فصلنامه مدیریت دولتی تطبیقی | سال دوم | دوره۲ | شماره۲

Supply chain management with sustainable supplier assessment based on Industry 4.0 concept (Case study: Rubber Industries)

Ali Ghaffarian Dankoob
Master of Science in Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
Mohsen Arsalan
Assistant Professor, Department of Governmental Management, University of Vali-e-Asr, Rafsanjan, Iran.
Mahnaz Zarei*
Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

DOI: 10.22098/cpa.2024.14494.1031

Abstract

Context and Purpose: Nowadays, the established advances in sustainable supply chain management (SSCM) have been integrated with the concepts of Industry 4.0. The present study aims to develop a new decision-making model to assess suppliers by considering sustainability criteria and the Industry 4.0 concept.

Methodology: The current research is applied in terms of purpose and survey regarding data collection method. The proposed approach consists of the Fuzzy Ordinal Priority Approach (F-OPA), and the research case study is Dena Rubber Company. To form the expert committee, the snowball sampling method has been used. In general, the proposed approach in this research includes two main phases. In the first phase, 13 factors related to supplier evaluation have been identified and classified into three aspects namely economic, social, and environmental. In the second phase, by using the F-OPA, the global rank and weights of criteria, sub-criteria, and suppliers have been determined. Moreover, F-OPA has been solved by employing GAMS optimization software.

Findings: Based on the obtained results, the environmental, economic, and social criteria have been considered the most important aspects of supplier evaluation respectively. In addition, “price”, “Research & development

* Corresponding Author: delbina.zarei@gmail.com https://orcid.org/0009-0007-9923-0867

How to Cite: Dankoob, A.G., Arsalan, M., Zarei, M., (2024). Supply chain management with sustainable supplier assessment based on Industry 4.0 concept (Case study: Rubber Industries). *Comparative Public Administration Quarterly*, Volume2 (Issue2), PP 71 – 98. OI: 10.22098/cpa.2024.14494.1031.

(R&D) in environmental issues using Industry 4.0 technologies" and "Environmental-friendly materials" have been specified as the most substantial sub-criteria in assessing sustainable suppliers. Finally, it has been depicted that supplier 1 is the best one among the alternatives and has acquired high performance in terms of sustainability criteria.

Conclusion: In this study, an effective framework for sustainable supplier selection problems (SSSPs) based on the concept of Industry 4.0 in the supply chain network is presented. Managers of similar businesses can use the proposed framework to assess their suppliers. the obtained results can be used as a guide for the supply chain of the Rubber manufacturers, so that in the long term, this matter can help reduce costs, save resources, and reduce environmental impacts.

Keywords: Sustainability, Supply chain management, Supplier evaluation, Industry 4.0, Fuzzy Ordinal Priority Approach (F-OPA).

فصلنامه مدیریت دولتی تطبیقی | سال دوم | دوره۲ | شماره۲

مدیریت زنجیره تأمین با ارزیابی تأمین‌کننده پایدار مبتنی بر مفهوم صنعت نسل چهارم (مطالعه موردی: صنایع لاستیک‌سازی)

علی غفاریان دنکوب

دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

محسن ارسلان

استادیار گروه مدیریت دولتی، دانشکده مدیریت، دانشگاه ولی عصر (عج)، رفسنجان، ایران.

مهناز زارعی*

استادیار گروه مهندسی صنایع، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۲۸

نوع مقاله: پژوهشی

صص:۷۱-۹۸

چکیده

زمینه و هدف: امروزه پیشرفت‌های ایجادشده در مدیریت زنجیره تأمین پایدار با مفاهیم نسل چهارم صنعتی ادغام شده است. هدف از مطالعه حاضر ارائه یک مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌منظور ارزیابی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن شاخص‌های پایداری و مفهوم صنعت نسل ۴,۰ است.

روش‌شناسی: پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش جمع‌آوری داده‌ها پیمایشی است. رویکرد تجزیه‌وتحلیل پیشنهادی روش اولویت ترتیبی فازی و مطالعه موردی پژوهش نیز شرکت لاستیک‌سازی دنا است. به‌منظور تشکیل کمیته خبرگی از روش نمونه‌گیری گلوله برفی استفاده گردید. در ابتدا ۱۳ مؤلفه ارزیابی تأمین‌کنندگان در سه جنبه اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی شناسایی شدند. سپس در مرحله دوم با استفاده از روش اولویت ترتیبی فازی علاوه بر تعیین ضرایب وزنی شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها، رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان نیز حاصل گردید. جهت حل روش اولویت ترتیبی فازی نیز از نرم‌افزار بهینه‌سازی GAMS استفاده گردید.

یافته‌ها: براساس نتایج کسب‌شده شاخص زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به ترتیب به‌عنوان مهم‌ترین جنبه‌های اصلی ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار نتیجه شدند. در بین زیرشاخص‌ها نیز قیمت، تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی با بهره از فناوری‌های صنعت ۴,۰ و به‌کارگیری از مواد سازگار با محیط‌زیست به‌عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار تعیین شدند. در نهایت مشخص گردید، تأمین‌کننده شماره ۱ بهترین عملکرد را نسبت به شاخص‌های پایداری با مفهوم صنعت نسل ۴,۰ کسب کرده است.

نتیجه‌گیری: در این مطالعه، یک چارچوب موثر برای مسائل انتخاب تأمین‌کننده پایدار براساس مفهوم نسل چهارم صنعتی در شبکه زنجیره تأمین ارائه شده است. اصلی ترین دستاورد این مطالعه این است که مدیران کسب‌وکارهای مشابه می‌توانند از چارچوب پیشنهادی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان خود استفاده کنند. نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند به‌عنوان راهنمای زنجیره تأمین تولیدکنندگان لاستیک مورد

استفاده قرار گیرد تا در درازمدت به کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در منابع و کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک کند.

کلیدواژه‌ها: پایداری، مدیریت زنجیره تأمین، ارزیابی تأمین‌کننده، نسل چهارم صنعتی، روش اولویت ترتیبی فازی.

مقدمه

در دو دهه گذشته، تجارت چندین تحول و تغییر را تجربه کرده است که باعث می‌شود شرکت‌ها به‌طور فزاینده‌ای با چالش‌های جدیدی مانند جهانی‌شدن روبرو شوند. ازاین‌رو، بازار بسیار چالش‌برانگیز و رقابتی شده است و بنابراین بایستی مدیریت زنجیره تأمین مدرن را برای اتخاذ این تغییرات انجام داد (Mohammed, 2020). از طرفی نیز مفهوم پایداری برای بسیاری از سازمان‌های آینده‌نگر به یک موضوع بحث‌برانگیز تبدیل شده است (Vahidi et al., 2018). در واقع پایداری به‌عنوان یک مفهوم ضروری در بین مدیران زنجیره تأمین برای توسعه یک سیستم پایدار براساس معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی به‌منظور بهبود عملکرد عمومی سازمان‌ها تلقی می‌شود (Yazdani et al., 2021). به‌عبارت‌دیگر، علاوه بر اهمیت معیارهای اقتصادی برای هر شرکت تولیدی، مدیران سعی می‌کنند با توجه به افکار عمومی و مقررات دولتی، الزامات زیست‌محیطی و اجتماعی را برآورده سازند. در این راستا، در نظر گرفتن هم‌زمان معیارهای اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی، مفهوم ارکان سه‌گانه توسعه پایدار را ایجاد می‌کند و پیاده‌سازی این مفهوم در زنجیره تأمین و شبکه‌های تجاری منجر به توسعه نظریه مدیریت زنجیره تأمین پایدار می‌شود (Mojtahedi et al., 2021).

اکثر مطالعات در حوزه مدیریت زنجیره تأمین پایدار بر روی دستیابی به پایداری زیست‌محیطی متمرکز شده است زیرا حدود ۸۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای عمدتاً توسط تأمین‌کنندگان در یک شبکه زنجیره تأمین تولید می‌شود. تأمین‌کنندگان اولین رده در زنجیره تأمین هستند و به شدت بر عملکرد شرکت از نظر پایداری تأثیر می‌گذارند؛ بنابراین، سازمان‌ها باید تأمین‌کنندگان خود را برای یک مشارکت بلندمدت ارزیابی کنند. تعیین تأمین‌کنندگان مناسب براساس پایداری یکی از ضروری‌ترین استراتژی‌های مدیریت زنجیره تأمین پایدار است. انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب به مدیران کمک می‌کند تا مواد اولیه مناسب را در زمان، کمیت و کیفیت مناسب به دست آورند. می‌توان گفت که ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده پایدار یک فعالیت کلیدی است که مدیریت زنجیره تأمین پایدار را در صنایع مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shahmansouri et al., 2021).

اگرچه انتخاب تأمین‌کننده پایدار به‌طور گسترده در ادبیات تحقیق موردمطالعه قرار گرفته است، اما مطالعات اخیر در حال بررسی تأثیر فناوری پیشرفته و انفورماتیک صنعتی مانند انقلاب صنعتی چهارم بر عملکرد زنجیره تأمین است (Fallahpour et al., 2021). مفهوم انقلاب صنعتی چهارم به شدت بر اشتراک‌گذاری اطلاعات، انتقال دانش و ارتباطات بین لایه‌های مختلف زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد. استفاده از مفهوم

انقلاب صنعتی چهارم برای تنظیم مجدد تاریخ تحویل محصولات برای تأمین‌کنندگان و قابلیت سفارشی کردن محصولات و همچنین قابلیت ردیابی کردن آن‌ها مفید است. از نظر برخی از محققین انقلاب صنعتی چهارم یک مفهوم مناسب برای مدیریت زنجیره تأمین است، زیرا شامل چهار اصل شناخته شده به‌عنوان اتصال، شفافیت اطلاعات در زمان واقعی، عدم تمرکز و کمک فنی است؛ بنابراین مدیریت زنجیره تأمین پایدار ممکن است توسط انقلاب صنعتی چهارم به‌منظور توسعه یک چارچوب تصمیم‌گیری یکپارچه شکل گیرد (Kusi-Sarpong et al., 2023).

