Ind. Manag. Persp. 2025, 15(1), 225-256; doi: 10.48308/JIMP.15.1.225

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Sustainable Supplier Selection in the Pharmaceutical Industry Using a Hybrid Multi-Criteria Decision-Making and Data Envelopment Analysis Approach in a Fuzzy Environment (Case Study: Sobhan Darou Company)

Zahra Nikjoo*
Nasser Safaie**
Emad Roghanian***

Extended Abstract

Introduction: Given the competitive nature of the production market, companies pay special attention to supply chain management to enhance their competitiveness. Today, due to increasing consumer awareness and environmental demands from diverse global markets, industries are focusing more on supply chain sustainability. The starting point for achieving sustainability in the supply chain is the selection of suppliers based on sustainability principles. Consequently, sustainable supplier selection, which forms a critical part of supply chains, has become a vital strategic decision for companies aiming to achieve sustainable development and gain a competitive advantage. The purpose of this study is to identify the most important sustainability indicators and evaluate and select suppliers in the pharmaceutical supply chain based on their sustainability performance.

Methods: This research is applied in terms of purpose and is classified as descriptive-analytical in terms of methodology. In this study, a new hybrid approach combining fuzzy Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) and fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA) was used to select suppliers. The proposed approach was implemented in Sobhan Darou Company as a case study. Initially, a list of criteria was identified through a literature review and finalized using the fuzzy Delphi method. Then, the fuzzy DEMATEL method was employed to assess the mutual influence and interdependencies among the criteria. In the next stage, the fuzzy Analytical Network Process (ANP) was used to determine the importance of the dimensions and criteria. Finally, the efficiency of suppliers was determined using fuzzy DEA, and the top-performing suppliers were identified.

Received: Sep. 15, 2024; Revised: Feb. 19, 2025; Accepted: Apr. 17, 2025; Published Online: Apr. 18, 2025.

* MSc, Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
** Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran. Corresponding Author: nsafaie@kntu.ac.ir
*** Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Engineering, K. N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.

Ind. Manag. Persp. 2025, 15(1), 225-256; doi: 10.48308/JIMP.15.1.225

Industrial Management Perspective

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

Original Article

Results and discussion: According to the research findings, 33 initially identified criteria were screened using the fuzzy Delphi method, resulting in 15 final criteria across four dimensions: economic, environmental, social, and services, which were confirmed by experts. The results of the fuzzy DEMATEL method indicated that the criterion "Commitment to the Development of Environmental and Energy Management Systems" was the most influential, while the criterion "Pollution Control Initiatives and Effective Waste Management" was the most affected. Additionally, the economic and environmental dimensions had the highest influence within the system, while the social and service dimensions were the most affected. According to the results of the fuzzy ANP method, the criteria "Quality of Raw Materials and Packaging," "Commitment to the Development of Environmental and Energy Management Systems," and "Investment in Green Research and Development" were identified as the most important criteria for supplier evaluation. Among the dimensions, the economic and environmental dimensions were found to be the most significant. Based on the final ranking of the fuzzy DEA model, 15 suppliers of Sobhan Darou were ranked based on their efficiency, with suppliers 1, 6, and 2 ranking first to third, respectively.

Conclusions: The results indicate that managers and experts in pharmaceutical companies, including procurement and purchasing managers, should pay special attention to economic and environmental indicators when evaluating and selecting sustainable suppliers. Furthermore, the managers of Sobhan Darou Company can establish long-term contracts with suppliers 1, 6, and 2, which have demonstrated strong performance. These findings not only help pharmaceutical companies select the best suppliers but also allow other industries to improve their supplier selection processes using this hybrid model.

Keywords: Sustainability; Sustainable Supplier Selection; Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making; Fuzzy Data Envelopment Analysis; Pharmaceutical Industry.

How to Cite: Nikjoo, Zahra; Safaie, Nasser; Roghanian, Emad (2025). Sustainable Supplier Selection in the Pharmaceutical Industry Using a Hybrid Multi-Criteria Decision-Making and Data Envelopment Analysis Approach in a Fuzzy Environment (Case Study: Sobhan Darou Company). *Ind. Manag. Persp.*, 15(1), 225-256 *(In Persian)*.

Copyright: © 2025 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، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۱، صص ۲۲۵ – ۲۵۶، doi: 10.48308/JIMP.15.1.225

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار صنعت داروسازی با استفاده از رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل پوششی داده‌ها در محیط فازی (مطالعه موردی: شرکت سبحان دارو)

زهرا نیکجو*

ناصر صفایی**

عماد روغنیان***

چکیده گسترده

مقدمه و اهداف: با توجه به رقابت‌پذیری بازار تولید، شرکت‌ها نگاه ویژه‌ای به مدیریت زنجیره تأمین برای بهبود رقابت‌پذیری خود دارند. امروزه صنایع به دلیل افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان و تقاضاهای زیست‌محیطی از بازارهای جهانی بسیار متنوع، بیشتر بر پایداری زنجیره تأمین تمرکز می‌کنند. نقطه شروع دستیابی به پایداری در زنجیره تأمین انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس اصول پایداری است. در نتیجه انتخاب تأمین‌کننده پایدار که بخش کلیدی زنجیره‌های تأمین را تشکیل می‌دهد، جهت دستیابی به توسعه پایدار و کسب مزیت رقابتی به یک تصمیم استراتژیک حیاتی برای شرکت‌ها تبدیل شده است. هدف از این تحقیق، شناسایی مهم‌ترین شاخص‌های پایداری و ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین صنعت داروسازی بر اساس عملکرد پایداری آن‌ها می‌باشد.

روش‌ها: این پژوهش بر مبنای هدف، کاربردی است و از نظر روش انجام دادن در گروه پژوهش‌های توصیفی–تحلیلی قرار می‌گیرد. در این مطالعه یک رویکرد ترکیبی جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و تحلیل پوششی داده‌های فازی جهت انتخاب تأمین‌کنندگان مورد استفاده قرار گرفته است. کاربرد رویکرد پیشنهادی درشرکت سبحان دارو به‌عنوان مطالعه موردی انجام شده است. در ابتدا فهرستی از معیارها بر اساس مرور ادبیات پژوهش شناسایی و با استفاده از روش دلفی فازی غربالگری و نهایی شدند. سپس با استفاده از روش دیمتل فازی، تأثیرات متقابل و وابستگی‌های بین عوامل مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله بعد برای تعیین میزان اهمیت ابعاد و معیارها از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی استفاده گردید. در نهایت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی میزان کارایی تأمین‌کنندگان تعیین گردید و تأمین‌کنندگان برتر شناسایی شدند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۲۵، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۲/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۷، تاریخ اولین انتشار: ۱۴۰۴/۰۱/۱۸.

* دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

** استادیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

نویسنده مسئول: nsafaie@kntu.ac.ir

*** دانشیار، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران، ایران.

چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۴۰۴، دوره ۱۵، شماره ۱، صص ۲۲۵ – ۲۵۶، doi: 10.48308/JIMP.15.1.225

چشم‌انداز مدیریت صنعتی

Journal hompage: https://jimp.sbu.ac.ir/?lang=en

نوع مقاله: پژوهشی

یافته‌ها: با توجه به یافته‌های پژوهش، ۳۳ شاخص شناسایی شده اولیه با استفاده از روش دلفی فازی غربالگری و در نهایت ۱۵ شاخص در ۴ بعد اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و خدمات توسط خبرگان تأیید شدند. نتایج روش دیمتل فازی نشان داد که شاخص تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی، به‌عنوان اثرگذارترین و شاخص ابتکارات کنترل آلودگی و مدیریت ضایعات مؤثر، به‌عنوان اثرپذیرترین شاخص می‌باشد. هم‌چنین ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی بیشترین اثرگذاری را در سیستم دارند و ابعاد اجتماعی و خدمات از بیشترین اثرپذیری در سیستم برخوردار هستند. بر اساس نتایج روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی، معیارهای کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی، تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز به‌عنوان مهم‌ترین معیارها در ارزیابی تأمین‌کنندگان شناسایی شدند. در میان ابعاد نیز ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی بیشترین اهمیت را به خود اختصاص دادند. بر اساس رتبه‌بندی نهایی مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی، ۱۵ تأمین‌کننده شرکت سبحان دارو بر اساس میزان کارایی رتبه‌بندی گردیدند که تأمین‌کنندگان ۱، ۶ و ۲ به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار گرفتند.

نتیجه‌گیری: نتایج بیانگر آن است که مدیران و کارشناسان شرکت‌های داروسازی از جمله مدیران بخش تدارکات و خرید، باید هنگام ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار، به شاخص‌های اقتصادی و زیست‌محیطی توجه ویژه‌ای داشته باشند. هم‌چنین مدیران شرکت سبحان دارو می‌توانند جهت همکاری با تأمین‌کنندگان ۱، ۶ و ۲ که عملکرد خوبی داشته‌اند، قراردادهای بلندمدت تنظیم کنند. این یافته‌ها نه تنها به شرکت‌های داروسازی در انتخاب بهترین تأمین‌کنندگان کمک می‌کند، بلکه به سایر صنایع نیز این امکان را می‌دهد که با استفاده از این مدل ترکیبی، فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان خود را بهبود بخشند.

کلیدواژه‌ها: پایداری؛ انتخاب تأمین‌کننده پایدار؛ تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی؛ تحلیل پوششی داده‌های فازی؛ صنعت داروسازی.

استناددهی: نیکجو، زهرا؛ صفایی، ناصر؛ روغنیان، عماد (۱۴۰۴). انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار صنعت داروسازی با استفاده از رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل پوششی داده‌ها در محیط فازی (مطالعه موردی: شرکت سبحان دارو). چشم‌انداز مدیریت صنعتی، ۱۵(۱)، ۲۲۵-۲۵۶.

Copyright: © 2025 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

از زمانی که سازمان ملل متحد اهداف توسعه پایدار ۲۰۳۰ را اعلام کرد، نگرانی فزاینده برای پایداری اقتصادی و زیست‌محیطی به نگرانی اصلی صنایع در سراسر جهان تبدیل شده است. پایداری شامل سه بعد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی یا خط پایین سه گانه (TBL)[1] است. این ابعاد به طور غیررسمی به عنوان سود، سیاره و مردم نامیده می‌شوند [۴۸]. میزان مصرف منابع، تخریب محیط زیست و کمبود مواد خام که به دلیل صنعتی شدن، رشد جمعیت و رقابت تجاری افزایش یافته است، شرکت‌ها و سازمان‌ها را ترغیب کرده است تا شیوه‌های پایدارتر و سبزتر را در نظر بگیرند. برای بیشتر شرکت‌ها در سراسر جهان، اکثر اثرات زیست‌محیطی آن‌ها به‌طور مستقیم از شیوه‌های زنجیره تأمین آن‌ها به دست می‌آید. با توجه به افزایش فشار رسانه‌های اجتماعی، مقررات دولتی، آگاهی‌های عمومی و انتظارات مختلف مشتریان و ذینفعان برای پایداری، شرکت‌ها در مورد تأثیرات زیست‌محیطی خود تحت بررسی قرار می‌گیرند که باعث شده است تا سیاست‌های زنجیره تأمین خود را به سمت زنجیره تأمین پایدار تغییر دهند. مفهوم مدیریت زنجیره تأمین پایدار[2] بیش از یک دهه پس از معرفی کارتر و راجرز[3] (۲۰۰۸) به طور گسترده اعمال می‌شود و پایداری را از سطح شرکت به سطح زنجیره تأمین رسانده است [۱۲]. مدیریت زنجیره تأمین پایدار را می‌توان به عنوان روشی مؤثر برای بهبود عملکرد پایداری (یعنی اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی) شرکت‌ها در نظر گرفت [۳۳]. کاهش انتشار کربن از زنجیره تأمین می‌تواند اثر گلخانه‌ای را به میزان قابل توجهی کاهش دهد.

انتخاب تأمین‌کننده (SS)[4] بخش اصلی مدیریت زنجیره تأمین می‌باشد زیرا هزینه تهیه مواد اولیه، ۶۰ درصد از کل هزینه تولید شرکت را تشکیل می‌دهد [۶۱]. انتخاب تأمین‌کننده فرآیند مهمی است که مقدار قابل‌توجهی از منابع مالی یک شرکت را به کار می‌گیرد و می‌تواند تا حد زیادی در موفقیت یا شکست سازمان نقش داشته باشد. هدف اصلی فرآیند انتخاب تأمین‌کننده کاهش ریسک خرید، به حداکثر رساندن ارزش کل برای خریدار و ایجاد روابط نزدیک و بلندمدت بین خریداران و تأمین‌کنندگان است [۵۵]. هم‌چنین می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی به کاهش هزینه‌های خرید مواد، افزایش انعطاف‌پذیری و کیفیت محصول منجر شود [۱۵]. به‌طور سنتی، SS عموماً بر اساس جنبه اقتصادی مورد توجه قرار می‌گرفت، هنگام انتخاب تأمین‌کنندگان صرفاً بر اساس سود، ممکن است برخی ملاحظات حیاتی از جمله نگرانی‌های زیست‌محیطی و اجتماعی نادیده گرفته شوند. ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان به‌عنوان بخش اصلی بالادستی زنجیره تأمین، با در نظر گرفتن معیارهای اقتصادی و زیست‌محیطی همراه با معیارهای اجتماعی، موضوعی کلیدی در بهبود مفهوم پایداری در زنجیره تأمین است [۱۷]. بنابراین، سازمان‌ها می‌توانند با در نظر گرفتن عوامل پایداری در فرآیند انتخاب تأمین‌کننده، مزیت رقابتی قابل‌توجهی نسبت به رقبا کسب کنند. تأمین‌کنندگان پایدار، در عملیات خود متعهد به اقدامات سازگار با محیط زیست، مسئولیت اجتماعی و اقتصادی هستند و حفاظت از منابع و کاهش ردپای کربن را در اولویت قرار می‌دهند. هم‌چنین به دنبال به حداقل رساندن ضایعات، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و اجرای فرآیندهای تولید پایدار هستند. مصرف‌کنندگان و ذینفعان به طور فزاینده‌ای از اثرات زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی محصولات و خدماتی که استفاده می‌کنند آگاه می‌شوند. همکاری با تأمین‌کنندگان پایدار می‌تواند به رشد شرکت در بازار رقابتی و حرکت به سمت توسعه پایدار کمک کند. هم‌چنین می‌تواند شهرت یک سازمان را به‌عنوان یک کسب و کار آگاه به محیط زیست افزایش دهد و در عین حال به توسعه اقتصادی جامعه‌ای که در آن فعالیت می‌کند کمک کند. با تعامل با تأمین‌کنندگانی که شیوه‌های کار اخلاقی و منصفانه را ترویج می‌کنند، سازمان‌ها می‌توانند از پایداری اجتماعی حمایت کرده و به تضمین رفاه کارگران در سراسر زنجیره تأمین کمک کنند [۳۱].

صنعت داروسازی به دلیل پیشرفت در فناوری و تغییر نیازهای مصرف کنندگان، در سال‌های اخیر پیشرفت و تحولات قابل‌توجهی داشته است. این صنعت به‌عنوان یک صنعت استراتژیک در دنیا، برای سلامت جهانی حیاتی است اما زنجیره تأمین آن اثرات زیست‌محیطی و اجتماعی قابل توجهی دارد. تولید مواد شیمیایی فشرده این صنعت به‌طور قابل‌توجهی منجر به آلودگی محیط زیست و آب و هوا می‌شود که به نوبه خود به سلامت و معیشت ما آسیب می‌رساند. شرکت‌های داروسازی با مسائل نگران‌کننده پایداری مواجه هستند که از جمله آن

1. Triple Bottom Line
2. Sustainable Supply Chain Management
3. Carter and Rogers
4.Supplier Selection

می‌توان به مدیریت صحیح پسماندها و دفع ضایعات دارویی، کاهش انتشار کربن و آلودگی گازهای گلخانه‌ای، بهینه‌سازی مصرف انرژی و آب از جمله نرخ مصرف سوخت فسیلی، بهبود شیوه‌های مبارزه با فساد و شفافیت و تضمین دسترسی عادلانه به محصولات دارویی اشاره نمود. بنابراین نیاز است این صنعت شیوه‌های پایدار را در سراسر زنجیره تأمین خود اتخاذ کند. اگرچه تحقیق در مورد جنبه‌های پایداری زنجیره تأمین صنعت داروسازی در سال‌های اخیر افزایش یافته است [۴۷]؛ اما در ادبیات انتخاب تأمین‌کننده پایدار، تحقیقاتی اندکی در صنعت سلامت از جمله داروسازی انجام شده است [۴۹].

