل می‌شود [۲۴]. در روش BWM از تصمیم‌گیرنده خواسته می‌شود تا بهترین و بدترین معیار را بر اساس قضاوت ذهنی خود، انتخاب و مشخص کند؛ بنابراین روش BWM در اصل به قضاوت انسان مربوط می‌شود و این موضوع می‌تواند سازگاری را تحت تأثیر قرار دهد؛ همچنین در این روش برای مقایسه زوجی بهترین و بدترین معیار با دیگر شاخص‌ها از ارجحیت آن‌ها نسبت به سایر معیارها بر اساس طیف ۱ تا ۹ استفاده می‌شود که همین موضوع نیز به قضاوت‌های ذهنی انسان مرتبط است. از طرفی دیگر اطلاعات ناکافی و ناقص از متغیرها و وجود معیارهای کیفی در ارزیابی آن‌ها، سبب پیچیدگی تصمیم‌گیری در انتخاب گزینه ایده‌آل می‌شود؛ ازاین‌رو نیاز نظری برای ایجاد یک روش قدرتمند به‌منظور حل مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره همراه با عدم‌قطعیت احساس می‌شود. بدین منظور و برای کاستن از مفهوم ذهنی قضاوت انسان، رویکرد جدول تصمیم‌گیری مطابق نظریه مجموعه‌های راف، برای به‌دست‌آوردن وزن‌های عینی‌تر در این پژوهش پیشنهاد می‌شود؛ همچنین آنتروپی شرطی و مفهوم معناداری معیارها در نظریه مجموعه‌های راف در روش BWM مورداستفاده قرار می‌گیرد تا سازگاری قضاوت را بهبود بخشد و مشکل خطای ارزیابی در این روش را حل کند. مدل پیشنهادی در این پژوهش، نرخ ناسازگاری روش BWM را به صفر می‌رساند و سازگارترین نتایج را ارائه می‌دهد.

گام‌های اصلی BWM بهبودیافته توسط نظریه مجموعه‌های راف به شرح زیر است:
مرحله ۱: تعیین مجموعه‌ای از معیارهای تصمیم‌گیری؛
مرحله ۲: طراحی جدول تصمیم‌گیری برای معیارها؛
مرحله ۳: ارزش‌گذاری ستون تصمیم در جداول تصمیم‌گیری توسط گروه ارزیابی؛
مرحله ۴: محاسبه معناداری و اهمیت معیارها با استفاده از جداول تصمیم‌گیری و روابط ۱ تا ۷؛
مرحله ۵: انتخاب بهترین و بدترین معیار با توجه به SGF محاسبه‌شده برای هر معیار در مرحله قبل (در این مرحله، بهترین و بدترین معیار به‌طور ذهنی انتخاب نمی‌شود، بلکه بر اساس میزان اهمیت و معناداری محاسبه‌شده (SGF) با استفاده از روابط راف، بهترین و بدترین معیار مشخص می‌شود)؛
مرحله ۶: مقایسه زوجی بین بهترین معیار با سایر معیارها (در این مرحله برای ارجحیت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها، از طیف ۱ تا ۹ استفاده نمی‌شود؛ بلکه ارجحیت بهترین معیار (B) نسبت به سایر معیارها (j)، با استفاده از رابطه ۸، محاسبه می‌شود:

$$a_{Bj} = \frac{SGF_B}{SGF_j} \qquad a_{BB} = 1$$ رابطه (۸)

و بردار «بهترین با سایرین» به‌صورت زیر ایجاد می‌شود:

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

مرحله ۷: مقایسه‌های زوجی بین سایر معیارها نسبت به بدترین معیار (در این مرحله برای ارجحیت سایر معیارها نسبت به بدترین معیار، از طیف ۱ تا ۹ استفاده نمی‌شود؛ بلکه ارجحیت سایر معیارها (j) نسبت به بدترین معیار (W)، با استفاده از رابطه ۹، محاسبه می‌شود:

$$a_{jW} = \frac{SGF_j}{SGF_W} \qquad a_{WW} = 1$$ رابطه (۹)

و بردار «سایرین با بدترین» به‌صورت زیر ایجاد می‌شود:

$$A_W = (a_{1W}, a_{2W}, \dots, a_{nW})$$

مرحله ۸: تعیین وزن معیارها (در این گام با استفاده از مدل بهینه‌سازی مطابق رابطه ۱۰، وزن معیارها به‌صورتی به‌دست می‌آید که تفاوت‌های مطلق اوزان کمینه شود) [۲۴]. این مدل را می‌توان در نرم‌افزارهایی همچون لینگو اجرا و حل کرد.

رابطه (۱۰)
$$min\ max\ \left\{\left|\frac{W_B}{W_j} - a_{Bj}\right|, \left|\frac{W_j}{W_W} - a_{jW}\right|\right\}$$
$$s.t.$$
$$\sum_j W_j = 1$$
$$W_j \geq 0 \quad for\ all\ j$$

رابطه ۱۰ را می‌توان به‌صورت رابطه ۱۱، نیز مدل کرد [۲۴]:

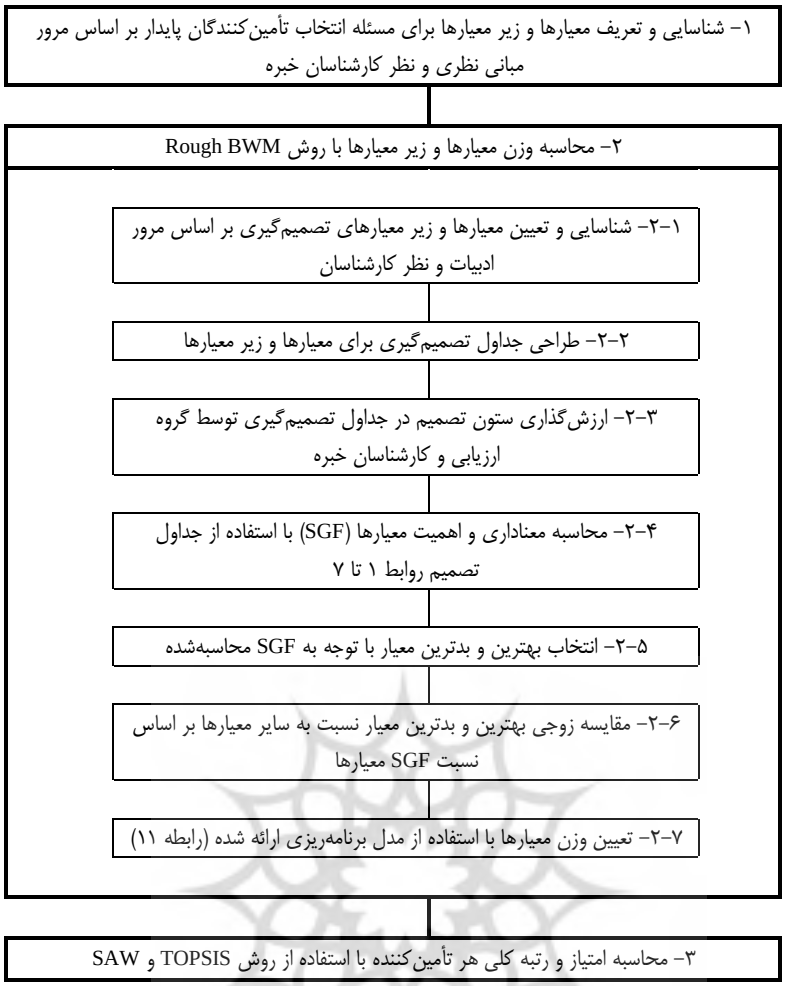
رابطه (۱۱)
$$min\ \epsilon$$
$$s.t.$$
$$\left|\frac{W_B}{W_j} - a_{Bj}\right| \leq \epsilon \quad for\ all\ j$$
$$\left|\frac{W_j}{W_W} - a_{jW}\right| \leq \epsilon \quad for\ all\ j$$
$$\sum_j W_j = 1$$
$$W_j \geq 0 \quad for\ all\ j$$

مرحله ۹: هنگامی که وزن‌های بهینه به‌دست آمد، به‌منظور بررسی اعتبار مقایسات، میزان سازگاری آن‌ها باید محاسبه شود. میزان سازگاری با استفاده از رابطه ۱۲، محاسبه می‌شود [۲۴]. هرچه مقادیر میزان ناسازگاری به صفر نزدیک‌تر باشد، نتایج سازگاری بیشتری دارد.

رابطه (۱۲)
$$\text{Inconsistency Ratio} = \frac{\epsilon^*}{\text{Consistency Index}}$$

در مدل پیشنهادی این پژوهش، مقدار ϵ^* حاصل از حل مدل رابطه ۱۱، همیشه برابر صفر است؛ بنابراین میزان ناسازگاری در این روش همیشه صفر است و استفاده از این مدل، سازگارترین نتایج را ارائه می‌دهد.

حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار با استفاده از مدل پیشنهادی Rough BWM. در این پژوهش، مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار برای «شرکت ایران‌خودرو» ارائه شده است. این شرکت می‌تواند کالای موردنیاز خود را از تعدادی تأمین‌کننده دریافت کند.



شکل ۱. چارچوب مدل پیشنهادی

مجموعه تأمین‌کنندگان فعال «شرکت ایران‌خودرو» در این پژوهش عبارت‌اند از: *SAPCO* (ساپکو)، *ISACO* (ایساکو) و *MCPCO* (ام سی پیکو).

برای این منظور نیاز به اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان است تا ترتیب خرید کالا از آن‌ها تعیین شود. در پژوهش حاضر هر سه جنبه پایداری که شامل معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است، برای ارزیابی تأمین‌کنندگان در نظر گرفته شده است؛ سپس با استفاده از روش پیشنهادی Rough BWM وزن معیارها و زیرمعیارها تعیین شده است. درنهایت با استفاده از روش مجموع ساده وزنی، امتیاز تأمین‌کنندگان محاسبه شده و اولویت‌بندی مناسب برای خرید کالاها مشخص شده است. شایان ذکر است که هر تأمین‌کننده می‌تواند همه کالاهای موردنیاز شرکت را تأمین کند.

گام‌های اصلی مدل پیشنهادی در شکل ۱، نشان داده‌شده و به شرح زیر است:
مرحله ۱: شناسایی و تعریف معیارها برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار؛
مرحله ۲: محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها با روش Rough BWM (در قسمت قبلی به‌طور مفصل شرح داده شد)؛
مرحله ۳: محاسبه امتیاز کلی هر تأمین‌کننده با استفاده از روش TOPSIS و SAW.

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

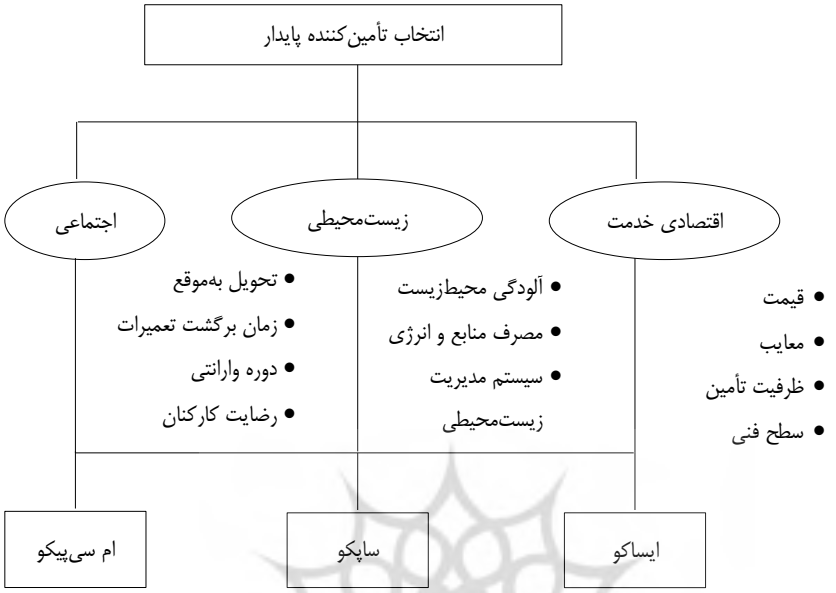
شناسایی و تعریف معیارها برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار. به‌منظور ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده پایدار با توجه به جنبه‌های پایداری، تعدادی معیار و زیرمعیار بر اساس مطالعات گذشته انتخاب شده و توسط کارشناسان «شرکت ایران‌خودرو» موردمطالعه قرار گرفته و تأیید شده است. معیارها و زیرمعیارهای انتخاب‌شده برای این مطالعه به شرح جدول ۲، است.