در سال‌های اخیر، اگرچه مطالعات متعددی برای طراحی یک زنجیره تأمین براساس صنعت ۴,۰ انجام شده است، اما مشخص شده است که توجه کمتری به توسعه مدلی که ویژگی‌های انقلاب صنعتی چهارم را درزمینه‌ی انتخاب تأمین‌کننده پایدار در نظر می‌گیرد، اختصاص داده شده است. به‌طورکلی ادغام معیارهای مبتنی بر صنعت ۴,۰ با ویژگی‌های مرسوم پایداری برای ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان پایدار کمتر موردتوجه قرار گرفته است. توسعه رویکردهای مدل‌سازی نرم در تحقیق در عملیات مبتنی بر پذیرش این واقعیت بوده که چالش‌برانگیزترین و مشکل‌ترین جنبه تصمیم‌گیری، تعیین ماهیت مسئله است (Sangbor et al., 2019). اکثر مدل‌های انتخاب تأمین‌کننده پایدار، دربرگیرنده روش‌های ارزیابی عملکرد نسبی مانند فرآیند تحلیل شبکه‌ای[1]، دیمتل[2]، تحلیل پوششی داده‌ها[3]، تکنیک تاپسیس[4] و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[5] (Jain et al., 2020). از طرفی نیز چنین روش‌هایی قادر به ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان به‌صورت مجزا نیستند. یکی از روش‌هایی که اخیراً درزمینه‌ی تصمیم‌گیری چندمعیاره قادر است به‌طور هم‌زمان به ارزیابی شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار و همچنین اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان بپردازد روش اولویت ترتیبی فازی[6] است که برای اولین بار توسط محمودی و همکاران در سال ۲۰۲۲ ارائه گردید (Mahmoudi et al., 2022)؛ در حال حاضر کارخانه تولیدی لاستیک دنا با ظرفیتی بالغبر ۳۵ هزار تن در سال دومین تولیدکننده‌ی داخلی از نظر تناژ تولیدی و اولین درزمینه‌ی کیفیت است و دلیل این مدعا تقاضای روزافزون محصولات این شرکت و پیش‌خرید آن‌ها توسط نمایندگان است. این شرکت جهت دستیابی به شیوه‌های پایداری براساس مفهوم صنعت نسل ۴,۰ درصدد همکاری بلند مدت با تأمین‌کنندگانی

1. Analytic Network Process (ANP)
2. Decision-making trial and evaluation laboratory (DEMATEL)
3. Data Envelopment Analysis (DEA)
4. TOPSIS
5. Analytic Hierarchy Process (AHP)
6. Fuzzy Ordinal Priority Approach (F-OPA)

است که به این مسائل توجه دارند. بنابراین هدف از این پژوهش ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار با استفاده از روش اولویت ترتیبی فازی از طریق ادغام ویژگی‌های انقلاب صنعتی چهارم با معیارهای پایداری در شرکت لاستیک‌سازی دنا است..

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

پایداری در شبکه زنجیره تأمین

به‌طورکلی مدیریت زنجیره تأمین یک سیستم یکپارچه از فرآیندهای مرتبط به هم است که این فرآیندها به‌منظور: ۱- دستیابی به مواد و قطعات موردنیاز، ۲- تبدیل مواد اولیه به محصول، ۳- ارزش‌گذاری محصولات، ۴- توزیع محصولات به مشتریان و ۵- تسهیل انتقال اطلاعات بین اجزا زنجیره تأمین، اعم از تأمین‌کنندگان، توزیع‌کنندگان، واسطه‌ها، خرده‌فروشان و مشتریان، ایجاد شده‌اند. هدف اصلی این زنجیره، کاهش هزینه، افزایش اثربخشی و کارایی و به‌طورکلی افزایش سود برای تمام ذینفعان خود است. این زنجیره شامل دو جریان مخالف است: حرکت مستقیم (رفت) محصولات از تأمین‌کننده مواد اولیه تا مشتری و حرکت برگشت (عکس) اطلاعات و مواد از مشتری تا تأمین‌کنندگان. این زنجیره از دو قسمت لجستیک داخلی و لجستیک خارجی تشکیل شده است. لجستیک داخلی یا مدیریت مواد به فعالیت‌های دریافت مواد، ذخیره و کنترل مواد تا تهیه محصول موردنیاز گفته می‌شود. لجستیک خارجی یا توزیع محصولات به خروج محصولات تا رسیدن به مشتری و ارائه سرویس‌های لازم به او گفته می‌شود. نکته مهم در زنجیره تأمین، ارتباط اجزاء است که به‌صورت حلقه‌های به هم متصل هستند، اطلاعات باید به‌صورت دقیق و هم‌زمان به اشتراک گذاشته شود تا بهترین تصمیمات گرفته شود (Fang et al., 2018).

توسعه پایدار بدون تردید یک مفهوم پیچیده است که ابعاد مختلفی را در برمی‌گیرد؛ اما اغلب محققان توسعه پایدار را در سه محور اصلی زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی بررسی می‌کنند. توسعه پایدار باید اهداف خود را در این سه محور به‌طور هم‌زمان، به‌صورت ذیل محقق سازد: ۱- رشد اجتماعی را که در آن نیازهای برآورده شده همه افراد را فراهم کند؛ ۲- حفاظت مؤثری از محیط‌زیست به عمل‌آورده و در مصرف منابع طبیعی با دقت عمل نماید؛ ۳- رشد پایدار اقتصادی را به همراه داشته باشد (Shou et al., 2022). پایداری زنجیره تأمین یک دیدگاه کل‌نگر از فرآیندهای زنجیره تأمین، لجستیک و فناوری است که بر جنبه‌های زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و قانونی اجزای زنجیره تأمین تأثیر می‌گذارد. به‌طورمعمول، ابتکارات پایداری شامل شناسایی

منبع مواد خام، تضمین شرایط خوب برای کارگران و کاهش انتشارات کربن است (Wang et al., 2023).

صنعت نسل ۴,۰ در زنجیره تأمین

به دلیل پیشرفت‌های مختلف در حوزه‌های صنعتی شرکت‌ها تمایل پیدا کرده‌اند که بر تجهیزات پیشرفته‌تر و دارای فناوری‌های بهتر سرمایه‌گذاری کنند. ازاین‌جهت بهره‌مندی از بهره‌وری در صنایع مختلف نقش اساسی را در پیشرفت سازمان ایفا می‌کند. سیستم‌های تولیدی می‌بایست روند بهره‌وری را در سازمان‌های خود روزبه‌روز افزایش دهند که در این قسمت مبحث انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان مطرح می‌شود. تأمین‌کنندگان سازمان‌های صنعتی معمولاً به تولید قطعات می‌پردازند و وظیفه مدیریت انتخاب مناسب تأمین‌کنندگان است. در سه دهه گذشته، سیستم‌های فناوری اطلاعات دستخوش پیشرفت‌های انقلابی قابل‌توجهی شده‌اند که متعاقباً بر هر جنبه‌ای از زندگی روزمره تأثیر گذاشته است (Fallahpour et al., 2021). مفهوم صنعت نسل ۴,۰ بخش تولید را قادر می‌سازد تا با دستگاه‌های حسگر داخلی تقریباً در تمام اجزاء، محصولات و تجهیزات تولیدی دیجیتالی شود. صنعت ۴,۰ بهبود فناوری‌ها اثرات قابل‌توجهی بر صنایع، اقتصادها و برنامه‌های توسعه دولت‌ها دارد. در واقع یکی از مهم‌ترین مفاهیم در توسعه صنعت جهانی و اقتصاد جهانی است (Xu et al., 2018). معرفی صنعت نسل ۴,۰ در تولید تأثیر زیادی بر کل زنجیره تأمین دارد. همکاری بین تأمین‌کنندگان، تولیدکنندگان و مشتریان برای افزایش شفافیت تمام مراحل از زمان ارسال سفارش تا پایان عمر محصول ضروری است؛ بنابراین، در عصر انقلاب صنعتی چهارم شرکت‌ها بیشتر بر عملکرد زنجیره تأمین خود تمرکز می‌کنند. انتخاب تأمین‌کننده (های) مناسب، افزایش رابطه خریدار و تأمین‌کننده را تضمین می‌کند که به‌نوبه خود، زنجیره تأمین کلی را بهبود می‌بخشد (Fallahpour et al., 2021).