سازمان‌ها باید تأمین‌کنندگان را بر اساس معیارهای متعدد و گاها متضاد، شناسایی و ارزیابی کنند. این با ماهیت روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)[1] سازگاری بسیاری دارد. هم‌چنین یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای ارزیابی عملکرد سازمان‌ها، روش تحلیل پوششی داده‌ها (DEA)[2] می‌باشد که کارایی نسبی واحدهای تصمیم‌گیری را با ورودی‌ها و خروجی‌های مشابه مقایسه و ارزیابی می‌کند؛ اما این روش دارای یک نقیصه عمومی هم هست که تنها واحدها را به دو گروه کارا و ناکارا تقسیم می‌کند و قادر به تحلیل روابط متقابل بین معیارها و میزان تأثیر آن‌ها بر یکدیگر نیست؛ بنابراین نمی‌تواند ارزیابی جامعی را ارائه دهد. جهت رفع این نقیصه از ترکیب روش DEA با برخی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌توان استفاده نمود [۴۲]. اگر ساختار سلسله مراتبی بین شاخص‌ها برقرار باشد، روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد. با توجه به اینکه بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری به علت وجود وابستگی‌های متقابل دارای ساختار سلسله مراتبی نیستند، بنابراین ترکیب روش‌های دیمتل و فرآیند تحلیل شبکه‌ای برای حل این مشکل مناسب‌تر است. از آنجا که قضاوت‌های انسانی دارای ماهیت ابهام هستند و در بسیاری از موقعیت‌ها نمی‌توان آن‌ها را به‌صورت اعداد قطعی و یا کمی بیان و تفسیر کرد، رویکردهای فازی در تصمیم‌گیری می‌تواند مورد توجه بگیرد. هم‌چنین یکی از چالش‌های اصلی و مهم در استفاده از مدل‌های معمول DEA، عدم اطمینان از داده‌های ورودی و خروجی است که می‌تواند بر نتایج کارایی تأثیر بگذارد و باید به‌عنوان بخش اساسی از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در عمل در نظر گرفته شود. ارزیابی عملکرد با روش‌های معمول دربرگیرنده این داده‌ها به بروز خطاهایی در فرآیند تصمیم‌گیری منجر می‌شود. در نتیجه رویکرد فازی در DEA، برای ارزیابی عملکرد واحدها در شرایط داده‌های نامشخص می‌تواند مورد توجه قرار بگیرد. این تحقیق یک چارچوب یکپارچه جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی و تحلیل پوششی داده‌های فازی، جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت داروسازی ارائه می‌دهد.

بنابراین تحقیق حاضر با دو هدف زیر انجام می‌شود:

هدف اول: شناسایی مهم‌ترین شاخص‌های پایداری برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت داروسازی

هدف دوم: به‌کارگیری رویکرد ترکیبی جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره شامل دلفی فازی (Fuzzy DELPHI)، دیمتل فازی (Fuzzy DEMATEL)[3]، فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy ANP)[4] و تحلیل پوششی داده‌های فازی (Fuzzy DEA) برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان

هم‌چنین مهم‌ترین سؤالات تحقیق حاضر به شرح زیر است:

سؤال اول: مهم‌ترین شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده پایدار کدامند؟

سؤال دوم: میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری عوامل نسبت به یکدیگر چگونه است؟

سؤال سوم: میزان اهمیت و اولویت‌بندی عوامل به چه صورت است؟

سؤال چهارم: میزان کارایی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان به چه ترتیبی است؟

ادامه این پژوهش به شرح زیر می‌باشد:

5. Multiple Criteria Decision Making
6. Data Envelopment Analysis
7. Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
8. Analytical Network Process

در بخش دوم به بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده پایدار پرداخته می‌شود. در بخش سوم چگونگی اجرای تحقیق و روش پژوهش شرح داده می‌شود. در بخش چهارم یافته‌ها و نتایج حاصل از روش‌های استفاده شده در تحقیق تشریح می‌گردد و در نهایت در بخش پنجم به بررسی نتایج و ارائه پیشنهادهایی برای انجام پژوهش‌های آتی پرداخته می‌شود.

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

در این قسمت ابتدا مفاهیم کلیدی مرتبط با موضوع پژوهش تشریح می‌گردد و سپس به مرور پژوهش‌هایی که در زمینه انتخاب و ارزیابی تأمین‌کننده پایدار و روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شده است، پرداخته می‌شود و مهم‌ترین معیارهای معرفی شده در تحقیق حاضر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

زنجیره تأمین پایدار. پایداری در زنجیره تأمین مبحث جدیدی است که توجه محققین بسیاری را در این زمینه به خود جلب کرده است. این امر را می‌توان به دلیل افزایش رقابت بین سازمان‌ها و هم‌چنین افزایش فشارها از سوی نهادها و یا مراکز دولتی دانست. امروزه لحاظ کردن مفهوم پایداری در مدیریت زنجیره تأمین، با توجه به اثرات رو به رشد جمعیت جهانی و در نتیجه آن افزایش فعالیت‌های انسانی، به موضوع مهمی برای سازمان‌ها، دولت‌ها و مردم به‌ویژه دوستداران محیط زیست تبدیل شده است. زنجیره تأمین پایدار، مدیریت جریان‌های مواد، اطلاعات و سرمایه و هم‌چنین همکاری بین شرکت‌ها در طول زنجیره تأمین، با در نظر گرفتن اهدافی از هر سه بعد توسعه پایدار یعنی اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی می‌باشد که برگرفته از نیازهای مشتری و ذینفعان است [۲]. با در نظر گرفتن پایداری در زنجیره تأمین، علاوه بر سودآوری مالی، می‌توان تأثیرات ناگوار زیست‌محیطی و اثرات منفی اجتماعی را به حداقل رساند. استانداردهای زیست‌محیطی شامل مواردی مانند تخریب محیط زیست، انتشار گازهای گلخانه‌ای، آلودگی و حفاظت از آب است. استانداردهای اجتماعی شامل مواردی مانند شرایط کار، کار اجباری، شیوه‌های کار منصفانه و بهداشت و ایمنی است.

زنجیره تأمین پایدار صنعت دارو. صنعت داروسازی یکی از حوزه‌های مهم و بزرگ در صنعت‌های جهانی است که نقش بسیار مؤثری در حفظ و بهبود سلامتی انسان‌ها ایفا می‌کند. از این رو مدیریت مؤثر زنجیره تأمین دارویی، برای نظام سلامت بسیار مهم است. زنجیره تأمین دارو نشان‌دهنده مسیری است که از طریق آن محصولات دارویی با کیفیت مناسب، در مکان و زمان مناسب به مصرف‌کننده نهایی می‌رسند [۶]. این فرآیند شامل مراحل مختلفی از تأمین مواد اولیه شیمیایی، تولید داروها، توزیع و انبارداری، تا رساندن آن‌ها به داروخانه‌ها و مراکز درمانی می‌باشد.

زنجیره تأمین پایدار در صنعت دارو، به فرآیندهایی اشاره دارد که نه تنها تأمین داروهای با کیفیت و به‌موقع را مورد توجه قرار می‌دهد، بلکه باید به گونه‌ای طراحی شود که علاوه بر کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی، تأثیرات مثبت اجتماعی نیز به همراه داشته باشد. چالش‌های زیست‌محیطی شامل مصرف بی‌رویه منابع طبیعی مانند آب و انرژی، تولید ضایعات خطرناک در فرآیند تولید دارو، استفاده از بسته‌بندی‌های غیرقابل بازیافت و آلودگی‌های شیمیایی ناشی از تولید مواد دارویی است. چالش‌های اجتماعی نیز شامل دسترسی نابرابر به دارو، شرایط کاری نامناسب در زنجیره تأمین و عدم رعایت حقوق انسانی می‌باشد. انتخاب تأمین‌کنندگان با استانداردهای بالا در زمینه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی، یکی از ارکان مهم در ایجاد پایداری درزنجیره تأمین این صنعت است.

خوئی و جمیلی (۱۴۰۰)، یک روش ترکیبی گسترش عملکرد کیفیت (QFD)[1] و ویکور (VIKOR) فازی جهت انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان پایدار در زنجیره تأمین شرکت داروسازی ارائه نمودند. بر اساس نتایج پژوهش، معیارهای توانمندی و ثبات فنی و مالی، اصول چابکی در زنجیره تأمین و توانایی مدیریت، به‌عنوان با اهمیت‌ترین معیارهای پایداری شناسایی شدند [۳۲].

ابراهیمی و همکاران (۱۴۰۱)، با به‌کارگیری رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری چندمعیاره فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[2] و واسپاس (WASPAS)[3] راف[4]–فازی به انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس ابعاد پایداری در شرکت گاز استان کردستان پرداختند. بر اساس یافته‌های

9. Quality Function Deployment
10. Analytical Hierarchy Process
11. Weighted Aggregates Sum Product Assessment
12. Rough

پژوهش، جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی و همچنین شاخص‌های قیمت، کیفیت و کنترل آلودگی از بیشترین اهمیت برای انتخاب تأمین‌کننده برخوردار بودند [۱۴].

جاماسبی و همکاران (۱۴۰۱)، به ارائه یک مدل ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان خدمات لجستیک طرف سوم پایدار در صنعت لبنی با استفاده از روش ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی فازی و کوکوسو (CoCoSo)[1] پرداختند. یافته‌های پژوهش نشان داد که شاخص‌های تحویل به‌موقع و هزینه حمل‌ونقل بالاترین وزن را در میان ۱۶ شاخص پایداری به خود اختصاص دادند [۲۸].

سلطانی‌فر و همکاران (۱۴۰۱)، یک فرآیند جدید تحلیل سلسله مراتبی رأی‌گیری گروهی طراحی و از آن برای انتخاب تأمین‌کننده سبز در صنعت خودروسازی (شرکت سایپا) استفاده کردند. نتایج حاصل از پیاده‌سازی فرآیند جدید سلسله مراتبی رأی‌گیری گروهی نشانگر این بود که می‌توان با کسب حجم اطلاعات کمتر از خبرگان در مدت زمان کوتاه‌تر در مقایسه با سایر روش‌های تصمیم‌گیری، به نتایج قابل قبولی دست یافت [۵۳].

سیف برقی (۱۴۰۱)، یک مدل ریاضی سه مرحله‌ای در یک شبکه زنجیره تأمین حلقه بسته پایدار ارائه نمودند و با استفاده از روش‌های ترکیبی SWARA و WASPAS به ارزیابی تأمین‌کنندگان پرداختند. در این مدل علاوه بر هدف حداکثرسازی تأمین از تأمین‌کنندگان شایسته، پایداری زنجیره نیز در قالب اهداف اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی مورد توجه قرار گرفته است [۵۰].

نصیری و همکاران (۱۴۰۱)، یک مدل یکپارچه جهت ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان سبز و تاب‌آور پیشنهاد نمودند و با کاربرد رویکرد تحلیل مسیر و روش‌های SWARA و TOPSIS، به رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در شرکت پتروشیمی فناوران پرداختند. بر اساس نتایج، زیر معیار رعایت استانداردهای لازم و رعایت مسائل زیست‌محیطی به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن را در بین معیارهای سبز به خود اختصاص دادند [۴۰].

یگانه و همکاران (۱۴۰۱)، از روش‌های مدلسازی ساختاری تفسیری (ISM)[2]، بهترین–بدترین (BWM)[3] و تاپسیس (TOPSIS)[4] برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین سبز استفاده کردند. مطالعه موردی تحقیق در شرکت لوازم خانگی پارس خزر می‌باشد. بر اساس نتایج BWM، معیارهای مدیریت کیفیت جامع زیست‌محیطی و مسئولیت اجتماعی شرکت، به‌عنوان مهم‌ترین شاخص‌ها شناسایی شدند. هم‌چنین برای بررسی ارتباط و سطح‌بندی شاخص‌ها از ISM استفاده گردید که بر اساس آن شاخص‌ها در ۷ سطح قرار گرفتند [۶۰].

امینی و همکاران (۱۴۰۲)، از رویکرد یکپارچه جدید BWM و نظریه مجموعه‌های راف جهت انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس شاخص‌های پایداری در شرکت ایران خودرو استفاده نمودند. با استفاده از روش TOPSIS و روش مجموع ساده وزنی (SAW)[5] امتیاز کلی هر تأمین‌کننده محاسبه گردید. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که شرکت ایساکو از بالاترین اولویت در میان تأمین‌کنندگان این شرکت بر اساس عوامل پایداری برخوردار می‌باشد [۳].

عزیزی نفطه و شهرخی (۱۴۰۲)، یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی جهت انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس شاخص‌های پایداری و تخصیص سفارش با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تشریح نمودند. ابتدا با استفاده از روش کوپراس (COPRAS)[6] که در محیط فازی نوع دوم و فازی شهودی توسعه یافته است، اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان انجام گردید. نتایج نشان داد که چگونه می‌توان سود سازمان را به حداکثر رساند در حالی که به‌طور همزمان و تا حد امکان، سفارش بیشتری به تأمین‌کنندگانی که دارای درجه پایداری بالاتری هستند، تخصیص یابد [۷].

تائبی و همکاران (۱۴۰۳)، با به‌کارگیری رویکرد تصمیم‌گیری چند شاخصه DEMATEL فازی، BWM فازی و ANP به انتخاب تأمین کنندگان بر اساس ابعاد چهارگانه پایداری یعنی اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و حکمرانی پرداختند. مطالعه موردی پژوهش در

13. Combined Compromise Solution
14. Interpretive Structural Modeling
15. Best-Worst-Method
16. Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution
18. Simple Additive Weighting
17.Complex Proportional Assessment

شرکت صنایع لاستیک خلیج فارس انجام گرفت. یافته‌ها نشان داد که معیارهای قیمت و منفعت اقتصادی، کنترل مصرف انرژی، آب و منابع و تحقیق و توسعه و نوآوری سبز دارای اهمیت بالاتری در بین عوامل می‌باشند [۵۴].

جواد و همکاران (۲۰۲۰)، یک رویکرد ترکیبی سه مرحله‌ای DELPHI، BWM و TOPSIS فازی را برای انتخاب تأمین‌کنندگان بر اساس قابلیت نوآوری سبز در شرکت فولاد خوزستان ایران ارائه نمودند. با توجه به نتایج، معیارهای ابتکارات مدیریت زیست‌محیطی، ابتکارات تحقیق و توسعه و تعهدات نظارتی، فشارها و تقاضای بازار بیشترین اوزان را به خود اختصاص دادند [۲۹].

یانگ و وانگ[۱۹] (۲۰۲۰)، با استفاده از روش‌های AHP فازی و TOPSIS فازی به انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین پایدار در صنعت نساجی چین پرداختند. بر اساس نتایج مشخص گردید که شاخص‌های تعهد به توسعه یک سیستم مدیریت زیست‌محیطی، در دسترس بودن منابع مالی، و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه برای شیوه‌های سبز بیشترین اهمیت را داشتند. [۵۹].

باکی[۲۰] (۲۰۲۲)، به توسعه یک رویکرد تصمیم‌گیری یکپارچه با استفاده از تکنیک‌های مدلسازی معادلات ساختاری (SEM)[21] و آراس (ARAS)[22] فازی جهت اولویت‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در یک شرکت فعال در بخش نساجی پرداخت. بر طبق یافته‌ها، معیارهای کیفیت، مسئولیت اجتماعی، خدمات، هزینه و محصول سبز به‌عنوان مهم‌ترین عوامل شناخته شدند [۹].

گری[۲۳] و همکاران (۲۰۲۲)، از روش DEMATEL در محیط فازی فیثاغورث[۲۴]، جهت انتخاب تأمین‌کنندگان در مدیریت زنجیره تأمین پایدار استفاده کردند. با توجه به نتایج، معیارهای نرخ رد محصول، طراحی سبز، روابط با ذینفعان، قابلیت تجارت الکترونیک، کاهش آلودگی، کیفیت، تصویر سبز و کارایی زیست‌محیطی مهم‌ترین معیارها هستند [۲۱].

کوچ[۲۵] و همکاران (۲۰۲۳)، به توسعه رویکرد تصمیم‌گیری احتمالی جدید AHP-TOPSIS برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار تقویت‌شده در صنعت ساخت و ساز پرداختند. در این تحقیق چارچوب انتخاب تأمین‌کننده پایدار با در نظر گرفتن سه بعد پایداری و سه جنبه دیگر یعنی نوآوری، اصول ناب و مدیریت دانش گسترش داده شد. هم‌چنین از شبیه‌سازی مونت کارلو[۲۶] با توزیع BETA-PERT، برای مقابله با عدم قطعیت احتمالی استفاده گردید. یافته‌ها بر اهمیت پایداری اقتصادی و مدیریت دانش تأکید داشتند. هم‌چنین معیارهای هزینه چرخه عمر، حقوق کارمندان و ذینفعان، طراحی سبز، قابلیت نوآوری/ دیجیتال‌سازی و سیستم‌های اطلاعات مدیریت و برآوردن نیازهای مشتری از اهمیت بیشتری برخوردار بودند [۳۳].

سای[۲۷] و همکاران (۲۰۲۳)، با استفاده از یک مدل ترکیبی MCDM، به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان سبز در شرایط کووید[۲۸]-۱۹ پرداختند. از روش DEMATEL برای تحلیل رابطه علی بین ابعاد و معیارها و از روش DANP برای تجزیه و تحلیل اهمیت وزنی هر بعد و معیار استفاده شد. بر اساس یافته‌ها مشخص شد که بعد تغییرات سازمانی، از بیشترین تأثیرگذاری در بین ابعاد برخوردار است. هم‌چنین معیارهای تخصیص بهینه منابع و گسترش بازار به‌عنوان مهم‌ترین معیارها انتخاب گردیدند [۵۶].