جدول ۲. معیارها و زیرمعیارهای انتخاب تأمین‌کننده پایدار در این پژوهش

معیار	زیرمعیار	منبع
اقتصادی	قیمت	[۴]
	معایب	[۲۹]
	سطح فنی	[۳۰]
	ظرفیت تأمین	[۲۸]
زیست محیطی	مصرف منابع و انرژی	[۳۲]
	میزان آلودگی محیط‌زیست	[۸]
	سیستم مدیریت محیط‌زیست	[۵]
اجتماعی	تحویل به‌موقع	[۲۲]
	دوره وارانتی	[۳۱]
	زمان برگشت تعمیرات	[۱۵]
	رضایت کارکنان	[۱۷]

با داشتن تعداد زیادی از عوامل تأثیرگذار بر تصمیم‌گیری انتخاب تأمین‌کننده پایدار، تصمیم‌گیری باید بر اساس دنباله مرتبی از این مراحل به‌وجود آید. درواقع بیشتر شرکت‌ها نمی‌توانند به‌طور هم‌زمان تعداد زیادی از عوامل را هنگام تصمیم‌گیری مورداستفاده قرار دهند؛ درنتیجه این مسئله پیچیده باید از طریق سلسله‌مراتب تصمیم‌گیری چندسطحی، به زیرمسئله‌های قابل‌کنترل تجزیه شود. ساختار سلسله‌مراتبی توسعه‌یافته در این پژوهش، یک سلسله‌مراتب چهارمرحله‌ای است که در آن سطح بالا، هدف مسئله (انتخاب تأمین‌کننده پایدار برای شرکت ایران‌خودرو) را نشان می‌دهد و سطح آخر شامل تأمین‌کنندگان متفاوت «شرکت ایران‌خودرو» (ساپکو، ایساکو و ام سی‌پیکو) است. سطح دوم این ساختار شامل معیارهای پایداری

است که معمولاً در انتخاب تأمین‌کننده پایدار در نظر گرفته می‌شود. این معیارها عبارت‌اند از: اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی. در سطح سوم، این معیارها به زیرمعیارهای مختلفی تجزیه می‌شوند که ممکن است انتخاب تأمین‌کننده پایدار را تحت تأثیر قرار دهد. سلسله‌مراتب کلی مورداستفاده در این پژوهش در شکل ۱، نشان داده شده است.



شکل ۲. سلسله‌مراتب انتخاب تأمین‌کننده پایدار

جدول ۳. جدول تصمیم برای معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی

گزینه	اقتصادی (a)	اجتماعی (b)	زیست‌محیطی (c)	تصمیم (d)
۱	۲	۱	۱	۱
۲	۳	۱	۱	۰
۳	۱	۲	۲	۱
۴	۲	۲	۲	۱
۵	۳	۲	۱	۰
۶	۱	۲	۳	۰
۷	۱	۳	۱	۰
۸	۱	۱	۳	۱
۹	۲	۲	۱	۱
۱۰	۲	۲	۳	۰
۱۱	۳	۳	۱	۰
۱۲	۳	۲	۲	۰
۱۳	۲	۳	۱	۰
۱۴	۲	۱	۳	۰

محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها با روش Rough BWM. در این مرحله، برای سطح دوم از شکل ۱، یک جدول تصمیم‌گیری شبیه جدول ۳، طراحی می‌شود (البته این جدول مقادیر ستون تصمیم را شامل نمی‌شود) تا گروه ارزیابی پس از تصمیم‌گیری، نتیجه تصمیم را در ستون تصمیم درج کند. برای طراحی جدول تصمیم‌گیری، ابتدا معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در سه سطح با مقادیر ۱، ۲ و ۳ ارزش‌گذاری می‌شوند که به‌ترتیب معادل خوب، متوسط و ضعیف برای هر سه معیار است. نمونه همین ارزش‌گذاری برای زیرمعیارها که در سه سطح ۱، ۲ و ۳، انجام شده است، در جدول ۷، ارائه می‌شود؛ سپس یک جدول تصمیم‌گیری مطابق جدول ۳، طراحی می‌شود که در آن گزینه‌های مختلف به‌همراه ترکیبات مختلف از امتیاز معیارها، قبل از فرآیند ارزیابی فهرست می‌شود. در جدول ۳، چهارده ترکیب مختلف فهرست شده است. یادآوری می‌شود که چهارده گزینه فهرست‌شده در جدول ۳، لزوماً نشان‌دهنده تعداد تأمین‌کنندگان مورد استفاده نیست؛ بلکه نمایانگر حالت‌های مختلف امتیاز معیارها است. برای مثال، گزینه ۲ در جدول ۳، نشان‌دهنده تأمین‌کننده خاصی نیست؛ بلکه حالتی را نشان می‌دهد که تأمین‌کننده از نظر اقتصادی در وضعیت ضعیف و از نظر اجتماعی و زیست‌محیطی در وضعیت خوبی برای شرکت قرار دارد؛ سپس این جدول برای تصمیم‌گیری به گروه ارزیابی داده می‌شود. عدد ۱ در ستون تصمیم نمایانگر این است که با امتیاز معیارهای مشخص‌شده در جدول ۳، تأمین‌کننده انتخاب می‌شود و عدد صفر نشان می‌دهد که با این امتیاز معیارها، تأمین‌کننده انتخاب نمی‌شود. برای مثال، ترکیب دوم در سطر دوم توصیف می‌کند که اگر تأمین‌کننده‌ای از نظر اقتصادی در وضعیت ضعیفی قرار داشته باشد، انتخاب نمی‌شود؛ حتی اگر از نظر اجتماعی و زیست‌محیطی، شرایط خوبی داشته باشد.