انتخاب تأمین‌کننده پایدار

در فضای بازار رقابتی امروز، اهمیت مدیریت زنجیره تأمین بیش‌ازپیش موردتوجه قرار گرفته است. امروزه مدیران شرکت‌ها می‌دانند که بدون داشتن برنامه‌ای کارآمد برای شبکه زنجیره تأمین خود، محکوم به حذف از بازار هستند. در این حوزه یکی از شاخه‌های اصلی مدیریت زنجیره تأمین مسئله انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده است. به‌طورکلی هدف مسئله انتخاب تأمین‌کننده رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بالقوه براساس معیارهای موردنظر برای تأمین مواد اولیه موردنیاز است. گزارش‌های آماری نشان داد که حدود ۶۵ تا ۷۵ درصد از هزینه سرمایه برای خرید مواد اولیه سرمایه‌گذاری می‌شود. امروزه با توجه به افزایش روزافزون دنیای کنونی، ما باید رویکرد خود را برای حل

مسائل واقعی زندگی (مانند مسائل زیست‌محیطی) تغییر دهیم (Hocine et al., 2020). در حالت سنتی مسئله انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده، تنها شاخص‌های مالی برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان بالقوه در نظر گرفته شده است. بااین‌حال، افزایش نگرانی‌ها در مورد آلاینده‌های محیطی و همچنین گرم شدن کره زمین منجر به تغییر توجه محققان به مسئله انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده پایدار شده است. به‌طورکلی، مسئله ارزیابی تأمین‌کننده پایدار سعی می‌کند بهترین تأمین‌کنندگان را براساس شاخص‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی انتخاب کند (Alamroshan et al., 2022).

پیشینه پژوهش

فلاح‌پور و همکاران[1] (۲۰۲۱) در پژوهشی به یک مدل یکپارچه جدید مبتنی بر روش بهترین-بدترین فازی و سیستم استنتاج فازی برای در نظر گرفتن معیارهای پایداری و صنعت نسل ۴,۰ به‌منظور مدیریت انتخاب تأمین‌کننده پیشنهاد نمودند. نتایج پژوهش ایشان حاکی از آن است که «قیمت» مهم‌ترین شاخص اقتصادی، «مواد دوستدار محیط‌زیست» مهم‌ترین شاخص زیست‌محیطی و «بیمه سلامت در محل کار» مهم‌ترین شاخص اجتماعی در بین شاخص‌های صنعت ۴,۰ برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار است. معزز و همکاران[2] (۲۰۲۱) در پژوهشی به ارائه چارچوبی جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان تاب آور براساس دو تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای و سیستم نسبی فازی پرداختند. براساس نتایج کسب‌شده شاخص‌ها و عوامل تأثیرگذار در انتخاب تأمین‌کننده تاب آور، شامل فاکتورهای اصلی عملکرد، حداقل سازی ریسک، پاسخ‌گویی، پشتوانه فنی و قدرت است. ابراهیمی و همکاران[3] (۲۰۲۲) در پژوهشی یک چارچوب نظام‌مند به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار براساس یک رویکرد ترکیبی یعنی تحلیل سلسله مراتبی و واسپاس مبتنی بر راف-فازی پیشنهاد نمودند. براساس نتایج زیرمعیارهای قیمت، کنترل آلودگی و کیفیت به ترتیب بیشترین میزان اهمیت را در میان زیرمعیارها به دست آوردند. هدف از پژوهش علیرضایی و همکاران[4] (۲۰۲۲) طراحی مدلی برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار-تاب آور در زنجیره تأمین شرکت شهید قندی با رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی شهودی است. مطابق با نتایج شاخص‌های اقتصادی، ظرفیت جذب، ظرفیت‌ترمیم، ظرفیت تطبیقی، اجتماعی و زیست‌محیطی از مهم‌ترین عوامل هستند.

---
1. Fallahpour et al
2. Moazzez et al
3. Ebrahimi et al
4. Alirezaei et al

افراسیابی و همکاران[1](۲۰۲۲) به بررسی مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار-تاب آور با توجه به تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ با به‌کارگیری از روش ترکیبی بهترین-بدترین فازی و تاپسیس توسعه‌یافته پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش ایشان نشان می‌دهد که شاخص‌های «کنترل آلودگی»، «سیستم مدیریت زیست‌محیطی» و «آگاهی از ریسک» تأثیرگذارترین عوامل در ارزیابی انتخاب تأمین‌کننده پایدار-تاب آور در صنعت تولید هستند.

شانگ و همکاران[2](۲۰۲۲) در پژوهشی یک رویکرد ترکیبی مبتنی بر روش بهترین-بدترین گروهی، آنتروپی شانون فازی و روش مالتی‌مورا فازی جهت انتخاب تأمین‌کننده پایدار در شبکه زنجیره تأمین پیشنهاد دادند. براساس نتایج کسب‌شده شاخص‌های کیفیت، سرعت و کنترل ریسک به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار نتیجه شدند. گیری و همکاران[3](۲۰۲۲) در پژوهشی به توسعه روش دیمتل مبتنی بر مجموعه فازی فیثاغورث به‌منظور حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده در مدیریت زنجیره تأمین پایدار پرداختند. براساس نتایج پژوهش ایشان شاخص‌های نسبت رد اقلام تحویلی تأمین‌کننده و قابلیت تجارت الکترونیک تأمین‌کننده دارای اهمیت بالایی هستند. معصومی و همکاران[4] (۲۰۲۲) در پژوهشی به ارزیابی مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان استراتژیک براساس قابلیت‌های سبز با استفاده از روش‌های بهترین-بدترین فازی، واسپاس و کوپراس فازی پرداختند. نتایج کسب‌شده از دو روش اولویت‌بندی (واسپاس، کوپراس) بیانگر یکسان بودن اولویت‌بندی و رتبه تأمین‌کنندگان است. هدف از پژوهش یزدی و همکاران[5](۲۰۲۲) انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت نفت و گاز با توسعه یک رویکرد جامع تصمیم‌گیری چندمعیاره براساس ترکیب روش‌های سوارا و کوپراس تحت محیط عدم قطعیت است. نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که شاخص‌های تصویر سبز، محصولات جدید و تبادل دانش از مهم‌ترین عوامل مهم و مؤثر در انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت نفت و گاز هستند. در جدیدترین تحقیق هایلیانگ و همکاران[6] (۲۰۲۳) به استفاده از روش بهترین-بدترین فازی ذوزنقه‌ای جهت ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان نسبت به جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی پرداختند. براساس نتایج کسب‌شده از پژوهش ایشان جنبه اقتصادی از اهمیت بسیاری برخوردار است و از بین تأمین‌کنندگان نیز گزینه A بهترین

[1]. Afrasiabi et al
[2]. Shang et al
[3]. Giri et al
[4]. Masoomi et al
[5]. Yazdi et al
[6] Hailiang et al

عملکرد را کسب نموده است. در ادامه خلاصه تحقیقات داخلی و خارجی مرورشده به‌منظور شناسایی شکاف تحقیق مطابق با جدول (۱) گزارش شده‌اند:

جدول ۱. خلاصه تحقیقات مرتبط با موضوع

مؤلفین	کلمات کلیدی				نوع پارامتر		متدولوژی/تکنیک
	اقتصادی	اجتماعی	زیست‌محیطی	صنعت نسل ۴,۰	قطعی	غیر قطعی	
فلاح‌پور و همکاران (۲۰۲۱)	×	×	×	×			بهترین-بدترین فازی، سیستم استنتاج فازی
معزز و همکاران (۲۰۲۱)					×	×	فرآیند تحلیل شبکه‌ای، سیستم نسبی فازی
ابراهیمی و همکاران (۲۰۲۲)	×	×	×			×	تحلیل سلسله مراتبی فازی، واسپاس فازی
علیرضایی و همکاران (۲۰۲۲)	×	×	×			×	تحلیل سلسله مراتبی فازی
افراسیابی و همکاران (۲۰۲۲)	×	×	×			×	بهترین-بدترین فازی، تاپسیس توسعه‌یافته فازی
شانگ و همکاران (۲۰۲۲)	×	×	×		×	×	روش بهترین-بدترین، آنتروپی شانون فازی، مالتی‌مورا فازی
گیری و همکاران (۲۰۲۲)	×	×	×			×	دیمتل فازی
معصومی و همکاران (۲۰۲۲)			×			×	بهترین-بدترین فازی، واسپاس فازی، کوپراس فازی
یزدی و همکاران (۲۰۲۲)	×	×	×			×	سوارا، کوپراس مبتنی بر اعداد Z
هایلیانگ و همکاران (۲۰۲۳)	×	×	×			×	بهترین-بدترین فازی

بررسی مرور ادبیات نشان می‌دهد که مطالعات بسیار کمی در مورد انقلاب صنعتی چهارم با توجه به مدیریت زنجیره تأمین پایدار انجام شده است؛ که دراین‌بین می‌توان تنها به پژوهش فلاح‌پور و همکاران (۲۰۲۱) اشاره کرد. به‌عنوان اولین عضو از شبکه زنجیره تأمین پایدار، تأمین‌کنندگان باید از این فناوری‌ها استقبال کنند. بنابراین لحاظ نمودن مفاهیم انقلاب صنعتی چهارم با معیارهای پایداری برای اطمینان از اثربخشی

فرآیند ارزیابی تأمین‌کنندگان بسیار مهم است. علاوه بر این نیز استفاده از روش اولویت ترتیبی فازی در تحقیقات پیشین درزمینه‌ی بررسی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان کمتر توسط محققین به کار گرفته شده است؛ بنابراین جهت پوشش شکاف تحقیق و به عنوان نوآوری پژوهش در این تحقیق ضمن تعیین شاخص‌های عملکردی تأمین‌کنندگان پایدار در صنایع لاستیک‌سازی با در نظر گرفتن مفهوم صنعت نسل ۴٫۰؛ یک رویکرد تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی جهت ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان و در نظر گرفتن شرکت لاستیک‌سازی دنا به‌عنوان مطالعه موردی پیشنهاد می‌گردد. پیش‌بینی می‌شود که خروجی حاصل از نتایج تحقیق بتواند مبنای مناسبی برای توسعه چارچوب نظری پژوهش توسط محققان آتی و همچنین مدیران عالی شرکت‌های تولیدکننده لاستیک در آینده قرار گیرد.