نوین[۲۹] و همکاران (۲۰۲۲)، یک مدل یکپارچه تحلیل پوششی داده‌ها و رویکرد فازی کروی برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار در صنعت فولاد ارائه نمودند. روش AHP فازی کروی برای به دست آوردن اهمیت معیارها و روش WASPAS فازی کروی برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار به کار برده شدند. هم‌چنین جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان و میزان کارایی آن‌ها، از روش DEA استفاده گردید. نتایج نشان داد که معیارهای کیفیت محصول، قیمت محصول و سلامتی و ایمنی رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص دادند و معیار طراحی و خرید سبز از کمترین اهمیت در بین معیارها برخوردار بود [۴۳].

---

19. Yang & Wang
20. Baki
21. Structural Equation Model
22. Additive Ratio Assessment
23. Giri
24. Pythagorean Fuzzy
25. Koc
26. Monte Carlo
27. Tsai
28. Covid
29. Nguyen

وی و ژو[30] (۲۰۲۳)، یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره BWM و VIKOR فازی برای انتخاب تأمین‌کننده وسایل نقلیه الکتریکی برای سازمان‌های دولتی و نهادهای عمومی در چین ارائه کردند. با توجه به نتایج، سوابق زیست‌محیطی بد، هزینه، کیفیت، خدمات و ابتکارات زیست‌محیطی به‌عنوان مهم‌ترین معیارها شناسایی شدند [۵۸]. با توجه به تحقیقات انجام گرفته، در جدول ۱ مهم‌ترین معیارها جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در ۴ بعد اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و خدمات نشان داده شده است.

جدول ۱. معیارهای شناسایی شده برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کننده

ردیف	نام بعد	نام شاخص	منبع
۱	اقتصادی	سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز	تائبی و همکاران، (۱۴۰۳) [۵۴]، آسربی و همکاران، (۲۰۲۳) [۱]
۲		هزینه خرید مواد اولیه	باکی، (۲۰۲۲) [۹]، نوین و همکاران، (۲۰۲۲) [۴۳]
۳		هزینه لجستیک و حمل‌ونقل	جاماسبی و همکاران، (۱۴۰۱) [۲۸]، باکی، (۲۰۲۲) [۹]، گری و همکاران، (۲۰۲۲) [۲۱]
۴		هزینه برگشت محصول	گارگ، (۲۰۲۱) [۱۹]
۵		فروش سال گذشته	نصری و همکاران، (۲۰۲۳) [۴۲]
۶		سود محصول	لوترا و همکاران، (۲۰۱۷) [۳۶]
۷	زیست‌محیطی	استفاده از برچسب زیست‌محیطی و مواد بسته‌بندی سازگار با محیط زیست	وانگ و یانگ، (۲۰۲۱) [۵۷]، پاموکار و همکاران، (۲۰۲۳) [۴۵]
۸		تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی از طریق استانداردها و گواهینامه‌هایی مثل ISO 14001، EMAS[2]، TQEM[3]، ISO 50001 برای توسعه مدیریت زنجیره تأمین پایدار	رهاردجو و همکاران، (۲۰۲۳) [۴۸]، کوچ و همکاران، (۲۰۲۳) [۳۳]
۹		به‌کارگیری انواع ابتکارات برای کنترل آلودگی (کربن)	سلطانی‌فر و همکاران، (۱۴۰۱) [۵۳]، نصری و همکاران، (۲۰۲۳) [۴۲]
۱۰		مدیریت ضایعات مؤثر	نوین و همکاران، (۲۰۲۲) [۴۳] سای و همکاران، (۲۰۲۳) [۵۶]
۱۱		توسعه تولید سبز و فرآیندهای نوآوری سازگار با محیط زیست	یانگ و وانگ، (۲۰۲۰) [۵۹]، وانگ و یانگ، (۲۰۲۱) [۵۷]
۱۲		طراحی محصولات کارآمد از نظر انرژی و قابل بازیافت	نصری و همکاران، (۲۰۲۳) [۴۲]، بافندگان امروزی و همکاران، (۲۰۲۳) [۸]
۱۳		ممیزی زیست‌محیطی تأمین‌کنندگان برای انطباق با استانداردها	جواد و همکاران، (۲۰۲۰) [۲۹]
۱۴		توسعه توانمندی لجستیک سبز	کوچ و همکاران، (۲۰۲۳) [۳۳]
۱۵		پایبندی به اجرای استانداردهای طراحی سبز	گوپتا و باروا، (۲۰۱۷) [۲۲]، جواد و همکاران، (۲۰۲۰) [۲۹]
۱۶	اجتماعی	حسن شهرت و بهبود تصویر اجتماعی سازمان	خوئی و جمیلی، (۱۴۰۰) [۳۲]، شانگ و همکاران، (۲۰۲۲) [۵۲]
۱۷		ابتکارات مسئولیت اجتماعی شرکت	کوچ و همکاران، (۲۰۲۳) [۳۳]
۱۸		آموزش و توسعه فنی کارکنان	آسربی و همکاران، (۲۰۲۳) [۱]، هالیانگ و همکاران، (۲۰۲۳) [۲۵]
۱۹		همکاری بین سازمانی (رقبا) وگروه‌های مرتبط با محیط زیست	جواد و همکاران، (۲۰۲۰) [۲۹]
۲۰		پاسخ سریع به مشتریان و تقاضای بازار	گارگ، (۲۰۲۱) [۱۹]، شانگ و همکاران، (۲۰۲۲) [۵۲]
۲۱		ایجاد اشتغال و فرصت‌های شغلی	پاموکار و همکاران، (۲۰۲۳) [۴۵]
۲۲		اصول اخلاقی، ارزش‌ها و هنجارهای فرهنگی، اجتماعی	تائبی و همکاران، (۱۴۰۳) [۵۴]، یانگ و وانگ، (۲۰۲۰) [۵۹]
۲۳		احترام و پایبندی به قانون و سیاست	هندیانی و همکاران، (۲۰۲۰) [۲۷]، هالیانگ و همکاران، (۲۰۲۳) [۲۵]

30. Wei and Zhou
31. Eco-Management and Audit Scheme
32. Total Quality Environmental Management

ردیف	نام بعد	نام شاخص	منبع
۲۴		تمایل به افشای اطلاعات	نصر و همکاران، (۲۰۲۱) [۴۱]، پاموکار و همکاران، (۲۰۲۳) [۴۵]
۲۵		سیستم‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای	گری و همکاران (۲۰۲۲) [۲۱]، نوین و همکاران، (۲۰۲۲) [۴۳]
۲۶		افزایش ارزش برای مشتریان	جواد و همکاران، (۲۰۲۰) [۲۹]
۲۷	اجتماعی	منافع، حقوق و رفاه کارکنان	خوئی و جمیلی، (۱۴۰۰) [۳۲]، نصر و همکاران، (۲۰۲۰) [۴۱]
۲۸		کار اجباری کودکان	تائبی و همکاران، (۱۴۰۳) [۵۴]، هالیانگ و همکاران، (۲۰۲۳) [۲۵]
۲۹		کیفیت محصول	شانگ و همکاران، (۲۰۲۲) [۵۲]، نوین و همکاران، (۲۰۲۲) [۴۳]
۳۰		تحویل به‌موقع	امینی و همکاران، (۱۴۰۱) [۳]، جاماسبی و همکاران، (۱۴۰۱) [۲۸]
۳۱	خدمات تأمین‌کننده	انعطاف‌پذیری	ابراهیمی و همکاران، (۱۴۰۱) [۱۴]، گری و همکاران، (۲۰۲۲) [۲۱]
۳۲		خدمات پس از فروش	گارگ، (۲۰۲۱) [۱۹]
۳۳		شرایط ارتباط	لو و همکاران، (۲۰۲۱) [۳۵]، هالیانگ و همکاران، (۲۰۲۳) [۲۵]
۳۴		تاریخ انقضای مواد اولیه	نظر خبره
۳۵		بسته‌بندی مناسب مواد	نظر خبره

همان‌طور که ادبیات موضوع نشان می‌دهد، مطالعات زیادی مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار را مورد بررسی قرار داده‌اند، اما پژوهش‌های اندکی در حوزه ارزیابی تأمین‌کنندگان صنعت دارو با در نظر گرفتن ابعاد پایداری انجام شده است. بنابراین کاربرد این پژوهش بر اساس شاخص‌های پایداری در صنعت داروسازی مورد توجه قرار گرفته است.

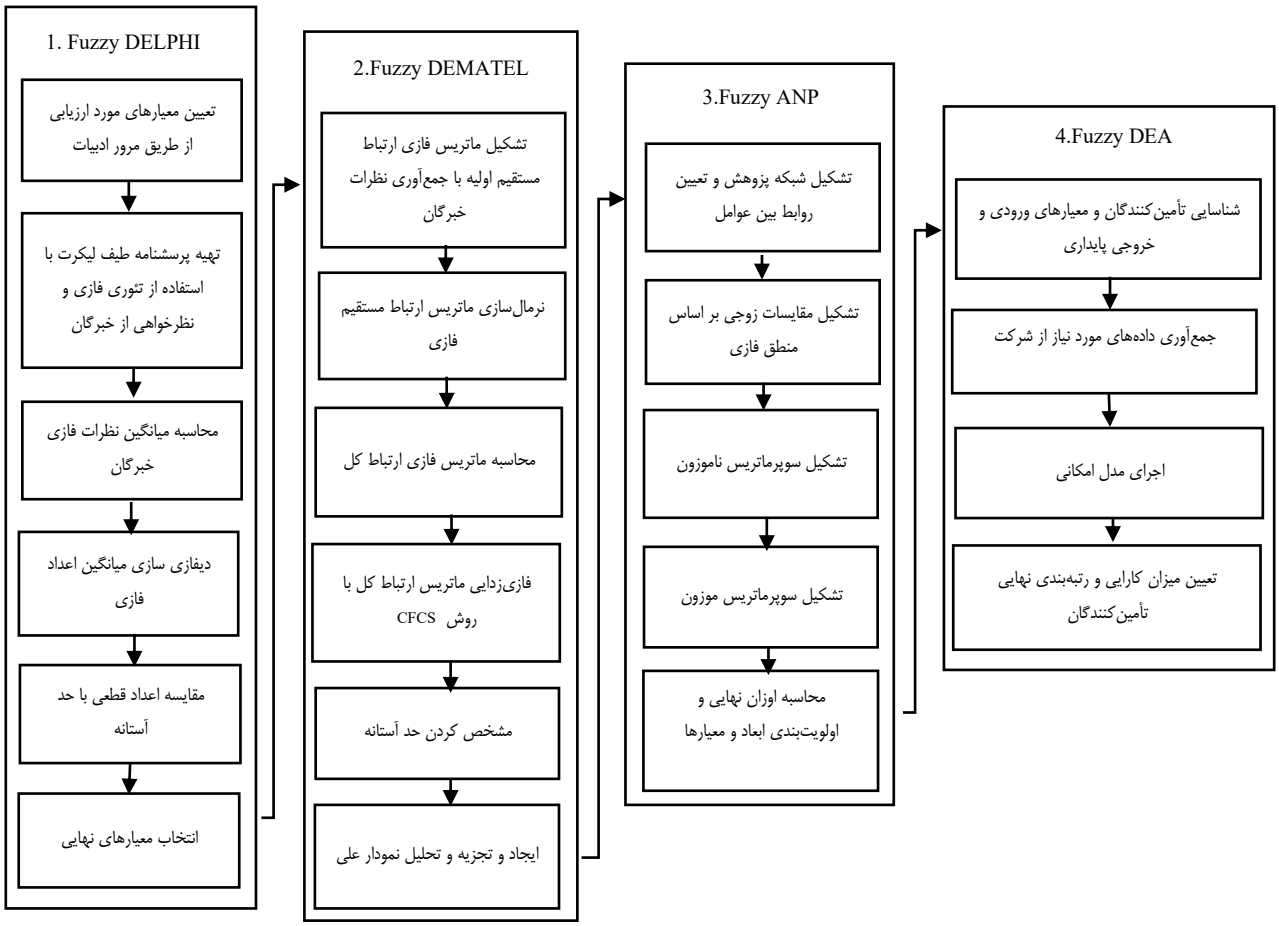
در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری، عناصر تصمیم را نمی‌توان به‌صورت سلسله مراتبی و مستقل از یکدیگر در نظر گرفت. مزیت اصلی روش‌هایی مثل Fuzzy DEMATEL و Fuzzy ANP این است که با در نظر گرفتن روابط متقابل میان عناصر تصمیم، نتایج حاصل به واقعیت نزدیک‌تر می‌شود؛ به همین دلیل استفاده از این روش‌ها به‌جای روش‌هایی مثل AHP در سال‌های اخیر افزایش یافته است. هم‌چنین کاربرد منطق فازی در چارچوب ارائه شده می‌تواند به نبود دقت ذاتی در تصمیم‌گیری و کنترل عدم قطعیت کمک کند و منجر به نتایج قابل اعتمادتر گردد.

در مدل‌های سنتی تحلیل پوششی داده‌ها، داده‌های ورودی و خروجی به‌صورت دقیق در نظر گرفته می‌شوند، اما در دنیای واقعی داده‌ها معمولاً دقیق نیستند. برای اتخاذ تصمیمات معقول و مطابقت بیشتر با دنیای واقعی، در این پژوهش از یک مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی به‌عنوان رویکردی جدید برای ارزیابی عملکرد واحدها در حضور داده‌های نامشخص استفاده شده است.

ریاضی از جمله تحلیل پوششی داده‌ها کم‌تر در ادبیات موضوع استفاده گردیده است. انتخاب تأمین‌کننده به‌طور مجزا با هر یک از این روش‌ها محدودیت‌هایی دارد. در روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه محدودیت‌های فازی موجود برای خریداران و تأمین‌کنندگان در نظر گرفته نمی‌شود. روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی نیز کمی هستند و معیارهای کیفی را نمی‌توان استفاده کرد؛ بنابراین نیاز به ارائه چارچوب جامعی می‌باشد که معیارهای ارزیابی تأمین‌کنندگان را در تمامی ابعاد با هم در نظر بگیرد و هم از بعد کمی محدودیت‌های موجود در تأمین کالاها را مورد بررسی قرار دهد. از این رو در این پژوهش از رویکرد ترکیبی جدید تصمیم‌گیری چند معیاره DELPHI-DEMATEL-ANP) و تحلیل پوششی داده‌ها (DEA) در محیط فازی استفاده گردیده است که در پژوهش‌های قبلی مورد توجه قرار نگرفته است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش بر مبنای هدف، کاربردی و از نظر روش انجام دادن، در گروه پژوهش‌های توصیفی–تحلیلی طبقه‌بندی می‌گردد. از آنجایی که این مطالعه به بررسی داده‌های مربوط به یک دوره زمانی می‌پردازد، از نوع تحقیقات مقطعی است. خبرگان تحقیق را رؤسا، مدیران و کارشناسان شرکت سبحان دارو تشکیل می‌دهند که دارای حداقل مدرک تحصیلی لیسانس و حداقل ۱۰ سال سابقه کاری مرتبط هستند و هم‌چنین با مباحث انتخاب تأمین‌کننده و پایداری در زنجیره تأمین آشنایی دارند. با توجه به شرایط گفته شده، در نهایت ۱۵ نفر از رؤسا، مدیران و کارشناسان شرکت از واحدهای مرتبط با تدارکات و پشتیبانی، سلامت، ایمنی و محیط زیست (HSE)[1]، توسعه کسب و کار، برنامه‌ریزی تولید، تضمین کیفیت و فنی و مهندسی جهت تکمیل پرسشنامه‌های پژوهش همکاری نمودند. این مطالعه برای حل مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار از یک روش ترکیبی چهار مرحله‌ای استفاده می‌کند. در ابتدا از طریق مرور ادبیات موضوع، شاخص‌های اولیه پژوهش شناسایی و پس از مصاحبه با خبرگان، با استفاده از روش دلفی فازی غربالگری و نهایی شدند. روایی پرسشنامه‌ها توسط اساتید دانشگاه مورد تأیید قرار گرفته است. سپس جهت مشخص نمودن میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری شاخص‌ها روش دیمتل فازی به کار برده شد. در گام بعدی بر اساس خروجی رابطه‌های دیمتل فازی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی جهت مشخص نمودن اهمیت (وزن) شاخص‌ها مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر نرخ ناسازگاری محاسبات مقایسات زوجی ANP کمتراز مقدار ۰.۱ هستند که نشان‌دهنده پایایی مناسب و سازگاری قضاوت‌ها است. در نهایت با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌های فازی تأمین‌کنندگان رتبه‌بندی گردیدند. شکل ۱ مراحل روش انجام تحقیق را نشان می‌دهد.