با استفاده از جدول تصمیم‌گیری ۳ و روابط ۱ تا ۷، معناداری (SGF) معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی از طریق روابط ۱۳ تا ۲۲، محاسبه می‌شود [۳۰]:

$$U|IND\{a\ ,b\ ,c\} = \begin{Bmatrix} \{1\},\{2\},\{3\},\{4\},\{5\}, \\ \{6\},\{7\},\{8\},\{9\}, \\ \{10\},\{11\},\{12\},\{13\},\{14\} \end{Bmatrix} \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$U|IND\{d\} = \{\{2,5,6,7,10,11,12,13,14\},\{1,3,4,8,9\}\} = \{Y_1, Y_2\} \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

$$U|IND\{b,c\} = \begin{Bmatrix} \{1,2\},\{3,4,12\},\{5,9\},\{6,10\}, \\ \{7,11,13\},\{8,14\} \end{Bmatrix} = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\} \quad \text{رابطه (۱۵)}$$

$$p(X_1)=\frac{2}{14} \quad p(Y_1|X_1)=\frac{1}{2} \quad p(Y_2|X_1)=\frac{1}{2}$$ رابطه (۱۶)

$$p(X_2)=\frac{3}{14} \quad p(Y_1|X_2)=\frac{1}{3} \quad p(Y_2|X_2)=\frac{2}{3}$$ رابطه (۱۷)

$$p(X_3)=\frac{2}{14} \quad p(Y_1|X_3)=\frac{1}{2} \quad p(Y_2|X_3)=\frac{1}{2}$$ رابطه (۱۸)

$$p(X_4)=\frac{2}{14} \quad p(Y_1|X_4)=1 \quad p(Y_2|X_4)=0$$ رابطه (۱۹)

$$p(X_5)=\frac{3}{14} \quad p(Y_1|X_5)=1 \quad p(Y_2|X_5)=0$$ رابطه (۲۰)

$$p(X_6)=\frac{2}{14} \quad p(Y_1|X_6)=\frac{1}{2} \quad p(Y_2|X_6)=\frac{1}{2}$$ رابطه (۲۱)

$$SGF(a,\{b,c\},\{d\})=H(\{d\}|\{b,c\})-H(\{d\}|\{a,b,c\})$$ رابطه (۲۲)
$$=-\frac{2}{14}\left(\frac{1}{2}\log\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\log\frac{1}{2}\right)\times 3-\frac{3}{14}\left(\frac{1}{3}\log\frac{1}{3}+\frac{2}{3}\log\frac{2}{3}\right)$$
$$=0.1882$$

معناداری مشخصه a (معیار اقتصادی) محاسبه شد و عدد ۰/۱۸۸۲ به‌دست آمد. مشابه همین فرآیند برای معناداری مشخصه b (معیار اجتماعی) عدد ۰/۱۰۲۲ حاصل شد؛ همچنین معناداری مشخصه c (معیار زیست‌محیطی) با استفاده از این فرآیند برابر ۰/۱۴۵۲ است. با توجه به مقدار معناداری محاسبه‌شده برای سه معیار، بهترین معیار، a (اقتصادی) و بدترین معیار، b (اجتماعی) است. مطابق رابطه ۸، بردار «بهترین با سایرین» به‌صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$a_{ab}=\frac{SGF_a}{SGF_b}=\frac{0.1882}{0.1022}=1.8415$$ رابطه (۲۳)

$$a_{ac}=\frac{SGF_a}{SGF_c}=\frac{0.1882}{0.1452}=1.2961$$ رابطه (۲۴)

همچنین مطابق رابطه ۹، بردار «سایرین با بدترین» به‌صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$a_{ab}=\frac{SGF_a}{SGF_b}=\frac{0.1882}{0.1022}=1.8415$$ رابطه (۲۵)

$$a_{cb}=\frac{SGF_c}{SGF_b}=\frac{0.1452}{0.1022}=1.4207$$ رابطه (۲۶)

جدول ۴. بردار مقایسات زوجی بهترین معیار با سایرین

معیار	A	b	c
بهترین معیار: a	۱	۱/۸۴۱۵	۱/۲۹۶۱

جدول ۵. بردار مقایسات زوجی سایر معیارها با بدترین معیار

معیار	بدترین معیار: b
A	۱/۸۴۱۵
B	۱
C	۱/۴۲۰۷

با استفاده از رابطه ۱۱ و مطابق جداول بردارهای مقایسات زوجی، مدل زیر برای محاسبه وزن معیارهای پایداری ارائه می‌شود:

رابطه (۲۷)

$$
\begin{aligned}
&min\ \epsilon \\
&s.t. \\
&\left|\frac{W_a}{W_b} - 1.8415\right| \le \epsilon \\
&\left|\frac{W_a}{W_c} - 1.2961\right| \le \epsilon \\
&\left|\frac{W_c}{W_b} - 1.4207\right| \le \epsilon \\
&W_a + W_b + W_C = 1 \\
&W_a, W_b, W_c \ge 0
\end{aligned}
$$

مدل بالا با استفاده از نرم‌افزار لینگو حل شده و نتایج مطابق جدول ۶ ارائه شده است:

جدول ۶. نتایج محاسباتی وزن معیارهای پایداری

	وزن (w)	ϵ^*
اقتصادی (a)	۰/۴۳۲۱	۰
اجتماعی (b)	۰/۲۳۴۶	
زیست‌محیطی (c)	۰/۳۳۳۳	

مقدار ϵ^* برابر صفر است؛ بنابراین میزان سازگاری صفر بوده و سازگارترین نتیجه حاصل شده است. در جدول ۷، مقادیر ۱، ۲ و ۳ حامل معانی متفاوت برای زیرمعیارهای ذکرشده در شکل ۱، است. جدول ۸، یک جدول تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی زیرمعیارهای اقتصادی است که عبارت‌اند از: قیمت؛ سطح فنی؛ معایب و ظرفیت تأمین (سطح ۳ از شکل ۱). جدول ۹ یک

جدول تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی زیرمعیارهای زیست‌محیطی است که عبارت‌اند از: مصرف منابع و انرژی؛ سیستم مدیریت محیط‌زیست؛ میزان آلودگی محیط‌زیست. در جدول ۱۰ نیز تصمیم‌گیری برای اولویت‌بندی زیرمعیارهای اجتماعی ثبت شده است. زیرمعیارهای اجتماعی عبارت‌اند از: تحویل به‌موقع؛ دوره وارانتی؛ زمان برگشت تعمیرات و رضایت کارکنان (سطح ۳ از شکل ۱).