روش شناسی تحقیق

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش جمع‌آوری داده‌ها پیمایشی است. بازه زمانی انجام پژوهش از اردیبهشت ۱۴۰۲ الی شهریور ۱۴۰۲ به طول انجامید. ابزارهای گردآوری اطلاعات نیز شامل مصاحبه و پرسشنامه روش اولویت ترتیبی فازی است. جامعه آماری در این پژوهش شامل خبرگان شرکت لاستیک‌سازی دنا است. جهت تشکیل کمیته خبرگی از روش نمونه‌گیری گلوله برفی استفاده گردید. به همین منظور در ابتدا با شخص مدیر بازرگانی شرکت مصاحبه صورت پذیرفت. در ادامه از ایشان درخواست گردید تا فرد دیگری که برای دستیابی به اهداف در نظر گرفته‌شده در این پژوهش مناسب است را پیشنهاد دهد. فرآیند اجرای روش نمونه‌گیری گلوله برفی در این پژوهش تا دستیابی به اشباع نظری انجام پذیرفت. به‌طورکلی در جدول (۲) ویژگی‌های هر یک از اعضای کمیته خبرگی شرکت لاستیک سازی دنا بیان شده است.

جدول ۲. ویژگی کمیته خبرگی شرکت لاستیک سازی دنا

خبره	پست سازمانی	مدرک تحصیلی	سابقه فعالیت
E_1	مدیر اجرایی	کارشناس ارشد مهندسی مکانیک	۱۸
E_2	مدیر ارشد تولید	کارشناس ارشد مهندسی مواد	۱۵
E_3	مدیر بازرگانی	کارشناس مهندسی مکانیک	۱۴
E_4	کارشناس ارشد امور قراردادها	کارشناس ارشد مهندسی مکانیک	۱۰
E_5	کارشناس ارشد برنامه‌ریزی خرید	کارشناس ارشد مهندسی صنایع	۱۰

به‌منظور اعتباریابی شاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار در صنایع لاستیک‌سازی از روش دلفی فازی استفاده گردید. به همین منظور در ابتدا ۲۲ زیرشاخص از تحقیقات پر

استناد استخراج گردید که در نهایت از طریق اجرای تکنیک دلفی فازی طی دو راند ۱۳ شاخص از منظر کمیته خبرگی نهایی گردیدند که در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۳. شاخص‌ها و زیرشاخص‌های صنعت نسل ۴٫۰ در ارزیابی تأمین‌کننده پایدار

شاخص	زیرشاخص	تعریف	منبع
اجتماعی	بیمه سلامت در محل کار (C_1)	تأمین‌کنندگان باید اطمینان حاصل کنند که کارکنانشان توسط بیمه درمانی محافظت می‌شوند.	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
	قرارداد کاری مناسب (C_2)	تأمین‌کنندگان باید قراردادهای کاری مناسب را به کارمندان خود ارائه دهند.	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
	فرهنگ‌سازمانی (C_3)	تأمین‌کنندگان باید یک فرهنگ‌سازمانی مساعد برای کارکنان خود ایجاد کنند تا از مفاهیم صنعت نسل ۴٫۰ و پایداری استفاده کنند.	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
اقتصادی	کیفیت (C_4)	تعداد مواد تأمینی پذیرش‌شده توسط کنترل کیفیت	افراسیابی و همکاران (۲۰۲۲)؛ ابراهیمی و همکاران (۲۰۲۲)؛ شانگ و همکاران (۲۰۲۲)
	آموزش و آگاهی نسبت به صنعت نسل ۴٫۰ (C_5)	تأمین‌کنندگان باید برنامه‌های آموزشی و آگاهی بخشی را در مورد صنعت نسل ۴٫۰ به کارکنان خود ارائه دهند.	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
	انعطاف‌پذیری (C_6)	نرخ تخفیف داده‌شده توسط تأمین‌کنندگان	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
	سیستم‌های تولید هوشمند و سایبری فیزیکی (C_7)	تأمین‌کنندگان بایستی از سیستم‌های تولید هوشمند و سایبری فیزیکی برای تولید مواد و بهبود عملکرد خود استفاده کنند.	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
	امکانات فناوری و اطلاعات (C_8)	تأمین‌کنندگان باید امکانات فناوری اطلاعات، رایانه و اینترنت پرسرعت مناسب برای پشتیبانی از صنعت نسل	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)

		۴,۰ داشته باشند.	
	قیمت محصول (C_9)	قیمت مواد با در نظر گرفتن کیفیت مواد و سایر خدمات ارائه‌شده توسط تأمین‌کنندگان	حسینی و همکاران[1] (۲۰۲۱)؛ ابراهیمی و همکاران (۲۰۲۲)؛ کایانی و همکاران[2] (۲۰۲۳)؛ گیونری و دیوسی[3](۲۰۲۳)
زیست‌محیطی	انتشار گازهای گلخانه‌ای (C_{10})	میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و خطرناک به هوا و زیست محیط	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
	تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی با بهره از فناوری‌های صنعت نسل ۴,۰ (C_{11})	تأمین‌کنندگان باید از فناوری‌های صنعت نسل ۴,۰ برای انجام تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی استفاده کنند.	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
	همکاری در ابتکارات زیست‌محیطی با استفاده از فناوری‌های صنعت نسل ۴,۰ (C_{12})	تأمین‌کنندگان باید با سایر شرکت‌ها و اعضای موجود در زنجیره تأمین با استفاده از فناوری‌های صنعت نسل ۴,۰ همکاری زیست‌محیطی داشته باشند.	فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)
	به‌کارگیری از مواد سازگار با زیست محیط (C_{13})	تأمین‌کنندگان باید از مواد سازگاربامحیط‌زیست استفاده و تولید کنند و از مواد غیرقابل‌تخریب اجتناب کنند.	کیو و همکاران[4] (۲۰۲۰)؛ فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)

تحلیل داده‌ها

در پژوهش حاضر به‌منظور دستیابی به اوزان نهایی شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و نیز امتیاز تأمین‌کنندگان به ترتیب از مدل ریاضی مبتنی بر شاخص و مدل ریاضی مبتنی بر گزینه روش اولویت ترتیبی فازی استفاده شده است. روش اولویت ترتیبی فازی تکنیکی است که در آن تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی و برنامه‌ریزی خطی فازی با یکدیگر

1. Hoseini
2. Kayani
3. Güneri and Deveci
4. Qu et al

ترکیب می‌شوند (Mahmoudi, et al., 2022). پیش از بیان گام‌های روش اولویت ترتیبی در ابتدا می‌بایست مبانی مربوط به اعداد فازی مثلثی بیان گردد که به شرح زیر است.

تعریف ۱. متغیر کلامی: مفهوم متغیر کلامی برای مقابله با موقعیت‌های بسیار پیچیده در عبارات کمی سنتی بسیار سودمند است. این متغیرهای کلامی را می‌توان با اعداد فازی مثلثی مثبت نیز بیان کرد. در این پژوهش شیوه تبدیل متغیرهای کلامی به عدد فازی مثلثی و رتبه‌های (r) مرتبط با روش اولویت ترتیبی فازی در جدول (۴) ارائه شده است.

جدول ۴. شیوه تبدیل متغیرهای کلامی به عدد فازی مثلثی (محمودی و همکاران، ۲۰۲۲)

متغیرهای کلامی (شاخص‌ها)	متغیرهای کلامی (گزینه‌ها)	معادل فازی	رتبه (r)
خیلی کم (VL)	خیلی ضعیف (VP)	(۰/۹, ۱/۰, ۱/۰)	۷
کم (L)	ضعیف (P)	(۰/۷, ۰/۹, ۱/۰)	۶
نسبتاً کم (ML)	نسبتاً ضعیف (MP)	(۰/۵, ۰/۷, ۰/۹)	۵
متوسط (M)	متوسط (M)	(۰/۳, ۰/۵, ۰/۷)	۴
نسبتاً زیاد (MH)	نسبتاً خوب (MG)	(۰/۱, ۰/۳, ۰/۵)	۳
زیاد (H)	خوب (G)	(۰/۰, ۰/۱, ۰/۳)	۲
خیلی زیاد (VH)	خیلی خوب (VG)	(۰/۰, ۰/۰, ۰/۱)	۱

شایان‌ذکر است که در روش اولویت ترتیبی فازی برای تبدیل متغیرهای کلامی به عدد فازی مثلثی، پیشنهاد می‌شود به جای صفر مطلق از عددی نزدیک به صفر (به‌عنوان‌مثال ۰/۰۱) استفاده شود تا از محو شدن محدودیت حاصل از ضرب در صفر جلوگیری شود.

تعریف ۲. اگر $A=(a_1,a_2,a_3)$ و $B=(b_1,b_2,b_3)$ دو عدد فازی مثلثی باشند در این صورت عملیات جبری بر روی اعداد فازی مثلثی را می‌توان به‌صورت روابط (۱) الی (۴) نشان داد (Afrasiabi et al., 2022):

$$\tilde{A}+\tilde{B}=(a_1,a_2,a_3)+(b_1,b_2,b_3)=(a_1+b_1,a_2+b_2,a_3+b_3) \quad (۱)$$

$$\tilde{A}\times\tilde{B}=(a_1,a_2,a_3)\times(b_1,b_2,b_3)=(a_1b_1,a_2b_2,a_3b_3) \quad (۲)$$

$$\tilde{A}-\tilde{B}=(a_1,a_2,a_3)-(b_1,b_2,b_3)=(a_1-b_3,a_2-b_2,a_3-b_1) \quad (۳)$$

$$\tilde{A}/\tilde{B}=(a_1,a_2,a_3)/(b_1,b_2,b_3)=(a_1/b_3,a_2/b_2,a_3/b_1) \quad (۴)$$

در ادامه پس از بیان الزامات مربوط به تئوری فازی مثلثی در جدول (۵) تعاریف مجموعه‌ها، اندیس‌ها، پارامترها و متغیرهای مرتبط با روش اولویت ترتیبی فازی بیان شده است.