شکل ۱. روش انجام پژوهش

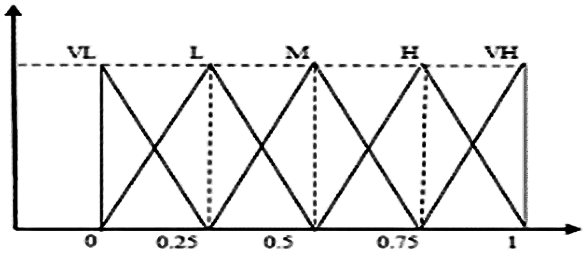
33. Health, Safety and Environment

دلفی فازی. تکنیک دلفی روشی نظام‌مند است که برای جمع‌آوری و هماهنگی قضاوت‌های آگاهانه گروهی از متخصصان در مورد یک سؤال یا موضوع خاص به کار می‌رود. در روش دلفی از عبارات کلامی جهت سنجش دیدگاه افراد استفاده می‌گردد؛ اما عبارات کلامی در انعکاس کامل مکنونات ذهنی افراد پاسخ‌دهنده دارای محدودیت‌هایی است. به‌طور مثال عبارت "خیلی زیاد" برای شخص الف که یک فرد سختگیر است، با عبارت"خیلی زیاد" برای شخص ب متفاوت می‌باشد، اگر یک عدد قطعی جهت کمی کردن نظرات هر دو نفر مورد استفاده قرار گیرد، نتایج دارای اریب خواهد شد؛ بنابراین برای حل این مشکل می‌توان یک طیف فازی مناسب را توسعه داد. روش دلفی فازی ترکیبی از روش دلفی و نظریه مجموعه‌های فازی است که توسط ایشیکاوا[1] و همکاران پیشنهاد شد [۱۱]. در دلفی فازی، کارشناسان بر اساس محاسبات منطق فازی و سیستم‌های استنتاج فازی به توافق می‌رسند. در این روش از اعداد فازی و محاسبات فازی جهت نمایش بهتر نظرات کارشناسان استفاده می‌شود؛ بنابراین در این پژوهش از روش دلفی فازی تک مرحله‌ای به‌منظور تأیید و غربالگری شاخص‌های شناسایی شده استفاده شده است. گام‌های روش دلفی فازی عبارتند از [۳۹]:

در ابتدا مرور جامعی بر ادبیات پژوهش جهت شناسایی شاخص‌های اولیه صورت می‌گیرد. سپس یک گروه تصمیم‌گیری که شامل خبرگان مرتبط با موضوع تحقیق می‌باشد، تشکیل می‌شود و پرسشنامه‌ای جهت تعیین مرتبط بودن شاخص‌های شناسایی شده با موضوع اصلی تحقیق و غربالگری آن‌ها، توسط خبرگان تکمیل می‌گردد. برای بیان میزان اهمیت هر یک از معیارها، متغیرهای زبانی مطابق با جدول ۲ و شکل ۲ استفاده می‌گردد [۱۱]. در این تحقیق اعداد فازی مثلثی و طیف فازی ۵ تایی به کار برده شده است.

جدول ۲. عبارات زبانی و اعداد متناظر دلفی فازی [۱۱]

عبارات زبانی	اعداد فازی مثلثی
خیلی کم	(۰,۰,۰.۲۵)
کم	(۰,۰.۲۵,۰.۵)
متوسط	(۰.۲۵,۰.۵,۰.۷۵)
زیاد	(۰.۵,۰.۷۵ ,۱)
خیلی زیاد	(۰.۷۵,۱,۱)



شکل ۲. طیف لیکرت ۵ تایی [۱۱]

جهت غربالگری و تأیید نهایی شاخص‌ها، مقدار ارزش اکتسابی هر شاخص با مقدار آستانه مقایسه می‌شود. این مقدار توسط استنباط ذهنی تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شود و هیچ راه ساده و قانونی برای تعیین مقدار آن وجود ندارد. در این مطالعه مقدار آستانه ۰.۷ در نظر گرفته شده است. برای این منظور ابتدا مقادیر فازی مثلثی نظرات خبرگان محاسبه می‌شود و سپس برای محاسبه میانگین نظرات n فرد خبره، میانگین فازی (τ) برای هر یک از شاخص‌ها مطابق با روابط ۱ تا ۴ مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۳]. در روابط زیر اندیس i به فرد خبره و اندیس j به شاخص تصمیم‌گیری اشاره می‌کند و a_j و b_j و c_j به ترتیب حد پایین، حد وسط و حد بالای عدد فازی مثلثی هستند. در ادامه مقدار دیفازی شده میانگین عدد فازی بر اساس رابطه ۵ محاسبه می‌شود:

34. Ishikawa

$$\tilde{\tau}_{ij} = \left(a_{ij}.b_{ij}.c_{ij}\right)\ \ i = 1,2,\dots,n \quad j = 1,2,\dots,m$$ رابطه (۱)

$$a_j = \sum \frac{a_{ij}}{n}$$ رابطه (۲)

$$b_j = \sum \frac{b_{ij}}{n}$$ رابطه (۳)

$$c_j = \sum \frac{c_{ij}}{n}$$ رابطه (۴)

$$Crisp = \frac{a+b+c}{3}$$ رابطه (۵)

دیمتل فازی. از روش دیمتل فازی جهت بررسی روابط بین عوامل استفاده می‌شود و شاخص‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر یا به عبارت دیگر معیارهای علی و معلول توسط ماتریس ارتباط کل مشخص می‌گردند [۳۷]. روش دیمتل نسبت به سایر تکنیک‌ها مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برتری دارد زیرا وابستگی متقابل بین عوامل یک سیستم را از طریق نمودار علی به حساب می‌آورد که در تکنیک‌های سنتی نادیده گرفته می‌شود [۵۱]. از آنجا که DEMATEL قادر به در نظرگرفتن عدم قطعیت و ابهام موجود در عبارات کلامی پاسخ‌دهندگان نیست، بنابراین در این پژوهش از روش دیمتل فازی استفاده شده است.

گام‌های روش دیمتل فازی عبارتند از [۳۴]:

برای شناسایی الگوی روابط میان n معیار، ابتدا یک ماتریس n×n تشکیل می‌شود. تأثیر عنصر مندرج در هر سطر بر عناصر مندرج در ستون در این ماتریس به‌صورت یک عدد فازی درج می‌شود. با فرض اینکه تعداد n معیار و p خبره وجود داشته باشد، p ماتریس فازی وجود دارد که x^1 تا x^p مربوط به ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱ تا p همراه با اعداد فازی مثلثی به‌عنوان عناصر آن خواهد بود. سپس میانگین حسابی نظرات فازی خبرگان طبق رابطه ۶ محاسبه می‌گردد و ماتریس ارتباط مستقیم Z طبق رابطه ۷ تشکیل می‌شود. هر درایه این ماتریس به‌صورت $\tilde{z}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ می‌باشد که نشان می‌دهد چه مقدار معیار i بر روی معیار j تأثیر می‌گذارد. l_{ij} و m_{ij} و u_{ij} به ترتیب حد پایین، وسط و بالای عدد فازی مثلثی هستند. در ادامه در هر سطر ماتریس ارتباط مستقیم فازی، مقادیر مربوط به کران بالای هر عنصر جمع می‌شوند. سپس تمام مقادیر هر سطر بر بزرگترین عدد حاصل تقسیم می‌گردند. از روابط ۸ و ۹ برای نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم فازی استفاده می‌شود. ماتریس X، ماتریس نرمال شده ارتباط مستقیم فازی می‌باشد. در جدول ۳ طیف فازی به کار رفته در روش دیمتل فازی آورده شده است.

$$z = \frac{x^1 + x^2 + x^3 + \dots + x^p}{p}$$ رابطه (۶)

$$z = \left[\tilde{Z}_{ij}\right]_{n*n} = \begin{bmatrix} \cdot & \cdots & \tilde{z}_{n1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{z}_{1n} & \cdots & \cdot \end{bmatrix}$$ رابطه (۷)

جدول ۳. عبارات زبانی مورد استفاده و اعداد فازی متناظر روش دیمتل فازی

کد	عبارت کلامی	U	M	L
۰	بدون تأثیر	۰.۲۵	۰	۰
۱	تأثیر خیلی کم	۰.۵	۰.۲۵	۰
۲	تأثیر کم	۰.۷۵	۰.۵	۰.۲۵
۳	تأثیر زیاد	۱	۰.۷۵	۰.۵
۴	تأثیر خیلی زیاد	۱	۱	۰.۷۵

$$[l_{ij}^{t}] = x_l \times (I - x_l)^{-1}$$ رابطه (۱۰)

$$[m_{ij}^{t}] = x_m \times (I - x_m)^{-1}$$ رابطه (۱۱)

$$[u_{ij}^{t}] = x_u \times (I - x_u)^{-1}$$ رابطه (۱۲)

$$X = [\tilde{x}_{ij}]_{n*n} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l_{ij}}{r}.\frac{m_{ij}}{r}.\frac{u_{ij}}{r}\right)$$ رابطه (۸)

$$r = \left\{\max_{1\le i\le n} \sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right\}$$ رابطه (۹)

هر درایه عدد فازی ماتریس روابط کل T به‌صورت $[\tilde{t}_{ij}]_{n*n} = (l_{ij}^{t}, m_{ij}^{t}, u_{ij}^{t})$ است. برای محاسبه آن طبق روابط ۱۰ تا ۱۲، ابتدا معکوس ماتریس نرمال به دست می‌آید سپس از ماتریس همانی I کم می‌شود و در انتها ماتریس نرمال در ماتریس حاصل ضرب می‌گردد. در روابط زیر I ماتریس یکه و x_l و x_m و x_u هر کدام ماتریس n*n هستند که درایه‌های آن را به ترتیب حد پایین، حد وسط و حد بالای اعداد فازی مثلثی ماتریس X تشکیل می‌دهد.

در این پژوهش، برای فازی زدایی از روش CFCS[1] اپریکویک و زنگ[2] استفاده شده است. روش‌های مختلفی برای فازی زدایی ارائه شده است که متداول‌ترین آن روش مرکز ثقل (COG)[3] می‌باشد. در این روش برای یک عدد فازی مثلثی متقارن، یک مقدار قطعی با حداکثر درجه عضویت به دست می‌آید، اما تمایزی بین دو عدد فازی که محتمل‌ترین مقدار (m) مشابه دارند در نظر گرفته نمی‌شود. ایراد اصلی روش مرکز ثقل آن است که دو عدد فازی با مقادیر متفاوت ممکن است دارای مقدار قطعی مشابه باشند [۴۴]. به این دلیل روش CFCS به‌عنوان یک روش مناسب برای فازی زدایی در مقایسه با سایر روش‌ها ارائه شده است. مراحل روش فازی زدایی روش CFCS بر طبق فرمول‌های ۱۳ تا ۲۰ می‌باشد.

استاندارد کردن اعداد فازی (محاسبه l_{ij}^{n} و m_{ij}^{n} و u_{ij}^{n}):

$$l_{ij}^{n} = \frac{(l_{ij}^{t} - min\, l_{ij}^{t})}{\Delta_{min}^{max}}$$ رابطه (۱۳)

$$m_{ij}^{n} = \frac{(m_{ij}^{t} - min\, l_{ij}^{t})}{\Delta_{min}^{max}}$$ رابطه (۱۴)

$$u_{ij}^{n} = \frac{(u_{ij}^{t} - min\, l_{ij}^{t})}{\Delta_{min}^{max}}$$ رابطه (۱۵)

به طوری که:

35. Converting Fuzzy Data into Crisp Scores
36. Opricovic and Tzeng
37. Center of Gravity

رابطه (۱۶) $\Delta_{min}^{max} = max\, u_{ij}^{t} - min\, l_{ij}^{t}$

محاسبه کران پایین (l_{ij}^{s}) و بالای (u_{ij}^{s}) مقادیر نرمال:

رابطه (۱۷) $l_{ij}^{s} = {m_{ij}^{n}}/{(1 + m_{ij}^{n} - l_{ij}^{n})}$

رابطه (۱۸) $u_{ij}^{s} = {u_{ij}^{n}}/{(1 + u_{ij}^{n} - l_{ij}^{n})}$

خروجی الگوریتم CFCS یک ماتریس با مقادیر قطعی است. محاسبه کل مقادیر قطعی نرمال شده (x_{ij}^{crisp}):

رابطه (۱۹) $x_{ij}^{crisp} = \frac{[l_{ij}^{s}(1 - l_{ij}^{s}) + u_{ij}^{s} \times u_{ij}^{s}]}{[1 - l_{ij}^{s} + u_{ij}^{s}]}$

محاسبه مقدار عدد قطعی (f_{ij}):

رابطه (۲۰) $f_{ij} = \min l_{ij}^{t} + x_{ij}^{crisp} \Delta_{min}^{max}$

جهت تعیین مقدار آستانه، از روش‌های مختلفی همچون محاسبه میانگین ماتریس ارتباط کامل یا نظرات خبرگان استفاده می‌گردد. سپس تمامی مقادیر ماتریس ارتباط کامل قطعی که از مقدار آستانه کمتر باشند، مقدار صفر به خود می‌گیرند. بنابراین رابطه علی برای آن‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. برای ترسیم نمودار علی مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس ارتباط کل T محاسبه می‌شود. مجموع سطرها (D) و ستون‌ها (R) با توجه به فرمول‌های ۲۱ و ۲۲ به دست می‌آیند. مقدار D برای هر عامل میزان تأثیرگذاری آن عامل بر سایر عوامل سیستم را نشان می‌دهد و مقدار R برای هر عامل بیانگر میزان تأثیرپذیری آن عامل از سایر عوامل سیستم است. سپس مقادیر D+R و D-R محاسبه می‌شوند و یک دستگاه مختصات دکارتی رسم می‌گردد که محور طولی آن مقادیر D+R را نشان داده و محور عرضی آن نشان دهنده مقادیر D-R می‌باشد. بردار افقی D+R میزان تأثیر و تأثر هر عامل در سیستم را نشان می‌دهد؛ هرچه مقدار D+R برای یک عامل بیشتر باشد، از تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم برخوردار است. بردار عمودی D-R بیانگر قدرت تأثیرگذاری هر عامل است؛ یعنی اگر این مقدار برای یک عامل مثبت باشد، یک متغیر علی محسوب شده و اگر منفی باشد، یک متغیر معلول به حساب می‌آید.

رابطه (۲۱) $D = \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \quad i = 1,2,\dots,n$

رابطه (۲۲) $R = \sum_{i=1}^{n} t_{ij} \quad \text{j= } 1,2,\dots,n$

فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی. روش ANP یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که برای تعیین وزن معیارها و انتخاب معیار بهینه بر اساس مقایسه‌های زوجی استفاده می‌شود. این روش شباهت زیادی به روش AHP دارد؛ اما از آنجا که در روش AHP روابط درونی بین عوامل در نظر گرفته نمی‌شد، ساعتی در سال ۱۹۸۶ روش ANP را ارائه نمود. یکی از راه‌های تسهیل تصمیم‌گیری در شرایط عدم قطعیت، به‌کارگیری نظریه مجموعه‌های فازی است که بر پایه منطق فازی در فرآیند تحلیل شبکه‌ای است. بدین منظور در این پژوهش از روش ANP فازی استفاده شده است که مراحل آن در ادامه بیان شده است [۲۶، ۴]:

در گام اول ابتدا مدل شبکه‌ای پژوهش تشکیل می‌شود. در این مدل باید روابط درونی عوامل نشان داده شود. برای مشخص نمودن روابط و تأثیرات درونی بین عوامل از روش‌های مختلفی مانند دیمتل، دیمتل فازی یا نظرات خبرگان استفاده می‌گردد که در این پژوهش از خروجی روابط به دست آمده از کاربرد روش دیمتل فازی استفاده شده است. در گام بعد بدون در نظر گرفتن وابستگی بین ابعاد و معیارها، ابتدا جدول مقایسه زوجی در اختیار خبرگان قرار می‌گیرد و با استفاده از طیف ۹ تایی ANP فازی مطابق با جدول ۴، میزان اهمیت هر عامل نسبت به عامل دیگر مشخص می‌شود. سپس نرخ ناسازگاری مقایسات زوجی محاسبه می‌شود و با استفاده روش AHP فازی بهبود

یافته (میانگین هندسی باکلی[۱]) وزن عوامل محاسبه می‌گردد. از آنجا که در روش AHP فازی آنالیز توسعه چانگ معایبی وجود دارد؛ از جمله اینکه ممکن است وزن معیارها صفر و یا منفی شود که البته در ذات روش چانگ می‌باشد و نشان از اشتباه بودن روش نیست، برای همپوشانی ضعف‌های روش چانگ روش AHP فازی بهبود یافته پیشنهاد گردیده است.