جدول ۷. معانی مقادیر ۱ تا ۳ برای زیرمعیارهای مختلف پایداری

مقدار	قیمت	سطح فنی	معایب	ظرفیت تأمین	تحویل به‌موقع	دوره وارانتی	زمان برگشت تعمیرات	رضایت کارکنان	مصرف منابع و انرژی	سیستم مدیریت محیط‌زیست	میزان آلودگی محیط‌زیست	تصمیم
۱	کم	زیاد	کم	بالا	خوب	بلند	کوتاه	زیاد	کم	خوب	کم	خوب
۲	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط	متوسط
۳	زیاد	کم	زیاد	پایین	ضعیف	کوتاه	بلند	کم	زیاد	ضعیف	زیاد	ضعیف

جدول ۸. جدول تصمیم درباره زیرمعیارهای اقتصادی

گزینه	قیمت	معایب	ظرفیت تأمین	سطح فنی	تصمیم
۱	۱	۱	۲	۲	خوب
۲	۱	۲	۲	۱	خوب
۳	۱	۲	۳	۳	متوسط
۴	۲	۲	۲	۲	متوسط
۵	۲	۱	۱	۳	متوسط
۶	۳	۲	۱	۱	ضعیف
۷	۳	۱	۲	۲	متوسط
۸	۱	۳	۲	۳	متوسط
۹	۳	۲	۲	۱	ضعیف
۱۰	۳	۱	۱	۱	متوسط
۱۱	۲	۲	۱	۱	متوسط
۱۲	۲	۳	۲	۲	ضعیف
۱۳	۲	۲	۲	۳	متوسط
۱۴	۲	۲	۳	۲	ضعیف
۱۵	۱	۱	۳	۳	متوسط

گزینه	قیمت	معایب	ظرفیت تأمین	سطح فنی	تصمیم
۱۶	۲	۳	۱	۳	ضعیف
۱۷	۱	۱	۱	۳	خوب
۱۸	۱	۱	۳	۱	خوب

جدول ۹. جدول تصمیم درباره زیرمعیارهای زیست‌محیطی

گزینه	میزان آلودگی محیط‌زیست	مصرف منابع و انرژی	سیستم مدیریت محیط‌زیست	تصمیم
۱	۱	۱	۲	خوب
۲	۱	۲	۱	خوب
۳	۱	۲	۲	متوسط
۴	۲	۱	۲	خوب
۵	۲	۲	۱	متوسط
۶	۲	۲	۲	متوسط
۷	۱	۱	۳	متوسط
۸	۳	۱	۲	متوسط
۹	۳	۳	۲	ضعیف
۱۰	۲	۳	۲	ضعیف

جدول ۱۰. جدول تصمیم درباره زیرمعیارهای اجتماعی

گزینه	تحویل به‌موقع	زمان برگشت تعمیرات	دوره وارانتی	رضایت کارکنان	تصمیم
۱	۱	۱	۲	۲	خوب
۲	۱	۲	۲	۱	خوب
۳	۱	۲	۳	۳	متوسط
۴	۲	۲	۲	۲	متوسط
۵	۲	۱	۱	۳	متوسط
۶	۳	۲	۱	۱	ضعیف
۷	۳	۱	۲	۲	متوسط
۸	۱	۳	۲	۳	متوسط
۹	۳	۲	۲	۱	ضعیف
۱۰	۳	۱	۱	۱	متوسط
۱۱	۲	۲	۱	۱	متوسط
۱۲	۲	۳	۲	۲	ضعیف
۱۳	۲	۲	۲	۳	متوسط
۱۴	۲	۲	۳	۲	ضعیف

گزینه	تحویل به‌موقع	زمان برگشت تعمیرات	دوره وارانتی	رضایت کارکنان	تصمیم
۱۵	۱	۱	۳	۳	متوسط
۱۶	۲	۳	۱	۳	ضعیف
۱۷	۱	۱	۱	۳	خوب
۱۸	۱	۱	۳	۱	خوب

با تکرار روابط ۱۳ تا ۲۷، برای زیرمعیارها، نتایج محاسبه‌شده برای وزن زیرمعیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی، در جداول ۱۱ تا ۱۳، نشان داده شده است.

جدول ۱۱. نتایج محاسباتی درباره زیرمعیارهای اقتصادی

	SGF	وزن (W)	ϵ^*
قیمت	۰/۱۳۳۷	۰/۴۰۰۰	۰
معایب	۰/۱۰۰۳	۰/۳۰۰۰	
ظرفیت تأمین	۰/۰۶۶۹	۰/۲۰۰۰	
سطح فنی	۰/۰۳۳۴	۰/۱۰۰۰	

جدول ۱۲. نتایج محاسباتی درباره زیرمعیارهای زیست‌محیطی

	SGF	وزن (W)	ϵ^*
میزان آلودگی محیط‌زیست	۰/۱۴۳۱	۰/۲۷۱۵	۰
مصرف منابع و انرژی	۰/۲۶۳۵	۰/۵۰۰۰	
سیستم مدیریت زیست‌محیطی	۰/۱۲۰۴	۰/۲۲۸۵	

جدول ۱۳. نتایج محاسباتی درباره زیرمعیارهای اجتماعی

	SGF	وزن (W)	ϵ^*
تحویل به‌موقع	۰/۱۳۳۷	۰/۴۰۰۰	۰
زمان برگشت تعمیرات	۰/۱۰۰۳	۰/۳۰۰۰	
دوره وارانتی	۰/۰۶۶۹	۰/۲۰۰۰	
رضایت کارکنان	۰/۰۳۳۴	۰/۱۰۰۰	

نتایج نشان می‌دهد که میزان ناسازگاری در روش BWM با استفاده از رویکرد پیشنهادی در تمامی مراحل صفر است. این موضوع نشان می‌دهد که استفاده از رویکرد پیشنهادی در این پژوهش، میزان سازگاری را در روش BWM بهبود می‌بخشد و سازگارترین نتایج را ارائه

می‌دهد. وزن‌های کلی و وزن‌های موضعی برای تمامی معیارها و زیرمعیارها تعیین شده و در جدول ۱۴، ثبت شده است. آخرین ستون جدول ۱۴، ترتیب تقدم معیارها است. چنان‌که مشاهده می‌شود معیار قیمت دارای بالاترین امتیاز در جدول است.