جدول ۵. مجموعه‌ها، متغیرها و پارامترهای روش OPA فازی (محمودی و همکاران، ۲۰۲۲)

مجموعه‌ها:	
مجموعه‌ی خبرگان	I
مجموعه‌ی شاخص‌ها	J
مجموعه‌ی گزینه‌ها	K
شاخص‌ها:	
اندیس خبرگان	i
اندیس ارجحیت شاخص‌ها	j
اندیس گزینه‌ها	k
متغیرها:	
تابع هدف فازی	$\tilde{Z}$
وزن فازی شاخص j برای خبره i	$\tilde{W}_{ij}$
امتیاز فازی گزینه k-ام نسبت به شاخص j به ازای خبره i	$\tilde{S}_{ijk}$
امتیاز فازی کل گزینه k	$\tilde{TS}_k$
پارامترها:	
متغیرهای کلامی فازی شاخص j به ازای خبره i	$\tilde{a}_{ij}$
رتبه متغیر کلامی	r
متغیرهای کلامی فازی شاخص j به ازای خبره i مرتبط با گزینه k-ام	$\tilde{a}_{ijk}$

به‌طورکلی الگوریتم OPA-F شامل چهار گام اساسی است که در ادامه ذکر شده است (Mahmoudi et al., 2022):

گام ۱. حل مدل ریاضی مبتنی بر شاخص روش اولویت ترتیبی به‌منظور محاسبه اوزان فازی شاخص‌ها که مطابق با رابطه (۵) بیان شده است:

$$
\begin{aligned}
&Max\,\tilde{Z} \\
&S.t: \\
&\tilde{a}_{ij}^{r}\left(\tilde{W}_{ij}^{r}-\tilde{W}_{ij}^{r+1}\right)\geq\tilde{Z} \qquad \forall i,j,r \\
&\tilde{a}_{ij}^{m}\tilde{W}_{ij}^{m}\geq\tilde{Z} \qquad \forall i,j
\end{aligned}
\tag{۵}
$$

$$\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{n}\tilde{W}_{ij}=(0.8,1,1.2)$$

$$\tilde{l}_{ij}^{w}\le\tilde{m}_{ij}^{w}\le\tilde{u}_{ij}^{w} \qquad \forall i,j$$

$$\tilde{l}_{ij}^{w}\ge 0 \qquad \forall i,j$$

گام ۲. حل مدل ریاضی مبتنی بر گزینه روش اولویت ترتیبی به‌منظور محاسبه امتیاز فازی گزینه‌ها که مطابق با (۶) بیان شده است:

$$\begin{aligned}
&Max\,\tilde{Z}\\
&S.t:\\
&\tilde{a}_{ijk}^{r}\left(\tilde{S}_{ijk}^{r}-\tilde{S}_{ijk}^{r+1}\right)\ge\tilde{Z} && \forall i,j,k,r\\
&\tilde{a}_{ijk}^{m}\tilde{S}_{ijk}^{m}\ge\tilde{Z} && \forall i,j,k\\
&\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{m}\tilde{S}_{ijk}=(0.8,1,1.2)\\
&\tilde{l}_{ijk}^{S}\le\tilde{m}_{ijk}^{S}\le\tilde{u}_{ijk}^{S} && \forall i,j,k\\
&\tilde{l}_{ijk}^{S}\ge 0 && \forall i,j,k
\end{aligned} \qquad (۶)$$

گام ۳. محاسبه امتیاز فازی کل برای هر گزینه با استفاده از رابطه (۷):

$$\tilde{TS}_{k}=\sum_{i=1}^{p}\sum_{j=1}^{n}\tilde{W}_{ij}\tilde{S}_{ijk} \qquad \forall k \qquad (۷)$$

گام ۴. بعد از محاسبه برای هر گزینه، وزن غیرفازی هر گزینه از طریق به‌کارگیری از روش میانگین درجه‌بندی‌شده نمایش ادغامی به‌صورت رابطه (۸) محاسبه می‌گردد:

$$R\left(\tilde{TS}_{k}\right)=\frac{l_{k}^{ts}+4m_{k}^{ts}+u_{k}^{ts}}{6} \qquad \forall k \qquad (۸)$$

در انتها، براساس امتیازهای به‌دست‌آمده، گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند. امتیاز بالا بیانگر رتبه بالاتر و امتیاز پایین بیانگر رتبه پایین‌تر است.

یافته‌های تحقیق

در این بخش نظرات اعضای کمیته خبرگی در رابطه با رتبه زیرشاخص‌های مؤثر در ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار شرکت لاستیک‌سازی دنا که در جدول (۳) ارائه شده‌اند براساس مفهوم صنعت نسل ۴,۰ تعیین شده است. به همین منظور ابتدا براساس جدول

(۴) رتبه زیرشاخص‌ها به ازای هر خبره تعیین گردید. شایان‌ذکر است زیرشاخص‌ها می‌توانند نسبت به یکدیگر دارای رتبه یکسان نیز باشند همچنین رتبه پایین‌تر ملاک اهمیت بالای آن عامل است. در گام بعد براساس الگوی اشاره‌شده در جدول (۴) رتبه‌های تخصیص‌یافته شده توسط هر یک از خبرگان به عبارات کلامی تبدیل شدند. در نهایت نیز عبارت کلامی گزارش‌شده مطابق با جدول (۶) به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند.

جدول ۶. اعداد فازی مثلثی زیرشاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار

زیرشاخص‌ها	کمیته خبرگی (DMs)				
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
C_1	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)	(۰/۹ ,۱/۰ ,۰/۷)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۱/۰ ,۱/۰ ,۰/۹)
C_2	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۰/۹ ,۱/۰ ,۰/۷)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)
C_3	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)
C_4	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۱/۰ ,۱/۰ ,۰/۹)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۰/۹ ,۱/۰ ,۰/۷)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)
C_5	(۱/۰ ,۱/۰ ,۰/۹)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)
C_6	(۰/۹ ,۱/۰ ,۰/۷)	(۰/۹ ,۱/۰ ,۰/۷)	(۱/۰ ,۱/۰ ,۰/۹)	(۱/۰ ,۱/۰ ,۰/۹)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)
C_7	(۰/۹ ,۱/۰ ,۰/۷)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)
C_8	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۰/۵ ,۰/۷ ,۰/۳)	(۱/۰ ,۱/۰ ,۰/۹)	(۰/۹ ,۱/۰ ,۰/۷)	(۰/۹ ,۱/۰ ,۰/۷)
C_9	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۰)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۰)	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۰)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۰)	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۰)
C_{10}	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)	(۰/۷ ,۰/۹ ,۰/۵)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۱)
C_{11}	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۰)	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۰)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۰)	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۰)	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۰)

C_{12}	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۷) (۰/۳)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۵) (۰/۱)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۵) (۰/۱)	(۰/۳ ,۰/۵ ,۰/۷) (۰/۳)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۵) (۰/۱)
C_{13}	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۳) (۰/۰)	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۳) (۰/۰)	(۰/۰ ,۰/۱ ,۰/۳) (۰/۰)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۵) (۰/۱)	(۰/۱ ,۰/۳ ,۰/۵) (۰/۱)

پس از دستیابی به اعداد فازی مثلثی مرتبط با عبارات کلامی، در گام بعد مدل برنامه ریزی غیرخطی مبتنی بر شاخص‌ها (رابطه (۵)) تشکیل و با استفاده از نرم‌افزار بهینه‌سازی GAMS نسخه ۲۴,۳ و با به‌کارگیری از حل‌کننده‌ی BARON حل گردید. در پایان اوزان بهینه فازی زیرشاخص‌های اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان پایدار به شرح جدول (۷) ارائه شده است.

جدول ۷. اوزان فازی زیرشاخص‌های ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار شرکت لاستیک‌سازی دنا

وزن بهینه فازی (W)	زیرشاخص‌ها
(۰/۰۳۲ ,۰/۰۳۲ ,۰/۰۴۱)	بیمه سلامت در محل کار (C_1)
(۰/۰۳۳ ,۰/۰۳۳ ,۰/۰۴۲)	قرارداد کاری مناسب (C_2)
(۰/۰۴۸ ,۰/۰۴۸ ,۰/۰۵۷)	فرهنگ‌سازمانی (C_3)
(۰/۰۱۸ ,۰/۰۱۸ ,۰/۰۲۶)	کیفیت (C_4)
(۰/۰۳۷ ,۰/۰۳۷ ,۰/۰۴۷)	آموزش و آگاهی نسبت به صنعت نسل ۴,۰ (C_5)
(۰/۰۱۴ ,۰/۰۱۴ ,۰/۰۲۲)	انعطاف‌پذیری (C_6)
(۰/۰۳۶ ,۰/۰۳۶ ,۰/۰۴۵)	سیستم‌های تولید هوشمند و سایبری فیزیکی (C_7)
(۰/۰۲۳ ,۰/۰۲۳ ,۰/۰۳۱)	امکانات فناوری و اطلاعات (C_8)
(۰/۱۳۴ ,۰/۱۸۵ ,۰/۱۹۷)	قیمت محصول (C_9)
(۰/۰۷۳ ,۰/۰۷۳ ,۰/۰۸۵)	انتشار گازهای گلخانه‌ای (C_{10})
(۰/۱۶۶ ,۰/۲۶۷ ,۰/۳۴۹)	تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی با بهره از فناوری‌های صنعت نسل ۴,۰ (C_{11})
(۰/۰۸۴ ,۰/۰۸۴ ,۰/۰۹۹)	همکاری در ابتکارات زیست‌محیطی با استفاده از فناوری‌های صنعت نسل ۴,۰ (C_{12})
(۰/۱۰۳ ,۰/۱۵۰ ,۰/۱۵۸)	به‌کارگیری از مواد سازگار با زیست محیط (C_{13})

در نهایت اوزان سراسری دیفازی شده برای هر یک از شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها با به‌کارگیری از رابطه (۸) حاصل می‌شوند. به‌عنوان‌مثال برای زیرشاخص «بیمه سلامت در محل کار (C_1)» مقادیر حد پایین (l)، حد میانی (m) و حد بالای (u) عدد فازی حاصل‌شده به ترتیب عبارت است از ۰/۰۳۲، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۴۱؛ ازاین‌رو وزن دیفازی برابر

است با: $\frac{0.032 + 4 \times 0.032 + 0.041}{6} = 0.0335$؛ به طریق مشابه نیز وزن نهایی دیفازی شده برای سایر زیرشاخص‌ها مطابق با جدول (۸) محاسبه و گزارش شده است.