جدول ۴. طیف ۹ تایی عبارات کلامی روش ANP فازی

کد	عبارت کلامی	عدد فازی
۱	اهمیت برابر	(۱,۱,۱)
۲	اهمیت برابر تا کمی مهمتر	(۱,۲,۳)
۳	اهمیت کمی مهمتر	(۲,۳,۴)
۴	مهمتر اهمیت کمی مهمتر تا نسبتاً	(۳,۴,۵)
۵	اهمیت نسبتاً مهمتر	(۴,۵,۶)
۶	اهمیت نسبتاً مهمتر تا بسیار مهمتر	(۵,۶,۷)
۷	اهمیت بسیار مهمتر	(۶,۷,۸)
۸	اهمیت بسیار مهمتر تا مطلقاً مهمتر	(۷,۸,۹)
۹	اهمیت مطلقاً مهمتر	(۸,۹,۱۰)

پس از محاسبه نرخ ناسازگاری فازی، با استفاده از روش میانگین هندسی، جداول مقایسات زوجی خبرگان ادغام و به یک ماتریس مقایسه زوجی تبدیل می‌گردد. با استفاده از رابطه ۲۳ میانگین هندسی سطرها محاسبه می‌شود که n نشان دهنده تعداد عناصر مرتبط در هر سطر و $\tilde{P}_{ij}$ نشان دهنده ترجیحات خبرگان در مورد یک شاخص (i)، نسبت به شاخص‌های دیگر(j) می‌باشد. به دلیل اینکه اعداد هر سطر به‌صورت فازی هستند میانگین هندسی درایه‌های اول، درایه‌های دوم و درایه‌های سوم در نظر گرفته می‌شود. سپس میانگین هندسی هر سطر (r_i) در معکوس مجموع میانگین هندسی سطرها ضرب می‌شود و وزن فازی i امین شاخص (w_i) مطابق رابطه ۲۴ محاسبه می‌گردد. وزن‌های فازی محاسبه شده مرحله قبل بر اساس رابطه ۲۵ دیفازی می‌شوند.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^{n} \tilde{P}_{ij} \right)^{1/n} \quad i = 1,2,\dots,n$$ رابطه (۲۳)

$$w_i = r_i * (r_1 + r_2 + \cdots + r_m)^{-1}$$ رابطه (۲۴)

$$w_{crisp} = \frac{l + 2m + u}{4}$$ رابطه (۲۵)

در ادامه هر یک از وزن‌های دیفازی شده مرحله قبل بر مجموع اوزان تقسیم می‌شود و وزن نرمال شده یعنی بردار وزن نسبی ابعاد به دست می‌آید (w_1). سپس وابستگی درونی بین ابعاد با استفاده از تحلیل اثرات هر بعد به‌صورت کنترلی با سایر ابعاد از طریق مقایسه زوجی تعیین می‌شود (w_2). اولویت‌های وابستگی درونی ابعاد بر اساس رابطه ۲۶ محاسبه می‌شود:

$$w_{dimension} = w_2 * w_1$$ رابطه (۲۶)

38. Buckley

این ماتریس به‌دست‌آمده، سوپرماتریس اولیه یا سوپرماتریس ناموزون نامیده می‌شود که یک ماتریس چندبعدی بوده و روابط میان عناصر مدل شبکه‌ای را نشان می‌دهد. در گام بعد اولویت‌های وزنی معیارها نیز به‌طور جداگانه با استفاده از ماتریس مقایسات زوجی به دست می‌آید (w_3). اولویت‌های وابستگی درونی معیارها بر اساس رابطه ۲۷ محاسبه شده و اوزان نسبی محدود به دست می‌آید:

در نهایت ماتریس اوزان نسبی محدود $(w_{criteria})$ در ارزش مبتنی بر ارتباط ابعاد $(w_{dimension})$، ضرب شده و اوزان نسبی همه

$$w_{criteria} = w_4 * w_3$$ رابطه (۲۷)

معیارها بر اساس رابطه ۲۸ به دست می‌آید. این سوپرماتریس که شامل اوزان نسبی همه معیارها در می‌شود، سوپرماتریس موزون نامیده می‌شود.

نرخ ناسازگاری مقایسات فازی. در روش ANP فازی، ماتریس مقایسات زوجی باید سازگار باشد تا مقایسه زوجی قابل قبول باشد.

$$w_{criteria-global} = w_{criteria} * w_{dimension}$$ رابطه (۲۸)

یکی از پارامترهای مهم در مقایسات زوجی، محاسبه نرخ ناسازگاری (CR)[1] است که نشان می‌دهد که آیا مقایسات زوجی از اعتبار مناسبی برخوردار هستند یا خیر. این نرخ همیشه باید کمتر از ۰.۱ باشد تا مقایسات سازگاری مناسبی داشته باشند و اگر این نرخ بیشتر از ۰.۱ بود در مقایسات باید تجدیدنظر شود. اگر محیط قطعی تبدیل به فازی شود از الگوریتم گوگوس و بوچر[2] که در سال ۱۹۹۸ ارائه شده است، برای محاسبه نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی استفاده می‌شود.

مراحل محاسبه نرخ سازگاری گوگوس و بوچر ادامه شرح داده شده است [۲۰]:

ابتدا ماتریس مثلثی فازی به دو ماتریس مجزا تقسیم می‌گردد. ماتریس اول شامل درایه میانی قضاوت‌های مثلثی می‌شود (A^m) و ماتریس دوم (A^g) از میانگین هندسی حدود بالا و پایین اعداد مثلثی تشکیل شده است. ماتریس‌های A^m و A^g در روابط ۲۹ و ۳۰ محاسبه شده است. بردار وزن هر ماتریس با استفاده از روش ساعتی بر اساس روابط ۳۱ و ۳۲ محاسبه می‌شود (ماتریس‌های w^m و w^g). سپس بزرگترین مقدار ویژه برای هر ماتریس از طریق فرمول‌های ۳۳ و۳۴ به دست می‌آید و شاخص سازگاری (CI)[3] بر اساس روش ساعتی و با استفاده از روابط ۳۵ و ۳۶ محاسبه می‌شود که نشان دهنده انحراف از سازگاری کامل هستند.

$$A^m = [a_{ijm}]$$ رابطه (۲۹)

$$A^g = \sqrt{a_{iju} * a_{ijl}}$$ رابطه (۳۰)

$$w^m = [\mathrm{w}_i^m] \; where \quad \mathrm{w}_i^m = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{a_{ijm}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ijm}}$$ رابطه (۳۱)

$$w^g = [\mathrm{w}_i^g] \; where \quad \mathrm{w}_i^g = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\sqrt{a_{iju} * a_{ijl}}}{\sqrt{a_{iju} * a_{ijl}}}$$ رابطه (۳۲)

$$\lambda_{max}^m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ijm} \; (w_j^m / w_i^m)$$ رابطه (۳۳)

$$\lambda_{max}^g = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \sqrt{a_{iju} * a_{ijl}} \; w_j^g / w_i^g)$$ رابطه (۳۴)

$$CI^m = \frac{(\lambda_{max}^m - n)}{(n-1)}$$ رابطه (۳۵)

39. Consistency Ratio
40. Gogus and Boucher
41. Consistency Index

$$\mathrm{CI}^{g} = \frac{(\lambda^{g}_{\max} - \mathrm{n})}{(\mathrm{n} - 1)}$$ رابطه (۳۶)

برای به دست آوردن مقادیر شاخص‌های تصادفی (RI)[1]، گوگوس و بوچر با تولید ۴۰۰ ماتریس تصادفی، جدول شاخص‌های تصادفی را مجدداً برای ماتریس‌های مقایسات زوجی فازی ایجاد نمودند. برای محاسبه نرخ ناسازگاری (CR)، شاخص سازگاری (CI) بر مقدار شاخص تصادفی (RI) تقسیم می‌شود. بنابراین دو نرخ ناسازگاری وجود خواهد داشت که باCR_m و CR_g نمایش داده می‌شود. اگر در هر دو روش مقدار حاصل از ۰.۱ کمتر باشد، ماتریس سازگار و قابل استفاده تشخیص داده می‌شود اما اگر هر دو روش نرخ ناسازگاری را بالای ۰.۱ نشان دهند باید با تجدیدنظر در نتایج، از خبرگان خواسته شود تا مجدداً ماتریس‌ها را تکمیل کنند. CR_m و CR_g بر اساس روابط ۳۷ و ۳۸ محاسبه می‌شوند.

$$CR_m = CI^{m} / RI_m$$ رابطه (۳۷)

$$CR_g = \mathrm{CI}^{g} / RI_g$$ رابطه (۳۸)

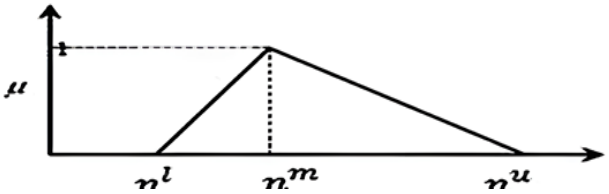
تحلیل پوششی داده‌های فازی. فارل در سال ۱۹۵۷ با استفاده از روشی همانند اندازه‌گیری کارایی در مباحث مهندسی، کارایی یک واحد تولیدی را اندازه‌گیری کرد. موردی که فارل کارایی آن را محاسبه نمود، شامل یک ورودی و یک خروجی بود. بعدها چارلز، کوپر و رودز[2] در سال ۱۹۷۸ دیدگاه فارل[3] را توسعه دادند و مدلی را ارائه نمودند که قادر بود کارایی با چندین ورودی و خروجی را اندازه‌گیری نماید. این مدل تحلیل پوششی داده‌ها یا DEA نامیده شد [۱۳ و ۱۸]. امروزه استفاده از روش DEA به‌سرعت در حال گسترش است و برای اندازه‌گیری کارایی سازمان‌ها و صنایع مختلف از جمله صنعت بانکداری، پست، بیمارستان‌ها، مراکز آموزشی، نیروگاه‌ها و... مورد استفاده قرار می‌گیرد. اساساً DEA روش مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی است که هدف آن حداکثر کردن عملکرد است. بنابراین در گروه روش‌های بهینه‌سازی خطی چندهدفه (چند خروجی) در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین از چندین ورودی و خروجی مشابه واحدهای تصمیم‌گیری تشکیل شده است و کارایی نسبی آن‌ها را محاسبه می‌کند. توسعه‌های زیادی از نظر تئوری و کاربردی در مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها رخ داده است که شناخت جنبه‌های مختلف آن‌ها برای کاربرد دقیق‌تر ضروری است. تحلیل پوششی داده‌ها را می‌توان با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت دستیابی به نتایج بهتر ترکیب کرد. هنگامی که عدم اطمینان در مورد داده‌های ورودی و خروجی وجود دارد، تکنیک‌های خاصی باید مورد استفاده قرار گیرد تا اطمینان حاصل شود که تغییرات کوچک در داده‌های ورودی یا خروجی رتبه‌بندی حاصل را تغییر نمی‌دهد [۲۴].

مدل غیرشعاعی اندازه‌گیری راسل بهبود یافته (ERM)[4]. مدل‌های کلاسیک تحلیل پوششی داده‌ها، مثل رویکردهای BCC[5] و CCR[6] مدل‌های شعاعی هستند. در مدل‌های ورودی محور، میزان ورودی‌ها تا حد امکان به حداقل می‌رسد، در عین حال میزان خروجی‌ها ثابت باقی می‌ماند و مدل‌های خروجی محور با حفظ میزان ورودی‌ها، میزان خروجی‌ها را به‌طور متناسب افزایش می‌دهند. اما در مدل‌های غیرشعاعی، کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها به‌طور همزمان در نظر گرفته می‌شود. در مدل‌های شعاعی راهبردهای یک‌طرفه برای بهبود کارایی ارائه می‌گردد که منجر به کاهش ورودی‌ها و یا افزایش خروجی‌ها می‌شود. اما مدل‌های غیرشعاعی راهبرد دوطرفه برای کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها به‌طور همزمان برای بهبود کارایی تأمین‌کنندگان ارائه می‌دهند. از سوی دیگر متغیرهای کمکی در مدل‌های شعاعی می‌توانند دارای مقادیر غیر صفر در واحد کارا باشند. اما در مدل‌های غیرشعاعی واحدها در صورتی کارا هستند که مقدار همه متغیرهای کمکی در جواب بهینه صفر شود. بنابراین می‌توان گفت که مدل‌های غیرشعاعی از قدرت تفکیک بیشتری نسبت به مدل‌های شعاعی برخوردارند. با توجه به مزایای گفته شده، این مطالعه از مدل غیرشعاعی ERM برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده نموده است.

42. Random Index
43. Charnes, Cooper and Rhodes
44. Farrell
45. Enhanced Russell Measure
46. Banker-Charnes-Cooper
47. Charnes-Cooper-Rhodes

مدل برنامه‌ریزی امکانی ERM.

در مدل‌های کلاسیک DEA از جمله رویکردهای BCC و CCR، این فرض وجود دارد که مقدار عددی دقیقی برای ورودی‌ها و خروجی‌ها وجود دارد. اما از آنجایی که در موقعیت‌های دنیای واقعی تعیین مقدار عددی دقیق برای برخی از ورودی‌ها و خروجی‌ها در دسترس نیست و عدم قطعیت داده‌های ورودی و خروجی می‌تواند بر نتایج کارایی تأثیر بگذارد، بنابراین در این پژوهش از مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی جدید، یعنی نظریه امکان[1] و رویکرد برنامه‌ریزی امکانی[2] برای محاسبه کارایی تأمین‌کنندگان استفاده شده است. یک توزیع امکان، به‌صورت درجه وقوع یک رخداد با داده‌های غیرقطعی تعریف می‌شود. در رویکرد برنامه‌ریزی امکانی از تابع توزیع امکان پارامترها برای مدلسازی در شرایط عدم‌قطعیت استفاده می‌شود. در شکل ۳ یک توزیع امکان در قالب یک عدد فازی مثلثی نمایش داده شده است.



شکل ۳. نمایش توزیع امکان مثلثاتی برای پارامتر فازی n

با به‌کارگیری روش برنامه‌ریزی امکانی پیشنهاد شده در مقاله پیشوایی و همکاران (۲۰۱۲) و با توجه به پارامترهای غیرقطعی مدل، معادل قطعی برنامه‌ریزی امکانی مدل تحلیل پوششی داده‌های فازی بر اساس روابط (۳-۳۹) تا (۳-۴۴) خواهد بود [۴۶].

$$\text{Max } E[z] = \alpha - \beta \qquad \text{رابطه (۳۹)}$$

s.t.

$$\tau_1 * \left(\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{u} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{l}\right) + (1-\tau_1) * \left(\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}^{m} - \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}^{m}\right) \le 0 \qquad \text{رابطه (۴۰)}$$

$$j = 1, \dots, n$$

$$v_i * (\tau_2 x_{io}^{u} + (1-\tau_2) x_{io}^{m}) - \mu_i \le \frac{1}{m} \qquad i = 1, \dots, m \qquad \text{رابطه (۴۱)}$$

$$\frac{\alpha}{s} - u_r * \left(\tau_3 y_{ro}^{l} + (1-\tau_3) y_{ro}^{m}\right) + f_r \le 0 \quad r = 1, \dots, s \qquad \text{رابطه (۴۲)}$$

$$\sum_{i=1}^{m} \mu_i - \sum_{r=1}^{s} f_r - \beta \le 0 \qquad \text{رابطه (۴۳)}$$

$$\alpha . \beta . \mu_i . f_r . u_r . v_i \ge 0 \qquad \forall i . r \qquad \text{رابطه (۴۴)}$$

$E[0.1]$ رتبه کارایی واحد مورد نظر را نشان می‌دهد که عددی بین صفر و یک است. u_r و v_i به ترتیب وزن r امین خروجی و i امین ورودی هستند. n تعداد واحد تصمیم‌گیری را نشان می‌دهد $(j = 1,2,..,n)$، i مجموعه ورودی‌ها $(i = 1,2,..,m)$ و r مجموعه خروجی‌ها می‌باشد $(r = 1,2,..,s)$. α متغیر دوگانی است که مربوط به محدودیت اول مدل اولیه یعنی میانگین کارایی خروجی مربوط می‌باشد f_r u_i β متغیرهای دوگانی هستند که مربوط به محدودیت‌های مدل اولیه می‌باشند ولی مفهوم کاربردی ندارند و برای تبدیل مدل غیرخطی به مدل خطی به‌کار رفته‌اند. x_{ij} ورودی i ام واحد تصمیم‌گیری j، y_{rj} خروجی r ام واحد تصمیم‌گیری j، x_{io} ورودی i ام واحد تحت بررسی o، y_{ro} خروجی r ام واحد تحت بررسی o و τ_1 ، τ_2 و τ_3 نشان‌دهنده سطوح اطمینان هر یک از محدودیت‌های مربوطه هستند. لازم به ذکر است مدل اولیه ERM در مقاله اسماعیلی (۲۰۱۲) موجود است [۱۶].