با این فرض که ۳ تأمین‌کننده، *SAPCO* (ساپکو)، *ISACO* (ایساکو) و *MCPCO* (ام سی پیکو) در فرآیند ارزیابی تأمین‌کنندگان «شرکت ایران‌خودرو» مدنظر قرار گرفته است، اگر اطلاعات کمّی مربوط به معیارهای اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی معلوم باشد، مطابق داده‌های واقعی موجود، رتبه تأمین‌کنندگان مشخص می‌شود. در خصوص زیرمعیارهای زیست‌محیطی، گروه ارزیابی «شرکت ایران‌خودرو»، متشکل از کارشناسان خبره این حوزه، تأمین‌کنندگان را در سه سطح ۱ (خوب)، ۲ (متوسط) و ۳ (ضعیف) ارزیابی کرده‌اند.
اطلاعات کمّی تأمین‌کنندگان مربوط به معیارهای پایداری در جدول ،۱۵ آمده است.

جدول ۱۴. وزن‌های اولویت ترکیبی برای معیارها و زیرمعیارها

معیار	وزن‌های موضعی	زیرمعیار	وزن‌های موضعی	وزن‌های کلی	ترتیب اولویت
اقتصادی	۰/۴۳۲۱	قیمت	۰/۴	۰/۱۷۲۸۴	۱
		معایب	۰/۳	۰/۱۲۹۶۳	۳
		ظرفیت تأمین	۰/۲	۰/۰۸۶۴۲	۶
		سطح فنی	۰/۱	۰/۰۴۳۲۱	۱۰
زیست‌محیطی	۰/۳۳۳۳	آلودگی محیط‌زیست	۰/۲۷۱۵	۰/۰۹۰۴۹	۵
		مصرف منابع و انرژی	۰/۵	۰/۱۶۶۶۵	۲
		سیستم مدیریت زیست‌محیطی	۰/۲۲۸۵	۰/۰۷۶۱۶	۷
اجتماعی	۰/۲۳۴۶	تحویل به‌موقع	۰/۴	۰/۰۹۳۸۴	۴
		زمان برگشت تعمیرات	۰/۳	۰/۰۷۰۳۸	۸
		دوره وارانتی	۰/۲	۰/۰۴۶۹۲	۹
		رضایت کارکنان	۰/۱	۰/۰۲۳۴۶	۱۱

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول ۱۵. اطلاعات کمی تأمین‌کنندگان

تأمین‌کننده	قیمت (میلیون تومان)	معایب (نرخ)	ظرفیت تأمین (عدد)	سطح فنی (درجه)	آلودگی محیط‌زیست (سطح)	مصرف منابع و انرژی (سطح)	سیستم مدیریت زیست‌محیطی (سطح)	تحویل به‌موقع (نرخ)	زمان برگشت تعمیرات (هفته)	دوره وارانتی (ماه)	رضایت کارکنان (٪)
ISACO	۴۰	۰/۰۱	۷۰۰	۲	۲	۱	۲	۰/۹۵	۱	۳	۰/۸۰
SAPCO	۴۵	۰/۰۲	۶۰۰	۱	۳	۲	۲	۰/۹۸	۱	۳	۰/۸۳
MCPCO	۵۰	۰/۰۶	۵۰۰	۳	۱	۳	۲	۰/۹۰	۳	۴	۰/۸۵

محاسبه امتیاز کلی هر تأمین‌کننده با استفاده از روش مجموع ساده وزنی. به‌منظور محاسبه وزن نهایی تأمین‌کنندگان باید وزن‌های کلی معیارها و زیرمعیارها مطابق جدول ۱۴ و امتیاز تأمین‌کنندگان در هر زیرمعیار مطابق جدول ۱۵ (البته بعد از بی‌مقیاس نمودن)، با هم ترکیب شوند. محاسبات انجام‌شده در این قسمت، مطابق محاسبات روش مجموع ساده وزنی (SAW) است. نتایج مربوط به محاسبه وزن نهایی تأمین‌کنندگان در جدول ۱۶، نشان داده شده است؛ همچنین وزن نهایی تأمین‌کنندگان با استفاده از روش TOPSIS نیز محاسبه شده و نتایج در جدول ۱۷، نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که نتایج حاصل از رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان «شرکت ایران‌خودرو»، با هر دو روش کاملاً یکسان است (نتایج هر دو روش نشان می‌دهد که در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان «شرکت ایران‌خودرو» بر اساس شاخص‌های پایداری، «شرکت ایساکو» در رتبه نخست قرار دارد).