جدول ۸. اوزان نهایی عوامل ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار شرکت لاستیک‌سازی دنا

رتبه زیرشاخص	وزن بهینه زیرشاخص	زیرشاخص‌ها	رتبه شاخص	وزن بهینه شاخص	شاخص
۱۰	۰/۰۳۳۵	C_1	۳	۰/۱۱۷۵	اجتماعی
۹	۰/۰۳۴۵	C_2			
۶	۰/۰۴۹۵	C_3			
۱۲	۰/۰۱۹۳	C_4	۲	۰/۳۱۳۶	اقتصادی
۷	۰/۰۳۸۷	C_5			
۱۳	۰/۰۱۵۳	C_6			
۸	۰/۰۳۷۵	C_7			
۱۱	۰/۰۲۴۳	C_8			
۲	۰/۱۷۸۵	C_9			
۵	۰/۰۷۵۰	C_{10}	۱	۰/۵۶۸۸	زیست‌محیطی
۱	۰/۲۶۳۸	C_{11}			
۴	۰/۰۸۶۵	C_{12}			
۳	۰/۱۴۳۵	C_{13}			

مطابق با نتایج کسب‌شده که از جدول فوق، از بین عوامل اصلی شاخص «زیست‌محیطی» با ضریب وزنی ۰/۵۶۸۸ به‌عنوان مهم‌ترین جنبه در اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان پایدار نتیجه گردید، پس‌ازآن نیز ابعاد «اقتصادی» و «اجتماعی» با ضرایب وزنی ۰/۳۱۳۶ و ۰/۱۱۷۵ در رتبه‌های بعدی واقع شدند. همچنین در بین زیرشاخص‌ها نیز «تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی با بهره از فناوری‌های صنعت نسل ۴,۰ (C_{11})» با ضریب وزنی ۰/۲۶۳۸، «قیمت محصول (C_9)» با ضریب وزنی ۰/۱۷۸۵ و «به‌کارگیری از مواد سازگار با زیست محیط (C_{13})» با ضریب وزنی ۰/۱۴۳۵ به‌عنوان مهم‌ترین عوامل فرعی در اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان پایدار شناسایی شدند. در طرف مقابل نیز زیرشاخص‌های «امکانات فناوری و اطلاعات (C_8)»، «کیفیت (C_4)» و «انعطاف‌پذیری (C_6)» با ضرایب وزنی ۰/۰۲۴۳، ۰/۰۱۹۳ و ۰/۰۱۵۳ به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین عوامل فرعی در ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار شرکت لاستیک‌سازی دنا انتخاب شدند.

در گام بعد، پنج تأمین‌کننده‌ای که کالاهای استراتژیکی که در پروژه‌های این شرکت موردنیاز است را تأمین می‌کنند، رتبه‌بندی می‌شوند. به‌منظور تسهیل در این فرآیند، تأمین‌کنندگان به‌وسیله متغیرهای کلامی ارائه‌شده در جدول (۴) ارزیابی شدند. در مرحله بعد پرسشنامه‌ها جمع‌آوری و پس از تجزیه‌وتحلیل داده‌ها به‌عنوان پارمترهای ورودی مدل OPA مبتنی بر گزینه تعیین شدند. به‌طورکلی براساس الگوی اشاره‌شده در جدول (۴) رتبه‌های تخصیص‌یافته شده توسط هر یک از خبرگان نسبت به تأمین‌کنندگان به عبارات کلامی تبدیل در نهایت نیز عبارت کلامی گزارش‌شده به اعداد فازی مثلثی تبدیل شدند. به طریق مشابه پس از دستیابی به اعداد فازی مثلثی مرتبط با عبارات کلامی، در گام بعد مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مبتنی بر گزینه (رابطه (۶)) تشکیل و با استفاده از نرم‌افزار بهینه‌سازی GAMS نسخه ۲۴,۳ و با به‌کارگیری از حل‌کننده‌ی BARON حل گردید. به‌طورکلی امتیاز فازی هر یک از تأمین‌کنندگان نسبت به زیرشاخص‌ها تا دو رقم اعشار به شرح جدول (۹) ارائه شده است.

جدول ۹. امتیاز فازی هر یک از تأمین‌کنندگان شرکت لاستیک‌سازی دنا نسبت به زیرشاخص‌ها

	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
C_1	(۰/۰۰ ,۰/۰۰ ,۰/۰۰) (۰/۰۰)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۴ ,۰/۰۴ ,۰/۰۴) (۰/۰۳)
C_2	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۰)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)
C_3	(۰/۰۰ ,۰/۰۰ ,۰/۰۰) (۰/۰۰)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۴ ,۰/۰۴ ,۰/۰۴) (۰/۰۳)
C_4	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۰)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۵ ,۰/۰۵ ,۰/۰۵) (۰/۰۳)
C_5	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۰)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۳ ,۰/۰۳ ,۰/۰۳) (۰/۰۲)	(۰/۰۳ ,۰/۰۳ ,۰/۰۳) (۰/۰۲)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)
C_6	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۳ ,۰/۰۳ ,۰/۰۳) (۰/۰۲)
C_7	(۰/۰۰ ,۰/۰۰ ,۰/۰۰) (۰/۰۰)	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۰)	(۰/۰۲ ,۰/۰۳ ,۰/۰۳) (۰/۰۲)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۳ ,۰/۰۴ ,۰/۰۴) (۰/۰۲)
C_8	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۰)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۲ ,۰/۰۳ ,۰/۰۳) (۰/۰۲)
C_9	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱)	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲)	(۰/۰۳ ,۰/۰۳ ,۰/۰۳)	(۰/۰۳ ,۰/۰۴ ,۰/۰۴)

	(۰/۰۰)	(۰/۰۰)	(۰/۰۱)	(۰/۰۲)	(۰/۰۳)
C_{10}	(۰/۰۰ ,۰/۰۰ ,۰/۰۰) (۰/۰۰)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۱)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۳ ,۰/۰۳ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)
C_{11}	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۰)	(۰/۰۳ ,۰/۰۴ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)
C_{12}	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۰)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۱ ,۰/۰۲ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۲ ,۰/۰۲ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۳ ,۰/۰۴ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)
C_{13}	(۰/۰۰ ,۰/۰۱ ,۰/۰۰) (۰/۰۰)	(۰/۰۲ ,۰/۰۳ ,۰/۰۲) (۰/۰۲)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۱ ,۰/۰۱ ,۰/۰۱) (۰/۰۱)	(۰/۰۴ ,۰/۰۴ ,۰/۰۳) (۰/۰۳)

در مرحله بعد از طریق به‌کارگیری از رابطه (۷) و ضرب اوزان بهینه فازی هر یک از زیرشاخص‌ها در امتیاز فازی هر یک از تأمین‌کنندگان، مقدار مشخصه امتیاز فازی کل (TS) برای هر یک از تأمین‌کنندگان مطابق با جدول (۱۰) محاسبه شده است.