48. Possibilistic Theory
49. Possibilistic Programming

ورودی‌ها و خروجی‌های نامطلوب. از آنجایی که هنگام ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری با روش DEA، همیشه هدف کاهش ورودی و افزایش خروجی نیست، بنابراین اگر در بین ورودی‌ها و خروجی‌ها تعدادی ورودی یا خروجی نامطلوب وجود داشته باشد، لازم است میزان این ورودی‌ها و خروجی‌ها به ترتیب افزایش و کاهش یابد.
هنگامی که در مدل ورودی نامطلوب وجود داشته باشد، مقدار آن باید افزایش یابد. X_{ij}^{I} و X_{ij}^{D} به ترتیب ورودی‌های نامطلوب و مطلوب مدل هستند که باید به ترتیب افزایش و کاهش پیدا کنند. بنابراین طبق فرمول‌های ۴۵ و ۴۶ ورودی نامطلوب X_{ij}^{I} قبل از وارد کردن در مدل در عدد ۱- ضرب می‌شود و مقدار t_r به آن اضافه می‌شود [۱۰].

$$X_{ij}^{-D} = -X_{ij}^{I}+t_r \geq 0 \quad \text{(رابطه ۴۵)}$$

$$t_r=\text{Max } \{X_{ij}^{I}\}+1 \quad \text{(رابطه ۴۶)}$$

۴. تحلیل داده‌ها و یافته‌های پژوهش

مطالعه موردی. مطالعه موردی پژوهش حاضر شرکت سبحان دارو می‌باشد. این کارخانه در شهرک صنعتی شهر رشت واقع شده است و یکی از اعضای هلدینگ دارویی سبحان است. شرکت سبحان دارو عمدتاً در زمینه تولید داروهای انسانی در زمینه اعصاب و روان و قلب و عروق فعالیت دارد و به‌عنوان بزرگترین تولیدکننده داروهای اعصاب و روان در ایران، رتبه اول کشور از نظر حجم تولید را به خود اختصاص داده است. در حال حاضر فعالیت عمده شرکت در زمینه تولید اشکال دارویی است که شامل تولید محصولات دارویی، قرص، دراژه، کپسول، کرم، پماد، ژل و قطره است. شرکت سبحان دارو با تولید داروهای انسانی با کیفیت، منطبق بر استانداردهای روز دنیا، با هدف تأمین بخشی از نیازهای دارویی کشور و منطقه فعالیت می‌نماید. این شرکت با مشارکت شرکت‌های معتبر اروپایی مبادرت به تولید داروهای تحت لیسانس نموده است و دارای حدود ۱۱۰ پروانه تولید دارو می‌باشد. پیشبرد و تولید محصولات دارویی، آرایشی، بهداشتی و یا شیمیایی در کنار تحقیق و توسعه، حفظ محیط زیست و رعایت حقوق ذینفعان با تکیه بر نیروهای متخصص و فناوری‌های پیشرفته، محور اصلی فعالیت‌های این شرکت می‌باشد. از آنجا که این شرکت در صدد است تا در سراسر زنجیره تأمین خود تطابق فعالیت‌ها با معیارهای زیست‌محیطی را در نظر بگیرد، جهت تهیه مواد اولیه دارویی همکاری با تأمین‌کنندگان ملی و بین‌المللی معتبر که الزامات زیست‌محیطی را رعایت می‌کنند، در رأس مسئولیت اجتماعی خود قرار داده است.
نتایج دلفی فازی. در این بخش ابتدا پرسشنامه‌ای در قالب طیف لیکرت ۵ تایی شامل ۳۳ معیار، در اختیار خبرگان قرار گرفت. سپس از آن‌ها خواسته شد تا در قالب متغیرهای کلامی موجود در پرسشنامه، نظر خود را در مورد هر یک از معیارها بیان کنند. در ادامه بر اساس طیف ۵ تایی جدول ۲، هر عدد به عدد فازی تبدیل شده و بر اساس فرمول‌های ۱ تا ۴ میانگین فازی امتیازات محاسبه می‌شود. در نهایت با استفاده از رابطه ۵ میانگین فازی به عدد قطعی تبدیل می‌شود. در این تحقیق مقدار آستانه ۰.۷ در نظر گرفته شده است. با توجه به اهمیت بالای دو شاخص "تاریخ انقضای مواد اولیه" و "بسته‌بندی مناسب مواد" در صنعت داروسازی، این دو شاخص با استفاده از نظرات خبرگان به لیست شاخص‌های نهایی اضافه گردیدند. در ادامه بعضی از معیارها با یکدیگر ادغام و در مجموع ۱۵ شاخص مورد تأیید نهایی قرار گرفتند که در جدول ۵ آورده شده است.

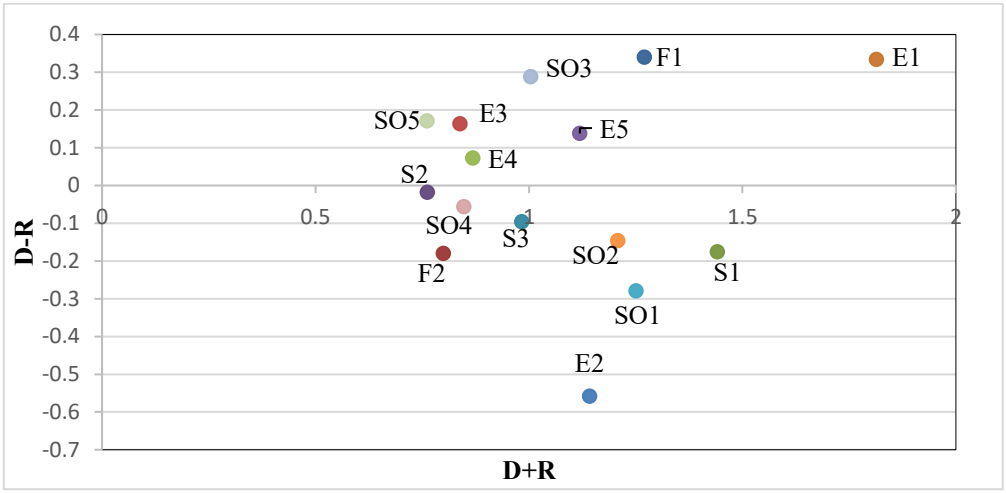
جدول ۵. معیارهای نهایی استخراج شده روش دلفی فازی

ردیف	بعد	کد شاخص	نام شاخص	میانگین قطعی
۱	اقتصادی	F1	سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز	۰.۷۷۸
۲		F2	هزینه خرید مواد اولیه	۰.۷۳۳
۳	خدمات تأمین‌کننده	S1	کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی	۰.۷۴۴
۴		S2	تاریخ انقضای مواد اولیه	–
۵		S3	تحویل به‌موقع	۰.۷۲۲
۶	زیست‌محیطی	E1	تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی	۰.۷۷۲
۷		E2	ابتکارات کنترل آلودگی و مدیریت ضایعات مؤثر	۰.۷۵۶
۸		E3	طراحی محصولات کارآمد از نظر انرژی و قابل بازیافت	۰.۷۳۹
۹		E4	ممیزی زیست‌محیطی تأمین‌کنندگان برای انطباق با استانداردها	۰.۷۰۶
۱۰		E5	توسعه تولید سبز و فرآیندهای نوآوری سازگار با محیط زیست	۰.۷۵۰
۱۱	اجتماعی	SO1	حسن شهرت و بهبود تصویر اجتماعی سازمان	۰.۷۱۷
۱۲		SO2	پاسخ سریع به مشتریان و تقاضای بازار	۰.۷۰۶
۱۳		SO3	آموزش و توسعه فنی کارکنان	۰.۷۲۸
۱۴		SO4	سیستم‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای	۰.۷۶۱
۱۵		SO5	همکاری بین سازمانی وگروه‌های مرتبط با محیط زیست	۰.۷۱۱

نتایج دیمتل فازی. در این بخش ابتدا با استفاده از نظرات خبرگان تحقیق، ۱۵ معیار نهایی بر اساس میزان تأثیرگذاری بر یکدیگر به‌صورت زوجی مقایسه شدند. نظرات خبرگان بر اساس طیف ۰ تا ۴ جدول ۳ بیان گردیده است. سپس ماتریس ارتباط مستقیم فازی که میانگین حسابی نظرات تمام خبرگان می‌باشد، بر اساس روابط ۶ و ۷ تشکیل شده و برای نرمال کردن ماتریس ارتباط مستقیم فازی از روابط ۸ و ۹ استفاده می‌شود. در مرحله بعد بر اساس روابط ۱۰ تا ۱۲ ماتریس ارتباط کل فازی محاسبه می‌شود و از روش CFCS برای فازی زدایی مقادیر ماتریس ارتباط کامل فازی طبق روابط ۱۳ تا ۲۰ استفاده می‌گردد. مقدار حد آستانه برای معیارها با توجه به نظر خبرگان، مقدار ۰.۰۶۵ و برای ابعاد مقدار ۰.۶ در نظر گرفته شده است، بنابراین تمامی اعداد کمتر از این مقدار در ماتریس ارتباط کامل مقدار صفر گرفته و رابطه علی برای آن‌ها در نظر گرفته نمی‌شود. جمع عناصر هر سطر D_i و جمع عناصر هر ستون R_i از ماتریس ارتباط کل محاسبه می‌شود. بر اساس جدول ۶، شاخص‌های تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی با D برابر ۱.۰۷۴، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز با D برابر ۰.۸۰۵ و آموزش و توسعه فنی کارکنان با D برابر ۰.۶۴۶ از بیشترین اثرگذاری در سیستم برخوردارند. هم‌چنین شاخص‌های ابتکارات کنترل آلودگی و مدیریت ضایعات مؤثر با R برابر ۰.۸۵۰، کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی با R برابر ۰.۸۰۸ و حسن شهرت و بهبود تصویر اجتماعی سازمان با R برابر ۰.۷۶۵ از بیشترین اثرپذیری برخوردارند و از سایر عوامل پژوهش تأثیر می‌پذیرند. شاخص تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی با D+R برابر ۱.۸۱۴ بیشترین تعامل را با سایر عوامل دارد و از بیشترین تأثیر در کل سیستم برخوردار است، در نتیجه این شاخص اهمیت بیشتری نسبت به سایر شاخص‌های پژوهش دارد. بر اساس نمودار علی شکل ۴، معیارهایی که در بالای محور X هستند دارای D-R مثبت می‌باشند، بنابراین یک متغیر علی به حساب می‌آیند و میزان اثرگذاری آن‌ها از اثرپذیری آن‌ها بیشتر است و معیارهایی که در پایین محور X قرار دارند دارای D-R منفی می‌باشند، یعنی یک متغیر معلول هستند و از اثرپذیری بالاتری در سیستم برخوردار هستند.

جدول ۶. اثرگذاری و اثرپذیری معیارها

نام معیارها	کد معیار	R	D	D+R	D-R	ماهیت معیار
سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز	F1	۰.۴۶۵	۰.۸۰۵	۱.۲۷	۰.۳۴	علت
هزینه خرید مواد اولیه	F2	۰.۴۸۹	۰.۳۱	۰.۷۹۹	-۰.۱۸	معلول
کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی	S1	۰.۸۰۸	۰.۶۳۲	۱.۴۴۱	-۰.۱۷۶	معلول
تاریخ انقضای مواد اولیه	S2	۰.۳۹	۰.۳۷۲	۰.۷۶۲	-۰.۰۱۸	معلول
تحویل به‌موقع	S3	۰.۵۳۹	۰.۴۴۳	۰.۹۸۳	-۰.۰۹۶	معلول
تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی شرکت	E1	۰.۷۴	۱.۰۷۴	۱.۸۱۴	۰.۳۳۴	علت
ابتکارات کنترل آلودگی و مدیریت ضایعات مؤثر	E2	۰.۸۵	۰.۲۹۲	۱.۱۴۲	-۰.۵۵۸	معلول
طراحی محصولات کارآمد از نظر انرژی و قابل بازیافت	E3	۰.۳۳۷	۰.۵۰۱	۰.۸۳۸	۰.۱۶۴	علت
ممیزی زیست‌محیطی تأمین‌کنندگان برای انطباق با استانداردها	E4	۰.۳۹۷	۰.۴۷	۰.۸۶۸	۰.۰۷۳	علت
توسعه تولید سبز و فرآیندهای نوآوری سازگار با محیط زیست	E5	۰.۴۹۱	۰.۶۲۸	۱.۱۱۹	۰.۱۳۸	علت
حسن شهرت و بهبود تصویر اجتماعی سازمان	SO1	۰.۷۶۵	۰.۴۸۶	۱.۲۵۱	-۰.۲۷۹	معلول
پاسخگویی سریع به مشتریان و تقاضای بازار	SO2	۰.۶۷۷	۰.۵۳۱	۱.۲۰۸	-۰.۱۴۶	معلول
آموزش و توسعه فنی کارکنان	SO3	۰.۳۵۸	۰.۶۴۶	۱.۰۰۴	۰.۲۸۸	علت
سیستم‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای	SO4	۰.۴۵۲	۰.۳۹۶	۰.۸۴۷	-۰.۰۵۶	معلول
همکاری‌های بین سازمانی و گروه‌های مرتبط با محیط زیست	SO5	۰.۲۹۵	۰.۴۶۶	۰.۷۶۱	۰.۱۷۱	علت

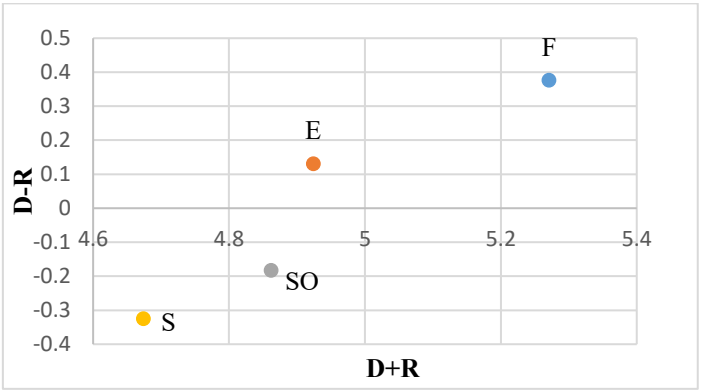


شکل ۴. نمودار علی معیارها

مشابه آنچه در قسمت معیارها بیان گردید، نتایج مراحل دیمتل فازی برای ۴ بعد در نظر گرفته شده یعنی ابعاد اقتصادی، خدمات، زیست‌محیطی و اجتماعی در جدول ۷ و شکل ۵ آورده شده است.

جدول ۷. اثرگذاری و اثرپذیری ابعاد

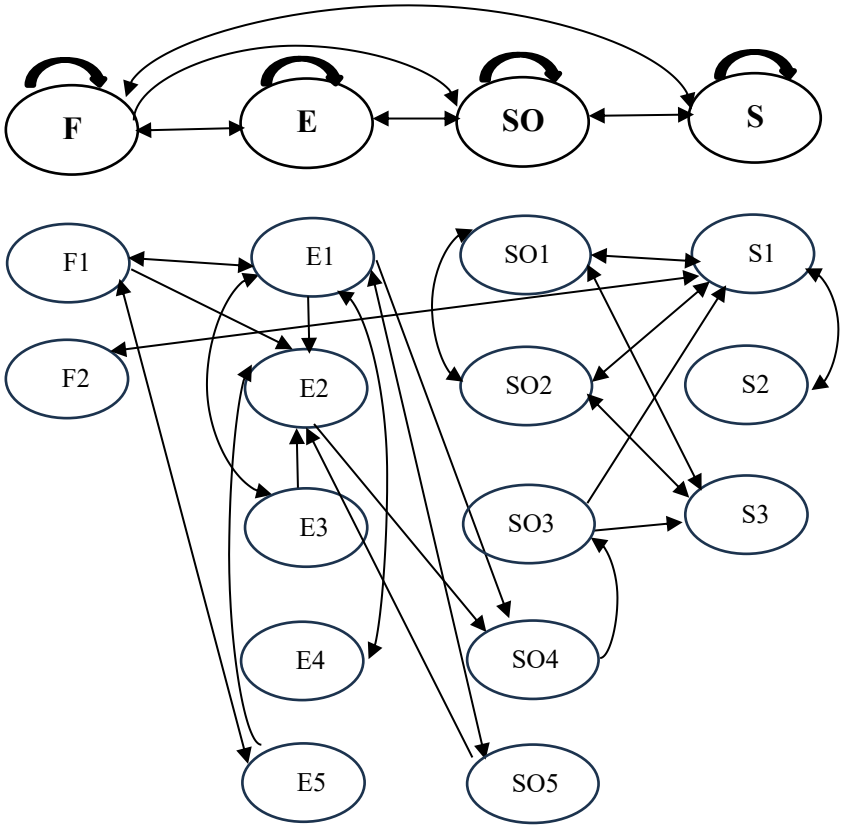
نام بعد	کد	R	D	D+R	D-R	ماهیت بعد
اقتصادی	F	۲.۴۴۷	۲.۸۲۴	۵.۲۷۱	۰.۳۷۷	علت
خدمات	S	۲.۵	۲.۱۷۵	۴.۶۷۴	−۰.۳۲۵	معلول
زیست‌محیطی	E	۲.۳۹۶	۲.۵۲۷	۴.۹۲۴	۰.۱۳۱	علت
اجتماعی	SO	۲.۵۲۳	۲.۳۴۰	۴.۸۶۲	−۰.۱۸۳	معلول



شکل ۵. نمودار علی ابعاد

همان‌طور که از نتایج مشخص است، از بین ابعاد ۴ گانه در نظر گرفته شده، ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی به ترتیب با D برابر ۲.۸۲۴ و ۲.۵۲۷ بیشترین اثرگذاری را در سیستم دارند. هم‌چنین ابعاد اجتماعی و خدمات به ترتیب با R برابر ۲.۵۲۳ و ۲.۵ از بیشترین اثرپذیری در سیستم برخوردارند. علاوه بر این، بعد اقتصادی با D+R برابر ۵.۲۷۱ بیشترین تعامل را با سایر ابعاد دارد و از اهمیت بیشتری برخوردار است و بعد خدمات با D-R برابر ۰.۳۲۵− به‌عنوان اثر پذیرترین بعد می‌باشد.

نتایج فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی . برای مشخص نمودن میزان اهمیت و وزن ابعاد و معیارها از روش ANP فازی استفاده می‌شود. ابتدا با در نظر گرفتن روابط درونی که با استفاده از روش دیمتل فازی استخراج گردیدند، مقایسات زوجی توسط خبرگان و با استفاده از طیف ۱ تا ۹ جدول ۴ می‌شود تکمیل می‌شود. شکل ۶ شبکه روابط درونی ANP فازی را برای ابعاد و معیارها نشان می‌دهد.