جدول ۱۶. وزن نهایی تأمین‌کنندگان با روش SAW

تأمین‌کننده	قیمت	معایب	ظرفیت تأمین	سطح فنی	آلودگی محیط‌زیست	مصرف منابع و انرژی	سیستم مدیریت زیست‌محیطی	تحویل به‌موقع	زمان برگشت تعمیرات	دوره وارانتی	رضایت کارکنان	وزن تأمین‌کنندگان
ISACO	۴۰	۰/۰۱	۷۰۰	۲	۲	۱	۲	۰/۹۵	۱	۳	۰/۸۰	/۴۱۱۷ ۰
SAPCO	۴۵	۰/۰۲	۶۰۰	۱	۳	۲	۲	۰/۹۸	۱	۳	۰/۸۳	/۳۲۰۳ ۰
MCPCO	۵۰	۰/۰۶	۵۰۰	۳	۱	۳	۲	۰/۹۰	۳	۴	۰/۸۵	/۲۶۸۰ ۰

جدول ۱۷. وزن نهایی تأمین‌کنندگان با روش TOPSIS

تأمین‌کننده	قیمت	معایب	ظرفیت تأمین	سطح فنی	آلودگی محیط‌زیست	مصرف منابع و انرژی	سیستم مدیریت زیست‌محیطی	تحویل به‌موقع	زمان برگشت تعمیرات	دوره وارانتی	رضایت کارکنان	وزن تأمین‌کنندگان
ISACO	۴۰	۰/۰۱	۷۰۰	۲	۲	۱	۲	۰/۹۵	۱	۳	۰/۸۰	/۸۴۵۲ ۰
SAPCO	۴۵	۰/۰۲	۶۰۰	۱	۳	۲	۲	۰/۹۸	۱	۳	۰/۸۳	/۶۰۰۸ ۰
MCPCO	۵۰	۰/۰۶	۵۰۰	۳	۱	۳	۲	۰/۹۰	۳	۴	۰/۸۵	/۲۴۸۷ ۰

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار، یک مدل جدید بر اساس روش بهترین ـ بدترین که با نظریه مجموعه‌های راف بهبود یافته است، ارائه شد. با توجه به اینکه روش بهترین ـ بدترین مبتنی بر قضاوت تصمیم‌گیرنده است، برای مدل‌کردن عدم‌قطعیت مربوط به ارزیابی‌های شخصی و محاسبه وزن‌های عینی‌تر، از رویکرد جدول تصمیم‌گیری استفاده شد. به‌منظور بهبود نرخ سازگاری در روش بهترین ـ بدترین، مفاهیم آنتروپی شرطی و معناداری (اهمیت) که در نظریه مجموعه‌های راف کاربرد دارد، پیشنهاد شد. توسعه تکنیک بهترین ـ بدترین توسط نظریه مجموعه‌های راف، البته با رویکرد معرفی‌شده در این پژوهش، برای نخستین بار، به‌منظور تعیین وزن معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره ارائه شد. مدل ارائه‌شده برای تعیین وزن معیارهای پایداری، در زنجیره تأمین «شرکت ایران‌خودرو» به‌کار گرفته شد. نتایج نشان داد که میزان ناسازگاری در روش BWM با استفاده از رویکرد پیشنهادی در تمامی مراحل صفر است. این موضوع نشان می‌دهد که استفاده از رویکرد پیشنهادی در این پژوهش، میزان سازگاری را در روش BWM بهبود بخشیده و سازگارترین نتایج را ارائه می‌دهد. در ادامه از روش‌های TOPSIS و SAW برای تعیین وزن تأمین‌کنندگان «شرکت ایران‌خودرو» استفاده شد و نتایج این دو روش با هم مقایسه گردید. نتایج حاصل از رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان «شرکت ایران‌خودرو»، با هر دو روش کاملاً یکسان بود. با توجه به یافته‌ها، در شرکت ایران‌خودرو که به‌عنوان مطالعه موردی، برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در این پژوهش در نظر گرفته شد، مشاهده شد که در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان «شرکت ایران‌خودرو» بر اساس شاخص‌های پایداری، «شرکت ایساکو» در رتبه نخست قرار دارد. با مقایسه نتایج پژوهش حاضر با پژوهش امیری و همکاران (۲۰۲۰) که ترکیب روش BWM با نظریه مجموعه‌های فازی را برای مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در «شرکت ایران‌خودرو» به‌کار برده‌اند، ملاحظه

می‌شود که نتایج حاصل از رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان «شرکت ایران‌خودرو»، در هر دو پژوهش کاملاً یکسان است. با توجه به نتایج هر دو پژوهش، مشخص می‌شود که در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان «شرکت ایران‌خودرو» بر اساس معیارهای پایداری، شرکت‌های ایساکو و ساپکو به‌ترتیب در جایگاه اول و دوم قرار دارند. نتایج این پژوهش در طراحی زنجیره‌های تأمین پایدار و در مواجهه با شرایطی که سازمان‌های عضو زنجیره تأمین در کنار اهداف اقتصادی به دنبال تأمین اهداف زیست‌محیطی و اجتماعی نیز هستند، به‌خوبی می‌تواند راهگشا بوده و مورداستفاده قرار گیرد. بدیهی است که تکنیک معرفی‌شده را می‌توان در سازمان‌های مختلف با ویژگی‌های محیطی متفاوت به‌کار گرفت؛ همچنین رویکرد ارائه‌شده در این پژوهش را می‌توان برای بهبود سایر تکنیک‌های وزن‌دهی معیارها در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره، به‌عنوان پیشنهاد برای پژوهش‌های آتی در نظر گرفت.

تعارض منافع. برای ارائه مطالب و نگارش این مقاله هیچ‌گونه کمک مالی از هیچ فرد، نهاد و سازمانی دریافت نشده است و نتایج و دستاوردهای این مقاله به نفع یا ضرر سازمان یا فردی خاص نخواهد بود. حضور نویسندگان در این پژوهش به عنوان شاهدی بی‌طرف ولی متخصص بوده است و نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی ندارند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