جدول ۹. امتیاز فازی کل و رتبه نهایی هر یک از تأمین‌کنندگان شرکت لاستیک‌سازی دنا

رتبه	امتیاز دیفازی شده	امتیاز فازی کل (TS)	u	m	l	لیست تأمین‌کنندگان
۱	۰/۰۳۱۷	(۰/۰۱۹ ,۰/۰۳۲ ,۰/۰۴۱)	۰/۰۴۱	۰/۰۳۲	۰/۰۱۹	تأمین‌کننده A_1
۴	۰/۰۱۴۱	(۰/۰۱۰ ,۰/۰۱۴ ,۰/۰۲۰)	۰/۰۲۰	۰/۰۱۴	۰/۰۱۰	تأمین‌کننده A_2
۳	۰/۰۱۴۵	(۰/۰۱۱ ,۰/۰۱۴ ,۰/۰۲۱)	۰/۰۲۱	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱	تأمین‌کننده A_3
۲	۰/۰۱۴۶	(۰/۰۰۸ ,۰/۰۱۵ ,۰/۰۲۱)	۰/۰۲۱	۰/۰۱۵	۰/۰۰۸	تأمین‌کننده A_4
۵	۰/۰۰۳۴	(۰/۰۰۲ ,۰/۰۰۳ ,۰/۰۰۷)	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	تأمین‌کننده A_5

در گام آخر نیز از طریق به‌کارگیری از رابطه (۸) امتیاز دیفازی شده برای هر یک از تأمین‌کنندگان شرکت لاستیک‌سازی دنا حاصل می‌شود. به‌عنوان‌مثال برای تأمین‌کننده A_1 مقادیر حد پایین (l)، حد میانی (m) و حد بالای (u) امتیاز فازی حاصل‌شده به ترتیب عبارت است از ۰/۰۱۹، ۰/۰۳۲ و ۰/۰۴۱؛ ازاین‌رو امتیاز دیفازی برابر است با:

$\frac{0.019+4\times0.032+0.041}{6}=0.0317$؛ به طریق مشابه نیز امتیاز دیفازی شده برای سایر تأمین‌کنندگان نیز مطابق با جدول (۹) محاسبه و گزارش شده است. با توجه به خروجی مدل مبتنی بر گزینه روش اولویت ترتیبی، تأمین‌کننده A_1 با امتیاز دیفازی شده ۰/۰۳۱۷ در رتبه اول قرار گرفت. پس‌ازآن تأمین‌کنندگان A_4، A_3، A_2 و A_5 با ضرایب امتیازی ۰/۰۱۴۶، ۰/۰۱۴۵، ۰/۰۱۴۱ و ۰/۰۰۳۴ در رتبه‌های بعدی واقع شدند. ازاین‌رو تأمین‌کننده A_1 بهترین عملکرد پایدار را نسبت به زیرشاخص‌ها در مقایسه با سایر گزینه‌ها دارا است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش ارزیابی تأمین‌کننده پایدار با استفاده از روش اولویت ترتیبی فازی براساس مفهوم انقلاب صنعتی چهارم و در نظر گرفتن کارخانه لاستیک‌سازی دنا به‌عنوان مطالعه موردی بود. رویکرد پیشنهادی در این پژوهش شامل دو فاز اصلی است. در فاز اول ابتدا از طریق روش کتابخانه‌ای و بررسی و مطالعه ادبیات پژوهش ۲۲ مؤلفه درزمینه ارزیابی تأمین‌کنندگان در جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی شناسایی شدند. سپس از طریق پیاده‌سازی تکنیک دلفی فازی و بهره‌گیری از نظرات اعضای کمیته خبرگی ۱۳ مؤلفه اعتباریابی و نهایی شدند. شایان ذکر است در طول فرآیند اعتباریابی مؤلفه‌ای از سمت خبرگان پیشنهاد نگردید. در بعد اجتماعی زیرشاخص‌های بیمه سلامت در محل کار، قرارداد کاری مناسب و فرهنگ سازمانی نتیجه شدند. در بعد اقتصادی زیرشاخص‌های کیفیت، آموزش و آگاهی نسبت به صنعت نسل ۴٫۰، انعطاف‌پذیری، سیستم‌های تولید هوشمند و سایبری فیزیکی، امکانات فناوری و اطلاعات و قیمت محصول نتیجه شدند؛ و در نهایت نیز بعد زیست‌محیطی از زیرشاخص‌های انتشار گازهای گلخانه‌ای، تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی با بهره از فناوری‌های صنعت نسل ۴٫۰، همکاری در ابتکارات زیست‌محیطی با استفاده از فناوری‌های صنعت نسل ۴٫۰ و به‌کارگیری از مواد سازگار با زیست محیط تشکیل گردید.

در مرحله دوم نیز، با به‌کارگیری از روش تصمیم‌گیری اولویت ترتیبی فازی رتبه و ضریب اهمیت وزنی هر یک از شاخص‌ها، زیرشاخص‌ها و تأمین‌کنندگان تعیین گردید. براساس نتایج کسب‌شده مطابق با جدول (۸) از بین عوامل اصلی شاخص «زیست‌محیطی» با ضریب وزنی ۰/۵۶۸۸ به‌عنوان مهم‌ترین جنبه در ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار نتیجه گردید. همچنین در بین زیرشاخص‌ها نیز «تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی با بهره از فناوری‌های صنعت نسل ۴٫۰» با ضریب وزنی

۰/۲۶۳۸، «قیمت محصول» با ضریب وزنی ۰/۱۷۸۵ و «به‌کارگیری از مواد سازگار با زیست محیط» با ضریب وزنی ۰/۱۴۳۵ به‌عنوان مهم‌ترین عوامل فرعی در اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان پایدار شناسایی شدند. در نهایت براساس نتایج به دست آمده که در جدول (۸) گزارش شده است، تأمین‌کننده A_1 با ضریب وزنی ۰/۰۳۱۷ در رتبه اول قرار گرفت. بدین معنی که عملکرد این شرکت نسبت به شاخص‌های پایداری یعنی عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نسبت به سایر تأمین کنندگان بهتر بوده است.

انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب یک حوزه مهم برای متخصصان و دانشگاهیان است. از طرفی نیز انتخاب تأمین‌کننده پایدار یکی از حیاتی‌ترین تصمیمات سازمان‌ها برای دستیابی به زنجیره تأمین پایدار و پیشبرد توسعه پایدار است. انتخاب بهترین تأمین‌کننده از میان مجموعه‌ای از تأمین‌کنندگان بالقوه با در نظر گرفتن معیارهای متعدد، یک فعالیت و تصمیم ضروری برای سازمان‌ها است، به‌ویژه سازمان‌هایی که در صنایع تولیدی هستند. همچنین استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره در کمک به این‌گونه تصمیمات استراتژیک مفید است. در مطالعه موردی پیشنهادی یک چارچوب اثربخش و کارآمد برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار براساس مفاهیم نسل چهارم صنعتی در شبکه زنجیره تأمین ارائه شده است. مدیران کسب‌وکارهای مشابه می‌توانند از چارچوب پیشنهادی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان خود استفاده کنند. مهم‌ترین مزیت پژوهش پیشنهادی توسعه معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار با تأکید بر مفاهیم نسل چهارم صنعتی از طریق نظرات متخصصان صنعت و مرور ادبیات است. علاوه بر این نیز نتایج به‌دست‌آمده می‌تواند به‌عنوان یک راهنما برای زنجیره تأمین سازمان موردمطالعه مورداستفاده قرار گیرد به‌طوری‌که در بازه‌ی بلندمدت این امر می‌تواند به کاهش هزینه‌ها، صرفه‌جویی در مصرف منابع و همچنین کاهش اثرات زیست‌محیطی کمک کند. در ادامه برخی پیشنهادات کاربردی به شرح زیر ارائه می‌گردد:

زیرشاخص تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی با بهره از فناوری‌های صنعت نسل ۴,۰ با ضریب اهمیت ۰/۲۶۳۸ به‌عنوان مهم‌ترین مؤلفه اثرگذار در ارزیابی تأمین‌کنندگان شرکت لاستیک‌سازی دنا در رتبه اول نتیجه گردید. پیشنهاد می‌گردد مدیریت بازرگانی جهت تأمین اقلام موردنیاز شرکت با تأمین‌کنندگانی که از فناوری‌های صنعت ۴,۰ برای انجام تحقیق و توسعه در مسائل زیست‌محیطی استفاده می‌کنند قرارداد منعقد کنند. همچنین زیرشاخص قیمت محصول با ضریب اهمیت ۰/۱۷۸۵ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های اثرگذار در ارزیابی تأمین‌کنندگان شرکت لاستیک‌سازی دنا در رتبه دوم قرار گرفت. این مؤلفه در تحقیقات فلاح‌پور و همکاران (۲۰۲۱)، حسینی و همکاران (۲۰۲۱) کایانی و همکاران (۲۰۲۳)، گیونری و دیوسی

(۲۰۲۳) نیز تأکید شده است. با توجه به تورم و بالا بودن نرخ ارز، پیشنهاد می‌گردد مدیریت شرکت با بهره‌گیری از مشاوران خبره اقتصادی سعی در انعقاد قراردادها با تمرکز بر کاهش قیمت محصولات کنند. چراکه کاهش قیمت محصولات می‌تواند باعث رشد فروش شود و بر فرآیند انتخاب تأمین‌کننده که با عدم قطعیت‌ها و تقاضاهای پویای محصول همراه است، تأثیر بگذارد. زیرشاخص به‌کارگیری از مواد سازگار با زیست محیط با ضریب اهمیت ۰/۱۴۳۵ به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های اثرگذار در ارزیابی تأمین‌کنندگان شرکت لاستیک‌سازی دنا در رتبه سوم نتیجه گردید. اهمیت این مؤلفه در مقالات کیو و همکاران (۲۰۲۰) و نیز فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱) نشان داده شده است. به‌طورکلی توجه به مسائل زیست‌محیطی نظیر به‌کارگیری مواد سازگار و دوستدار با محیط‌زیست به‌عنوان یک پارامتر مهم و اساسی در فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان بایستی در نظر گرفته شود. پیشنهاد می‌گردد مدیریت شرکت برای کاهش آلودگی، استفاده از مواد مضر را محدود کنند. به‌طورکلی کارشناسان بازرگانی شرکت لاستیک‌سازی دنا بایستی از تأمین‌کنندگان خود چک‌لیست‌هایی را درخواست می‌کنند که استفاده از مواد مضر را ممنوع می‌کند. کاهش استفاده از مواد مضر می‌بایست در لیست اولویت این شرکت قرار بگیرد. بدیهی است که مواد مضر بخش بزرگی از آلاینده‌ها هستند.

تعارض منافع

نویسنده مسئول اعلام می دارد که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارد.

منابع

ابراهیمی، سعید؛ چالاکی، کامیار؛ سلطان پناه، هیرش (۱۴۰۱). انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار با استفاده از رویکرد ترکیبی چندمعیاره راف-فازی (مطالعه موردی: شرکت گاز استان کردستان). *پژوهش‌های نوین در تصمیم‌گیری*، ۷(۴)، صص ۲۰-۴۹. Doi: https://dorl.net/dor/20.1001.1.24766291.1401.7.4.2.9

سنگبر، محمدعلی؛ صافی، محمدرضا؛ آذر، عادل (۱۳۹۸). کاربرد نگاشت شناختی فازی به‌منظور طراحی ساختار علّی و تحلیل توانمندسازهای مدیریت زنجیره تأمین پایدار در صنعت پتروشیمی. *پژوهش‌های مدیریت عمومی*. ۱۲(۴۳)، صص ۵-۲۹. Doi: https://doi.org/10.22111/jmr.2019.4741

علیرضایی، اسداله؛ ربانی، مژده؛ بابائی میبدی، حمید؛ صادقیان، ابوالفضل (۱۴۰۱). ارائه چارچوبی به‌منظور انتخاب تأمین‌کننده پایدار-تاب آور با رویکرد فازی. فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، ۲۴(۵)، صص ۹۱-۱۰۹. Doi: 10.30495/JEST.2023.64887.5590

معزز، هاشم؛ فتحی، محمدرضا؛ رمضانی کرمانی، داوود (۱۴۰۰). ارزیابی تأمین‌کنندگان تاب آور با استفاده از سیستم نسبی فازی و فرآیند تحلیل شبکه‌ای. *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*، ۲۳(۱)، صص ۲۱۲-۲۰۱. Doi: https://doi.org/10.30495/jest.2019.24940.3398

Afrasiabi, A., Tavana, M., & Di Caprio, D. (2022). An extended hybrid fuzzy multi-criteria decision model for sustainable and resilient supplier selection. *Environmental Science and Pollution Research*, *29*(25), 37291-37314. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17851-2.

Alamroshan, F., La'li, M., & Yahyaei, M. (2022). The green-agile supplier selection problem for the medical devices: a hybrid fuzzy decision-making approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(5), 6793-6811. https://doi.org/10.1007/s11356-021-14690-z.

Alirezaei, A., Rabbani, M., Babaei Meybodi, H., & Sadeghian, A. (2022). Provide a framework for Resilient-Sustainable Supplier Selection Model with an intuitive fuzzy approach. *Journal of Environmental Science and Technology*, *24*(5), 91-109. **[In Persian]**. Doi: 10.30495/JEST.2023.64887.5590.

Ebrahimi, S., Chalaki, K., & Sultanpanah, H. (2022). Multi-criteria decision making for sustainable supplier selection using the hybrid fuzzy-rough approach (Case study: Kurdistan gas company). *Modern Research in Decision Making*, *7*(4), 20-49. **[In Persian]**. Doi: https://dorl.net/dor/20.1001.1.24766291.1401.7.4.2.9.

Fallahpour, A., Wong, K. Y., Rajoo, S., Fathollahi-Fard, A. M., Antucheviciene, J., & Nayeri, S. (2021). An integrated approach for a sustainable supplier selection based on Industry 4.0 concept. *Environmental science and pollution research*, 1-19. https://doi.org/10.1007/s11356-021-17445-y.

Fang, H., Jiang, D., Yang, T., Fang, L., Yang, J., Li, W., & Zhao, J. (2018). Network evolution model for supply chain with manufactures as the core. *PloS one*, 13(1), e0191180. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191180.

Giri, B. C., Molla, M. U., & Biswas, P. (2022). Pythagorean fuzzy DEMATEL method for supplier selection in sustainable supply chain management. *Expert Systems with Applications*, *193*, 116396. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116396.

Güneri, B., & Deveci, M. (2023). Evaluation of supplier selection in the defense industry using q-rung orthopair fuzzy set based EDAS approach. *Expert Systems with Applications*, *222*, 119846. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119846.

Hailiang, Z., Khokhar, M., Islam, T., & Sharma, A. (2023). A model for green-resilient supplier selection: fuzzy best–worst multi-criteria decision-making method and its applications. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(18), 54035-54058. https://doi.org/10.1007/s11356-023-25749-4.

Hocine, A., Guellil, M. S., Dogan, E., Ghouali, S., & Kouaissah, N. (2020). A fuzzy goal programming with interval target model and its

application to the decision problem of renewable energy planning. *Environmental and Ecological Statistics*, 27, 527-547. https://doi.org/10.1007/s10651-020-00457-1.

Hoseini, S. A., Fallahpour, A., Wong, K. Y., Mahdiyar, A., Saberi, M., & Durdyev, S. (2021). Sustainable supplier selection in construction industry through hybrid fuzzy-based approaches. *Sustainability, 13*(3), 1413-1432. https://doi.org/10.3390/su13031413.

Jain, N., Singh, A. R., & Upadhyay, R. K. (2020). Sustainable supplier selection under attractive criteria through FIS and integrated fuzzy MCDM techniques. *International Journal of Sustainable Engineering, 13*(6), 441-462. https://doi.org/10.1080/19397038.2020.1737751.

Kayani, S. A., Warsi, S. S., & Liaqait, R. A. (2023). A Smart Decision Support Framework for Sustainable and Resilient Supplier Selection and Order Allocation in the Pharmaceutical Industry. *Sustainability, 15*(7), 5962-5992. https://doi.org/10.3390/su15075962.

Kusi-Sarpong, S., Gupta, H., Khan, S. A., Chiappetta Jabbour, C. J., Rehman, S. T., & Kusi-Sarpong, H. (2023). Sustainable supplier selection based on industry 4.0 initiatives within the context of circular economy implementation in supply chain operations. *Production Planning & Control, 34*(10), 999-1019. https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1980906.

Mahmoudi, A., Javed, S. A., & Mardani, A. (2022). Gresilient supplier selection through fuzzy ordinal priority approach: decision-making in post-COVID era. *Operations management research, 15*(1-2), 208-232. https://doi.org/10.1007/s12063-021-00178-z.

Masoomi, B., Sahebi, I. G., Fathi, M., Yıldırım, F., & Ghorbani, S. (2022). Strategic supplier selection for renewable energy supply chain under green capabilities (fuzzy BWM-WASPAS-COPRAS approach). *Energy Strategy Reviews, 40*, 100815. https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100815.

Moazzez, H., Fathi, M. R., & Ramezani Kermani, D. (2021). Resilient Suppliers Evaluation Using Fuzzy Ratio System and ANP Method. Journal of Environmental Science and Technology, 23(1), 201-212. **[In Persian]**. Doi: https://doi.org/10.30495/jest.2019.24940.3398.

Mohammed, A. (2020). Towards 'gresilient'supply chain management: A quantitative study. Resources, *Conservation and Recycling, 155*, 104641. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104641.

Mojtahedi, M., Fathollahi-Fard, A. M., Tavakkoli-Moghaddam, R., & Newton, S. (2021). Sustainable vehicle routing problem for coordinated solid waste management. *Journal of industrial information integration, 23*, 100220. https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100220.

Qu, G., Zhang, Z., Qu, W., & Xu, Z. (2020). Green supplier selection based on green practices evaluated using fuzzy approaches of TOPSIS and

ELECTRE with a case study in a Chinese internet company. *International journal of environmental research and public health*, *17*(9), 3268-3300. https://doi.org/10.3390/ijerph17093268.

Sangbor, M. A., Safi, M. R., & Azar, A. (2019). Application of Fuzzy Cognitive Maps (FCM's) to analysis and design the causal structure of sustainable supply chain management enabler's in the petrochemical industry. *Public management researches, 12*(43), 5-29. **[In Persian]**. Doi: https://doi.org/10.22111/jmr.2019.4741.

Shahmansouri, A. A., Yazdani, M., Ghanbari, S., Bengar, H. A., Jafari, A., & Ghatte, H. F. (2021). Artificial neural network model to predict the compressive strength of eco-friendly geopolymer concrete incorporating silica fume and natural zeolite. *Journal of Cleaner Production*, *279*, 123697. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123697.

Shang, Z., Yang, X., Barnes, D., & Wu, C. (2022). Supplier selection in sustainable supply chains: Using the integrated BWM, fuzzy Shannon entropy, and fuzzy MULTIMOORA methods. *Expert Systems with Applications*, *195*, 116567. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.116567.

Shou, Y., Kang, M., & Park, Y. W. (2022). *Supply chain integration for sustainable advantages*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-9332-8.

Vahidi, F., Torabi, S. A., & Ramezankhani, M. J. (2018). Sustainable supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. *Journal of Cleaner Production*, *174*, 1351-1365. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.012.

Wang, J., Lim, M. K., Wang, C., & Tseng, M. L. (2023). Comprehensive analysis of sustainable logistics and supply chain based on bibliometrics: Overview, trends, challenges, and opportunities. *International Journal of Logistics Research and Applications*, *26*(10), 1285-1314. https://doi.org/10.1080/13675567.2022.2052823.

Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International journal of production research*, *56*(8), 2941-2962. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806.

Yazdani, M., Kabirifar, K., Frimpong, B. E., Shariati, M., Mirmozaffari, M., & Boskabadi, A. (2021). Improving construction and demolition waste collection service in an urban area using a simheuristic approach: A case study in Sydney, Australia. *Journal of Cleaner Production*, *280*, 124138. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124138.

Yazdi, A. K., Wanke, P. F., Hanne, T., Abdi, F., & Sarfaraz, A. H. (2022). Supplier selection in the oil & gas industry: A comprehensive approach for Multi-Criteria Decision Analysis. *Socio-Economic Planning Sciences*, *79*, 101142. https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101142.