شکل ۶. شبکه روابط درونی ANP

در ادامه نرخ ناسازگاری قضاوت‌ها با استفاده از روش گوگوس و بوچر بر طبق روابط ۲۹ تا ۳۸ محاسبه و کنترل می‌گردد. با توجه به اینکه که CR_m و CR_g درجداول مقایسات زوجی کمتر از ۰.۱ هستند، بنابراین مقایسات از اعتبار مناسبی برخوردار می‌باشند. سپس بر اساس روابط ۲۳ تا ۲۸ در بخش ۳، $w_{criteria-global}$ محاسبه شده و اوزان نهایی عوامل در جدول ۸ آورده شده است. بر اساس نتایج نهایی ANP فازی، ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی به ترتیب با وزن ۰.۲۸۵ و ۰.۲۴۵ از بیشترین اهمیت برخوردار هستند. در بین معیارها نیز معیار کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی با وزن ۰.۰۵۹، توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی با وزن ۰.۰۳۵ و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز با وزن ۰.۰۱۹ بیشترین اهمیت را نسبت به سایر عوامل داشتند.

جدول ۸. ماتریس اوزان نهایی ابعاد و معیارها

بعد	وزن ابعاد	معیار	وزن معیار	وزن نهایی معیار	رتبه
F	۰.۲۸۵	F1	۰.۰۷۰	۰.۰۱۹۸	۳
		F2	۰.۰۴۴	۰.۰۱۲۵	۹
S	۰.۲۲۹	S1	۰.۲۶۰	۰.۰۵۹۵	۱
		S2	۰.۰۶۰	۰.۰۱۳۶	۷
		S3	۰.۰۷۳	۰.۰۱۶۷	۵
E	۰.۲۴۵	E1	۰.۱۴۳	۰.۰۳۵۱	۲
		E2	۰.۰۵۸	۰.۰۱۴۲	۶
		E3	۰.۰۱۴	۰.۰۰۳۳	۱۳
		E4	۰.۰۰۵	۰.۰۰۱۲	۱۵
		E5	۰.۰۷۱	۰.۰۱۷۳	۴

بعد	وزن ابعاد	معیار	وزن معیار	وزن نهایی معیار	رتبه
		SO1	۰.۰۴۷	۰.۰۱۱۲	**۱۱**
		SO2	۰.۰۴۵	۰.۰۱۰۸	**۱۲**
SO	۰.۲۴۱	**SO3**	۰.۰۵۲	۰.۰۱۲۴	**۱۰**
		SO4	۰.۰۵۳	۰.۰۱۲۶	**۸**
		SO5	۰.۰۰۶	۰.۰۰۱۵	**۱۴**

نتایج تحلیل پوششی داده‌های فازی

شناسایی تأمین‌کنندگان و معیارهای ورودی و خروجی . در این بخش جهت انتخاب تأمین‌کنندگان برتر، ۱۵ تأمین‌کننده داخلی و خارجی که با شرکت سبحان دارو برای تهیه مواد اولیه دارویی همکاری می‌نمایند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت تعیین معیارهای ورودی و خروجی برای ارزیابی تأمین‌کنندگان، شاخص‌هایی که در رتبه‌بندی نهایی روش ANP فازی، اوزان بالاتری را به خود اختصاص داده و هم‌چنین اطلاعات آن‌ها از طرف شرکت در دسترس بوده است، به‌عنوان شاخص‌های ورودی و خروجی انتخاب گردیدند. به این ترتیب شاخص‌های توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی، از جنبه زیست‌محیطی و سیستم‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای از جنبه اجتماعی، به‌عنوان ورودی‌ها و شاخص‌های کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی، تاریخ انقضای مواد اولیه و تحویل به‌موقع از جنبه خدمات، به‌عنوان معیارهای خروجی انتخاب گردیدند.

معیار توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی، با توجه به تعداد گواهینامه‌های زیست‌محیطی و انرژی شرکت و معیار سیستم‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای، با توجه به هزینه سیستم‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای شرکت در نظر گرفته شده است. در رابطه با معیارهای کیفی (کیفیت و تحویل) از شرکت خواسته شد تا امتیازی بین ۱ تا ۱۰۰ به هر یک از تأمین‌کنندگان اختصاص دهند. به علت اینکه مقادیر دقیقی از برخی ورودی‌ها و خروجی‌ها در دسترس نیست، از تئوری فازی برای مقابله با عدم قطعیت استفاده گردیده است؛ به این صورت که مقدار آن‌ها به‌صورت یک عدد فازی مثلثی (حد پایین، حد وسط و حد بالا) بیان شده است. در جدول ۹ معیارهای ورودی و خروجی جهت ارزیابی تأمین‌کنندگان و مقادیر آن‌ها آورده شده است.

جدول ۹. ورودی‌ها و خروجی‌های ۱۵ شرکت

تأمین‌کننده		شاخص‌های ورودی		شاخص‌های خروجی	
	تعداد گواهینامه‌های زیست‌محیطی و انرژی مانند ISO 14001, EMAS, ISO 50001	هزینه سیستم‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (10.000 Rials)	درصد کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی	تاریخ انقضای مواد اولیه (ماه)	درصد تحویل به‌موقع کالا
۱	(۶,۶,۶)	(۳۳,۳۷,۴۱)	(۸۰,۸۵,۹۰)	(۲۴,۲۴,۲۴)	(۹۰,۹۵,۱۰۰)
۲	(۴,۴,۴)	(۱۳,۱۸,۲۳)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۸۵,۹۰,۹۵)
۳	(۴,۴,۴)	(۲۶,۲۹,۳۲)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۸۵,۹۰,۹۵)
۴	(۴,۴,۴)	(۲۰,۲۵,۳۰)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۹۰,۹۵,۱۰۰)
۵	(۴,۴,۴)	(۳۳,۳۶,۳۹)	(۷۰,۷۵,۸۰)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۸۰,۸۵,۹۰)
۶	(۶,۶,۶)	(۳۸,۴۲,۴۶)	(۸۵,۹۰,۹۵)	(۲۴,۲۴,۲۴)	(۸۵,۹۰,۹۵)
۷	(۶,۶,۶)	(۳۵,۴۰,۴۵)	(۸۵,۹۰,۹۵)	(۲۴,۲۴,۲۴)	(۸۵,۹۰,۹۵)
۸	(۴,۴,۴)	(۳۵,۳۷,۳۹)	(۷۰,۷۵,۸۰)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۰,۷۵,۸۰)
۹	(۴,۴,۴)	(۳۲,۳۵,۳۸)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۵,۸۰,۸۵)
۱۰	(۴,۴,۴)	(۲۱,۲۵,۲۹)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۰,۷۵,۸۰)
۱۱	(۶,۶,۶)	(۳۷,۴۲,۴۷)	(۸۵,۹۰,۹۵)	(۲۴,۲۴,۲۴)	(۷۵,۸۰,۸۵)
۱۲	(۴,۴,۴)	(۴۹,۵۳,۵۷)	(۷۰,۷۵,۸۰)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۰,۷۵,۸۰)

تأمین‌کننده	شاخص‌های ورودی		شاخص‌های خروجی	
۱۳	(۴,۴,۴)	(۴۷,۴۹,۵۱)	(۷۰,۷۵,۸۰)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۵,۸۰,۸۵)
۱۴	(۴,۴,۴)	(۵۷,۶۲,۶۷)	(۶۵,۷۰,۷۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۵,۸۰,۸۵)
۱۵	(۴,۴,۴)	(۵۴,۵۷,۶۰)	(۶۵,۷۰,۷۵)	(۱۲,۱۲,۱۲)	(۸۰,۸۵,۹۰)

همان‌طور که در بخش ۳ بیان گردید، بعضی از ورودی‌ها در مدل‌های DEA نامطلوب بوده و باید پس از تغییراتی وارد مدل شوند. شاخص تعداد گواهینامه‌های زیست‌محیطی و انرژی، یک ورودی نامطلوب می‌باشد که جهت بهبود عملکرد مقدار آن باید افزایش یابد. پس از اعمال تغییرات بر اساس رابطه ۴۵ و۴۶، مقدار نهایی داده‌ها مطابق با جدول ۱۰ می‌باشد.

جدول ۱۰. داده‌های نهایی ورودی و خروجی ۱۵ شرکت

تأمین‌کننده	شاخص‌های ورودی		شاخص‌های خروجی		
	تعداد گواهینامه‌های زیست‌محیطی و انرژی مانند ISO 14001, EMAS, ISO 50001	هزینه سیستم‌های ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (10.000 Rials)	درصد کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی	تاریخ انقضای مواد اولیه (ماه)	درصد تحویل به‌موقع کالا
۱	(۱,۱,۱)	(۳۳,۳۷,۴۱)	(۸۰,۸۵,۹۰)	(۲۴,۲۴,۲۴)	(۹۰,۹۵,۱۰۰)
۲	(۳,۳,۳)	(۱۳,۱۸,۲۳)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۸۵,۹۰,۹۵)
۳	(۳,۳,۳)	(۲۶,۲۹,۳۲)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۸۵,۹۰,۹۵)
۴	(۳,۳,۳)	(۲۰,۲۵,۳۰)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۹۰,۹۵,۱۰۰)
۵	(۳,۳,۳)	(۳۳,۳۶,۳۹)	(۷۰,۷۵,۸۰)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۸۰,۸۵,۹۰)
۶	(۱,۱,۱)	(۳۸,۴۲,۴۶)	(۸۵,۹۰,۹۵)	(۲۴,۲۴,۲۴)	(۸۵,۹۰,۹۵)
۷	(۱,۱,۱)	(۳۵,۴۰,۴۵)	(۸۵,۹۰,۹۵)	(۲۴,۲۴,۲۴)	(۸۵,۹۰,۹۵)
۸	(۳,۳,۳)	(۳۵,۳۷,۳۹)	(۷۰,۷۵,۸۰)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۰,۷۵,۸۰)
۹	(۳,۳,۳)	(۳۲,۳۵,۳۸)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۵,۸۰,۸۵)
۱۰	(۳,۳,۳)	(۲۱,۲۵,۲۹)	(۷۵,۸۰,۸۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۰,۷۵,۸۰)
۱۱	(۱,۱,۱)	(۳۷,۴۲,۴۷)	(۸۵,۹۰,۹۵)	(۲۴,۲۴,۲۴)	(۷۵,۸۰,۸۵)
۱۲	(۳,۳,۳)	(۴۹,۵۳,۵۷)	(۷۰,۷۵,۸۰)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۰,۷۵,۸۰)
۱۳	(۳,۳,۳)	(۴۷,۴۹,۵۱)	(۷۰,۷۵,۸۰)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۵,۸۰,۸۵)
۱۴	(۳,۳,۳)	(۵۷,۶۲,۶۷)	(۶۵,۷۰,۷۵)	(۱۸,۱۸,۱۸)	(۷۵,۸۰,۸۵)
۱۵	(۳,۳,۳)	(۵۴,۵۷,۶۰)	(۶۵,۷۰,۷۵)	(۱۲,۱۲,۱۲)	(۸۰,۸۵,۹۰)

نتایج مدل برنامه‌ریزی امکانی. مطابق با مدل امکانی ارائه شده در بخش ۳ بر اساس روابط ۳۹ تا ۴۴، با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۰.۵ برای ارضای محدودیت‌ها، مدل برنامه‌ریزی امکانی در نرم افزار گمز حل شده و نتایج کارایی و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در جدول ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۱. نتایج کارایی تأمین‌کنندگان با مدل امکانی

تأمین‌کنندگان	کارایی	رتبه
۱	۰.۹۱۳	**۱**
۲	۰.۸۴۳	**۳**
۳	۰.۶۲۶	**۸**
۴	۰.۷۰۹	**۶**

تأمین‌کنندگان	کارایی	رتبه
۵	۰.۵۱۰	**۱۰**
۶	۰.۸۶۴	**۲**
۷	۰.۸۱۷	**۵**
۸	۰.۴۹۵	**۱۱**
۹	۰.۵۲۱	**۹**
۱۰	۰.۶۵۷	**۷**
۱۱	۰.۸۲۲	**۴**
۱۲	۰.۳۷۴	**۱۳**
۱۳	۰.۴۰۸	**۱۲**
۱۴	۰.۲۸۸	**۱۵**
۱۵	۰.۳۱۲	**۱۴**

همان‌طور که نتایج جدول ۱۱ نشان می‌دهد، تأمین‌کنندگان ۱ و ۶ و ۲ به ترتیب با میزان کارایی ۰.۹۱۳، ۰.۸۶۴ و ۰.۸۴۳ رتبه‌های اول تا سوم را به دست آوردند. از آنجایی که کارایی هیچ یک از تأمین‌کنندگان برابر یک به دست نیامده است، می‌توان نتیجه گرفت که در صورت عدم‌قطعیت فازی در مقادیر معیارهای ورودی و خروجی، لزوماً یک تأمین‌کننده با میزان کارایی یک وجود نخواهد داشت و ممکن است که کارایی محاسبه شده برای تمامی تأمین‌کنندگان از یک کمتر باشد.

۵. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این تحقیق فرآیند انتخاب تأمین‌کننده را با در نظرگیری شاخص‌های پایداری با رویکرد ترکیبی جدید تصمیم‌گیری چندمعیاره و تحلیل پوششی داده‌ها در محیط فازی مورد بررسی قرار داد. کاربرد چارچوب پیشنهادی در یک مطالعه موردی در صنعت داروسازی (شرکت سبحان دارو) انجام گردید که در پژوهش‌های قبلی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در ابتدا با بررسی تحقیقات انجام گرفته، ۳۳ معیار شناسایی شدند و با توزیع پرسشنامه و نظرخواهی از خبرگان و سپس با کاربرد روش دلفی فازی، ۱۵ معیار در جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی، اجتماعی و خدمات مورد تأیید قرار گرفتند. با استفاده از روش دیمتل فازی و ترسیم نمودار علی، مشخص شد که معیارهای تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی، سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز و آموزش و توسعه فنی کارکنان بیشترین تأثیرگذاری را در سیستم دارند. هم‌چنین معیارهای ابتکارات کنترل آلودگی و مدیریت ضایعات مؤثر، کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی و حسن شهرت و بهبود تصویر اجتماعی سازمان، از بیشترین اثرپذیری برخوردارند. پس از اینکه داده‌ها توسط روش DEMATEL فازی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند، در گام بعد از روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی جهت تعیین اهمیت و اولویت‌بندی عوامل استفاده گردید. نتایج ANP فازی نشان داد که شاخص‌های کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی، تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی شرکت و سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز بالاترین اوزان را به دست آوردند. هم‌چنین در بین ابعاد نیز، ابعاد اقتصادی و زیست محیطی رتبه‌های اول و دوم را کسب نمودند. بنابراین جهت ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان، باید به این عوامل توجه ویژه‌ای شود. در نهایت بر اساس رتبه‌بندی نهایی تأمین‌کنندگان شرکت سبحان دارو، تأمین‌کنندگان ۱ و ۶ و ۲ به ترتیب رتبه‌های اول تا سوم را کسب نمودند. این تأمین‌کنندگان دارای عملکرد خوبی می‌باشند و مدیران شرکت سبحان دارو می‌توانند جهت همکاری با این تأمین‌کنندگان قراردادهای بلندمدت تنظیم کنند. هم چنین تأمین کنندگان ۱۴ و ۱۵ دارای کارایی پایینی هستند و بهتر است از دسته تأمین کنندگان شرکت حذف گردند.

انوری و ریحانی (۱۳۹۹)، به ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان صنعت داروسازی با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که عواملی مثل کیفیت محصول، قیمت محصول و هزینه حمل و نقل از مهم‌ترین عوامل مؤثر در انتخاب تأمین‌کنندگان این صنعت هستند [۵]. در تحقیقی دیگر مینا و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از روش AHP فازی به انتخاب

تامین‌کنندگان سبز در صنعت دارو پرداختند. بر اساس نتایج تحقیق آن‌ها، معیار کیفیت به‌عنوان مهم‌ترین شاخص شناخته شد و انتشار آلاینده‌های هوا، گواهینامه‌های زیست‌محیطی و بسته‌بندی سبز بیشترین اهمیت را در بین معیارهای زیست‌محیطی به خود اختصاص دادند [۳۸]. کیانی و همکاران (۲۰۲۳)، یک چارچوب تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای برای انتخاب و تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان پایدار در صنعت داروسازی ارائه دادند. نتاج نشان داد که بعد اقتصادی مهم‌ترین بعد است و معیار قابلیت تحقیق و توسعه به‌عنوان مهم‌ترین معیار بعد زیست‌محیطی شناخته شد [۳۰]. نتایج این تحقیقات با پژوهش حاضر همسو می‌باشد. ابعاد اقتصادی و زیست‌محیطی بیشترین اهمیت و تأثیرگذاری را در تحقیق حاضر داشتند. تأمین‌کنندگان با زمینه‌های مالی قوی به ایده‌های نوآورانه و جدید برای کاهش اثرات مضر زیست‌محیطی محصولات خود جذب می‌شوند. تأمین‌کنندگان با داشتن سرمایه کافی می‌توانند امکانات تحقیق و توسعه ایجاد کنند و در آموزش و توسعه نیروی انسانی سرمایه‌گذاری کنند. پشتوانه اقتصادی قوی به سازمان‌ها کمک می‌کند تا به سرمایه‌گذاری در فناوری‌های جدید بپردازند و در صدد جذب متخصص از سازمان‌های خارجی برای بهبود فرآیندها و کاهش ضایعات باشند. در بین معیارها نیز، کیفیت مواد اولیه و بسته‌بندی رتبه اول را کسب نمود. مواد اولیه دارویی جز اصلی برای فرآیند داروسازی به شمار می‌روند و در صورت انتخاب یک ماده بی‌کیفیت، دارو نیز کیفیت و جواب‌دهی پایینی دارد. هم‌چنین بسته‌بندی مناسب مواد دارویی یک عامل مهم در حفظ کیفیت، بازاریابی و تأثیرات زیست‌محیطی محصولات دارویی است و باعث ایمنی آن‌ها در مقابل شرایط آسیب دهنده و نفوذ میکروب‌ها می‌شود. بنابراین تهیه مواد اولیه با کیفیت و بسته‌بندی مناسب از تأمین‌کنندگان باید مورد توجه قرار گیرد. معیار تعهد به توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی رتبه دوم را به دست آورد. توسعه سیستم مدیریت زیست‌محیطی و انرژی شرکت جهت کاهش اثرات زیست محیطی اهمیت زیادی دارد. با توجه به تأثیرگذاری بالای این شاخص بر اساس نتایج DEMATEL و وزن بالای آن بر اساس نتایج ANP، نیاز است تأمین‌کنندگان سیستم مدیریت زیست‌محیطی خود را بهبود بخشند. سومین معیار سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه سبز بود. سازمان‌هایی که به سمت پایداری حرکت می‌کنند، به تلاش‌های قابل‌توجهی برای توسعه فرآیندهای جدید، تغییر فرآیندهای فعلی و آزمایش مواد جایگزین برای کاهش اثرات منفی زیست‌محیطی نیاز دارند. این تلاش‌ها با انجام فعالیت‌های تحقیق و توسعه در داخل و خارج از سازمان‌ها حمایت می‌شود. سازمان‌ها باید برای دستیابی به اهداف پایداری خود و رقابت با سایر سازمان‌ها، روی امکانات تحقیق و توسعه سرمایه‌گذاری قابل‌توجهی انجام دهند.

در تحقیقات آینده می‌توان سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله روش‌های BWM، SWARA و... را جهت وزن دهی شاخص‌های تصمیم‌گیری به کار برد. هم‌چنین می‌توان از روش‌های رتبه‌بندی تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله روش‌های ARAS، COPRAS جهت انتخاب تأمین‌کنندگان استفاده نمود. تحقیقات آینده می‌تواند از یک مدل برنامه‌ریزی جهت تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان نیز استفاده نماید. روش ارائه شده در این تحقیق می‌تواند در سایر صنایع و سازمان‌ها به کار برده شود و جهت تأیید قابلیت کاربردی بودن چارچوب ارائه شده، نتایج آن با تحقیق حاضر مقایسه گردد. سایر روش‌ها جهت مقابله با عدم قطعیت مانند Grey، Rough و .. در تحقیقات آینده می‌تواند مورد توجه قرار گیرد.

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.

منابع

1. Acerbi, F., Rocca, R., Fumagalli, L., Taisch, M. (2023). Enhancing the cosmetics industry sustainability through a renewed sustainable supplier selection model. *Production & Manufacturing Research*, *11(1)*, 2161021. https://doi.org/10.1080/21693277.2022.2161021
2. Ahi, P., Searcy, C. (2013). A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, *52*, 329-341. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.018

3. Amini, A., Alinezhad, A., Gharakhani, D. (2023). A new rough BWM approach for evaluating and selecting a sustainable supplier in supply chain management. *Journal of Industrial Management Perspective*, *13(3)*, 9-38. (In Persian). https://doi.org/10.48308/jimp.13.3.9
4. Amin-Tahmasbi, H., Nikjoo, Z. (2021). Ranking of suburban bus passenger transport companies using Multiple-Attribute Decision Making methods. *Journal of Transportation Research, 18(3)*, 259-276. (In Persian).
5. Anvari, A., Reihani, R. (2020). Strategic evaluation and selection of Pharmaceutical suppliers BOCR -based using fuzzy Multi Criteria Decision Making. *Journal of Healthcare Management*, *2(11)*, 57-69. (In Persian).
6. Azar, A., Khorrami, A. (2021). Development of Pharmaceutical supply chain agility model using an Interpretive Structural Modeling (ISM) approach. *Public Management Researches*, *14(53)*, 29-63. (In Persian). https://doi.org/10.22111/jmr.2021.34316.5081
7. Azizi-Nafteh, M., Shahrokhi, M. (2023). Presenting Mathematical Programming model for sustainable supplier selection and order allocation using the COPRAS method. *Supply Chain Management*, *25(79)*, 87-101. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.20089198.1402.25.79.6.0
8. Bafandegan-Emroozi, V., Roozkhosh, P., Modares, A., Roozkhosh, F. (2023). Selecting green suppliers by considering the internet of things and CMCDM approach. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, *7(5)*, 1167-1189. http://dx.doi.org/10.1007/s41660-023-00336-9
9. Baki, R. (2022). An integrated Multi-Criteria Structural Equation Model for green supplier selection. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, *9(4)*, 1063-1076. http://dx.doi.org/10.1007/s40684-021-00415-7
10. Barzinpour, F., Moazeni, H., Pishvaie, M. (2016). A Data Envelopment Analysis (DEA) model for supplier selection by considering sustainable criteria: (A Case Study in a Stone Industry). *Strategic Management Researches, 21(59)*, 89-115. (In Persian). https://dorl.net/dor/20.1001.1.22285067.1394.21.59.4.9
11. Bui, T. D., Tsai, F. M., Tseng, M. L., Ali, M. H. (2020). Identifying sustainable solid waste management barriers in practice using the fuzzy Delphi method. *Resources, Conservation and Recycling*, *154*, 104625. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104625
12. Carter, C. R., Rogers, D. S. (2008). A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, *38(5)*, 360-387. https://doi.org/10.1108/09600030810882816
13. Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research, 2(6)*, 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8
14. 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). https://dorl.net/dor/20.1001.1.24766291.1401.7.4.2.9
15. Ecer, F. (2022). Multi-Criteria Decision Making for green supplier selection using interval type-2 fuzzy AHP: A Case Study of a Home Appliance Manufacturer. *Operational Research, 22(1),* 199-233. https://doi.org/10.1007/s12351-020-00552-y.
16. Esmaeili, M. (2012). An Enhanced Russell Measure in DEA with interval data. *Applied Mathematics and Computation 213(4)*, 1533-1563. https://doi.org/10.1016/j.amc.2012.07.060
17. Fallahpour, A., Nayeri, S., Sheikhalishahi, M., Wong, K. Y., Tian, G., & Fathollahi-Fard, A. M. (2021). A hyper-hybrid fuzzy Decision-Making framework for the sustainable-resilient supplier selection problem: A Case Study of Malaysian Palm Oil Industry. *Environmental science and pollution research*, 1-21. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-12491-y
18. Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society, 120(3),* 253–281. https://doi.org/10.2307/2343100
19. Garg, R. K. (2021). Structural Equation Modeling of E-supplier selection criteria in Mechanical Manufacturing Industries. *Journal of Cleaner Production*, *311*, 127597. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127597
20. Gerami, J. (2020). Ranking SERVQUAL dimensions by using fuzzy Analytical Hierarchy Process technique in the private banking industry (Case Study: Private Banks of Fars Province). *New Research in Mathematics, 6(25)*, 23-40. (In Persian).
21. 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
22. Gupta, H., Barua, M. K. (2017). Supplier selection among SMEs on the basis of their green innovation ability using BWM and fuzzy TOPSIS. *Journal of Cleaner Production*, *152*, 242-258. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.125

23. Habibi, A., Sarafrazi, A., Izadyar, S. (2014). Delphi technique theoretical framework in qualitative research. *The International Journal of Engineering and Science, 3(4)*, 8-13.
24. Hafezalkotob, A., Haji-Sami, E., Omrani, H. (2015). Robust DEA under discrete uncertain data: A Case Study of Iranian Electricity Distribution Companies. *Journal of Industrial Engineering International, 11*, 199-208. https://doi.org/10.1007/s40092-014-0096-0
25. 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. http://dx.doi.org/10.1007/s11356-023-25749-4
26. Hassanzadeh, R., Rahimpour, N. (2020). Evaluation of ecological vulnerability using Extended Fuzzy Analytic Hierarchy Process (EFAHP) and Geographic Information System (GIS) (Case Study: of Kerman Province). *Environmental Researches, 11(21),* 27-42. (In Persian).
27. Hendiani, S., Mahmoudi, A., Liao, H. (2020). A Multi-Stage Multi-Criteria Hierarchical Decision-Making approach for sustainable supplier selection. *Applied Soft Computing, 94*, 106456. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106456
28. Jamasbi, N., Olfat, L., Amiri, M., Pishvaee, M. S. (2023). Presenting a model for evaluation and selection of sustainable third- party logistics service providers in the supply chain based on the combined approach of fuzzy Analytical Hierarchy and Cocoso technique (Case Study: Dairy Industry). *Iranian Journal of Management Sciences*, 17*(68*), 45-74. (In Persian).
29. Javad, M. O. M., Darvishi, M., Javad, A. O. M. (2020). Green supplier selection for the Steel Industry using BWM and fuzzy TOPSIS: A Case Study of Khouzestan Steel Company. *Sustainable Futures, 2*, 100012. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2020.100012
30. 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. https://doi.org/10.3390/su15075962
31. Keshavarz-Ghorabaee, M. (2023). Sustainable supplier selection and order allocation using an integrated rog-based type-2 fuzzy Decision-Making approach. *Mathematics, 11(9)*, 2014. https://doi.org/10.3390/math11092014
32. Khoei, M. A., Jamili, A. (2021). Evaluation and selection of sustainable suppliers in the supply chain using the combined Vikor - FuzzyQFD method in Pharmaceutical Companies (Case Study: Barakat Pharmaceutical Company). *Journal of Industrial Strategic Management, 16(57*), 188-207. (In Persian).
33. Koc, K., Ekmekcioğlu, Ö., Işık, Z. (2023). Developing a probabilistic Decision-Making model for reinforced sustainable supplier selection. *International Journal of Production Economics*, *259*, 108820. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108820
34. Lin, C. J., Wu, W. W. (2008). A causal analytical method for group Decision-Making under fuzzy environment. *Expert Systems With Applications, 34(1)*, 205-213. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2006.08.012
35. Liu, G., Fan, S., Tu, Y., Wang, G. (2021). Innovative supplier selection from collaboration perspective with a hybrid MCDM model: A Case Study Based on NEVs Manufacturer. *Symmetry*, *13(1)*, 143. https://doi.org/10.3390/sym13010143
36. Luthra, S., Govindan, K., Kannan, D., Mangla, S. K., Garg, C. P. (2017). An integrated framework for sustainable supplier selection and evaluation in supply chains. *Journal of Cleaner Production*, *140*, 1686-1698. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.078
37. Luthra, S., Govindan, K., Kharb, R. K., & Mangla, S. K. (2016). Evaluating the enablers in solar power developments in the current scenario using fuzzy DEMATEL: An Indian perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 63*, 379-397. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.041
38. Mina, H., Mirabedini, S. N., Kian, H., Ghaderi, S. F. (2014). A new two stage integrated approach for green supplier selection. *Applied Mathematics in Engineering*, Management and Technology, *1(1)*, 1247-1126.
39. Mousavi, P., Yousefizenouz, R., Hasanpoor, A. (2015). Identifying organizational information security risks using fuzzy Delphi. *Journal of Information Technology Management, 7(1)*, 163-184. (In Persian). https://doi.org/10.22059/jitm.2015.53555
40. Nasiri, A., Mansory, A., Mohammadi, N. (2022). Developing an integrated model for evaluating the performance of green and resilient suppliers by combining Path Analysis, SWARA and TOPSIS Decision-Making techniques. *Journal of Industrial Management Perspective*, *12(2)*, 227-251. (In Persian) https://doi.org/10.52547/jimp.12.2.227
41. Nasr, A. K., Tavana, M., Alavi, B., Mina, H. (2021). A novel fuzzy Multi-Objective circular supplier selection and order allocation model for sustainable closed-loop supply chains. *Journal of Cleaner Production, 287,* 124994. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124994

42. Nasri, S. A., Ehsani, B., Hosseininezhad, S. J., Safaie, N. (2023). A sustainable supplier selection method using integrated fuzzy DEMATEL–ANP–DEA approach (Case Study: Petroleum Industry). *Environment, Development and Sustainability, 25(11),* 12791-12827. http://dx.doi.org/10.1007/s10668-022-02590-2
43. Nguyen, T. L., Nguyen, P. H., Pham, H. A., Nguyen, T. G., Nguyen, D. T., Tran, T. H., Phung, H. T. (2022). A novel integrating Data Envelopment Analysis and spherical fuzzy MCDM approach for sustainable supplier selection in Steel Industry. *Mathematics*, *10(11),* 1897. https://doi.org/10.3390/math10111897
44. Opricovic, S., Tzeng, G. H. (2003). Defuzzification within a Multi Criteria Decision model. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, *11(05)*, 635-652. https://doi.org/10.1142/S0218488503002387
45. Pamucar, D., Torkayesh, A. E., Biswas, S. (2023). Supplier selection in Healthcare supply chain management during the COVID-19 pandemic: A novel fuzzy rough Decision-Making approach. *Annals of Operations Research, 328(1)*, 977-1019. https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10479-022-04529-2
46. Pishvaee, M. S., Razmi, J., Torabi, S. A. (2012). Robust Possibilistic Programming for socially responsible supply chain network design: A new approach. *Fuzzy Sets and Systems, 206*, 1-20. https://doi.org/10.1016/j.fss.2012.04.010
47. Rafieian-Esfahani, M., Yazdani, B., Barati, M., Naghsh, A. R., Janatian, N. (2023). Drivers, enablers and challenges of supply chain sustainability in Pharmaceutical Industry: A systematic review. *Supply Chain Management, 25(78),* 89-108. (In Persian).
48. Rahardjo, B., Wang, F. K., Lo, S. C., Chou, J. H. (2023). A hybrid Multi-Criteria Decision-Making model combining DANP with VIKOR for Sustainable Supplier Selection in Electronics Industry. *Sustainability, 15(5)*, 4588. https://doi.org/10.3390/su15054588
49. Rashidi, K., Noorizadeh, A., Kannan, D., Cullinane, K. (2020). Applying the triple bottom line in sustainable supplier selection: A meta-review of the state-of-the-art. *Journal of Cleaner Production*, *269*, 122001. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122001
50. Seifbarghy, M. (2022). A Multi-Objective sustainable closed loop supply chain model considering suppliers evaluation and using SWARA-WASPAS method. *Journal of Industrial Management Perspective*, *12(3)*, 63-88. (In Persian). https://doi.org/10.52547/jimp.12.3.63
51. Seker, S., Zavadskas, E. K. (2017). Application of fuzzy DEMATEL method for analyzing occupational risks on construction sites. *Sustainability, 9(11)*, 2083. https://doi.org/10.3390/su9112083
52. 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
53. Soltanifar, M., Zargar, S. M., Homayounfar, M. (2022). Green supplier selection: A hybrid group voting Analytical Hierarchy Process approach. *Journal of Operational Research and Its Applications (Applied Mathematics), 19 (2)*, 113-132. (In Persian). http://jamlu.liau.ac.ir/article-1-1902-fa.html
54. Taebi, P., Alavi-Sadr, M. H., Khatami-Firozabadi, S. M. A. (2024). Identifying and prioritizing for selection of suitable suppliers based on the quadruple dimensions of sustainability with a Multi Criteria Decision Makin approach. *Iran Rubber Industry*, *28(112),* 46-63. (In Persian). https://doi.org/10.22034/irm.2024.430514.1254
55. Taherdoost, H., Brard, A. (2019). Analyzing the process of supplier selection criteria and methods. *Procedia Manufacturing*, *32*, 1024-1034. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.317
56. Tsai, J. F., Shen, S. P., Lin, M. H. (2023). Applying a hybrid MCDM model to evaluate green supply chain management practices. *Sustainability*, *15(3)*, 2148. https://doi.org/10.3390/su15032148
57. Wang, Y., Yang, Y. (2021). Analyzing the green innovation practices based on sustainability performance indicators: A Chinese Manufacturing Industry Case. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*, 1181-1203. https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-020-10531-7
58. Wei, Q., Zhou, C. (2023). A Multi-Criteria Decision-Making framework for electric vehicle supplier selection of government agencies and public bodies in China. *Environmental Science and Pollution Research, 30(4),* 10540-10559. http://dx.doi.org/10.1007/s11356-022-22783-6
59. Yang, Y., Wang, Y. (2020). Supplier selection for the adoption of green innovation in sustainable supply chain management practices: A Case of the Chinese Textile Manufacturing Industry. *Processes, 8(6)*, 717. https://doi.org/10.3390/pr8060717
60. Yeganeh, Z., Ahmadi, P., Pournasir-Rudineh, M. (2022). Application of Interpretive Structural Modeling and Multi-Attribute Decision-Making for green supplier selection in supply chain (Case Study: Pars Khazar Industrial Company). *Journal of Research in Management and Accounting, 54*, 251-274. (In Persian).
61. Zhu, Q., Liu, A., Li, Z., Yang, Y., Miao, J. (2022). Sustainable supplier selection and evaluation for the effective supply chain management system. *Systems, 10(5),* 166. https://doi.org/10.3390/systems10050166