1. Abdel-Baset, M., Chang, V., Gamal, A., & Smarandache, F. (2019). An integrated neutrosophic ANP and VIKOR method for achieving sustainable supplier selection: A case study in importing field. *Comput Ind*, 106, 94-110.
2. Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). A hybrid neutrosophic group ANP-TOPSIS framework for supplier selection problems. *Symmetry*, *10(6)*, 226.
3. Aditi, Kannan, D., Darbari, J. D., & Jha, P. C. (2022). Sustainable supplier selection model with a trade-off between supplier development and supplier switching. *Annals of Operrations Research, 45(68),* 58-63.
4. Amiri, M., Hashemi, M., Ghahremanloo, M., Keshavarz, M., Zavadskas, E. K., & Banaitis, A. (2020). A new fuzzy BWM approach for evaluating and selecting a sustainable supplier in supply chain management. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, *20(69),* 134-153.
5. Azimifard, A., Moosavirad, SH., & Ariafar, S. (2018). Selecting sustainable supplier countries for Iran's steel industry at three levels by using AHP and TOPSIS methods. *Resour Policy*, *57*, 30-44.
6. Azizi nafteh, M., & Shahrokhi, M. (2023). Presenting a Mathematical Programming Model for Sustainable Supplier Selection and Order Allocation Using the COPRAS Method. *Supply Chain Management*, *25(79),* 87-101. (In Persian)
7. De Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European J. Purchasing & Supply Management*, *40(63),* 48-53.
8. Durmić, E., Stević, Z., Chatterjee, P., Vasiljević, M., & Tomašević, M. (2020). Sustainable supplier selection using combined FUCOM–Rough SAW model. *Reports in Mechanical Engineering, 1(1),* 34-43.
9. Ehteshamrasi, R., & Jalali, A. (2018). Sustainable Supplier Selection in Wear Supply Chain using Best Wrost Method. *Supply Chain Management*, *20(61),* 68-93. (In Persian)
10. Govindan, K., Khodaverdi, R., & Jafarian, A. (2013). A fuzzy multi criteria approach for measuring sustainability performance of a supplier based on triple bottom line approach, *Journal of Cleaner Production*, c
11. Guoyin, W. (2001). Theory and Knowledge Acquisition of Rough Sets, *Xi'an Jiao Tong University Publication*, (In Chines).
12. Joachim, G., Lagouge, T., & Modestus, O. (2023). Sustainable supplier selection in the oil and gas industry: An integrated multi-criteria decision making approach. *Procedia Computer Science, 217,* 1243-1255.
13. Jun, Z., Linze, L., Jing, Z., Liping, C., & Guojiao, C. (2023). Private-label sustainable supplier selection using a fuzzy entropy-VIKOR-based approach. *Complex & Intelligent Systems*, *9*, 2361-2378.
14. Karami, A., Fatahi, M., & Hasani, A. (2023). Sustainable Supplier Selection of Refined Products under Risk and Options Contract using Conditional Value at Risk. *Industrial Management Perspective, 12(48),* 289-323. (In Persian)
15. Kazemitash, N., Fazlollahtabar, H., & Abbaspour, M. (2021). Rough Best-Worst Method for Supplier Selection in Biofuel Companies Based on Green Criteria.

Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications, *1(12)*, 2620-1747.
16. Li, J., Fang, H., & Song, W. (2019). Sustainable supplier selection based on SSCM practices: A rough cloud TOPSIS approach. *J Clean Prod*, *222*, 606-621.
17. Lin, K., Tseng, M., & Pai, P. (2018). Sustainable supply chain management using approximate fuzzy DEMATEL method. *Resour Conserv Recycl*, *128*, 134-142.
18. Liu, K., Liu, Y., & Qin, J. (2018). An integrated ANP-VIKOR methodology for sustainable supplier selection with interval type-2 fuzzy sets. *Granul Comput*, *3(3)*, 193-208.
19. Liu, Q. (2001). Rough Set and Rough Reasoning. *Chinese Science Press, Beiging, pp*, 11(1).
20. Liu, Y., Eckert, C., Yannou-Le Bris, G., & Petit, G. (2019). A fuzzy decision tool to evaluate the sustainable performance of suppliers in an agrifood value chain. *International Journal of Comput Ind Eng*, *127(33)*, 196-212.
21. Matić, B., Jovanović, S., Das, D., Zavadskas, E., Sremac, S., & Marinković, M. (2019). A new hybrid MCDM model: sustainable supplier selection in a construction company. *Symmetry*, *11(3)*, 353.
22. Memari, A., Dargi, A., Jokar, M., Ahmad, R., & Rahim, A. (2019). Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. *J Manuf Syst*, *50*, 9-24.
23. Pawlak, Z. (1982). Rough sets. I*nternational Journal of Computer and Information Sciences, 11(5)*, 341-356.
24. Rezaei, J. (2015). Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, *53(18)*, 49-57.
25. Rokneddini, S. A., Andalib, D., Zare, H., & Hosseini, S. M. (2023). Modeling the Enablers of Industry 4.0 in the Implementation of a Sustainable Supply Chain with Fuzzy DEMATEL-ANP. *Industrial Management Perspective, 13(49)*, 141-172. (In Persian)
26. Rashi, S., & Darbari, J. D. (2021). Integrated Optimization Model for Sustainable Supplier Selection and Order Allocation in Food Supply Chain. *Soft Computing for Problem Solving, 23(4)*, 557-572.
27. Sanatan, R., Mohit, B., & Kumar, B. (2023). Sustainable Supplier Selection in Automobile Sector Using GRA-TOP Model. *Advances in Industrial and Production Engineering, 845*, 393-400.
28. Seifbarghy, M. (2022). A Multi-Objective Sustainable Closed Loop Supply Chain Model Considering Suppliers Evaluation and using SWARA-WASPAS Method. *Industrial Management Perspective, 12(47)*, 63-88. (In Persian)
29. Vahidi, F., Torabi, S., & Ramezankhani, M. (2018). Sustainable supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. *J Clean Prod*, *174*, 1351-1365.
30. Xia, W., & Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega, 35(2007)*, 494-504.
31. Yazdani, M., Wen, Z., Liao, H., Banaitis, A., & Turskis, Z. (2019). A grey combined compromise solution (CoCoSo-G) method for supplier selection in construction management. *J Civ Eng Manag*, *25(8)*, 858-874.

32. Zhang, S., Wei, G., Gauo, H., Wei, C., & Wei, Y. (2019). Method for multiple criteria group decision making with picture fuzzy information and its application to green suppliers selections. *Technol Econ Dev Econ, 25(6)*, 1123-1138.

33. Zhang, Z., Liao, H., Al-Barakati, A., Zavadskas, E., & Antuchevičienė, J. (2020). Supplier selection for housing development by an integrated method with interval rough boundaries. *Int J Strateg Prop Manag, 24(4)*, 269-284.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی