

Accepted Manuscript

Accepted Manuscript (Uncorrected Proof)

Title: Presenting a Fuzzy-Stochastic Decision-Making Framework for Selecting Humanitarian Supply Chain Suppliers with an Emphasis on Agility and Resilience

Authors: Seyed Mahdi Kazemi¹, Hossein Amoozadkhalili^{2,*}, Ehsan Momeni³, Zahra Saeidimobarakeh⁴

1. *Department of Management, Ro.C., Islamic Azad University, Roudehen, Iran*
2. *Department of Industrial Engineering, Sar.C., Islamic Azad University, Sari, Iran*
3. *Department of Industrial Engineering, Par.C., Islamic Azad University, Pardis, Iran*
4. *Department of Industrial Engineering, CT.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran*

To appear in: **Disaster Prevention and Management Knowledge**

Received date: 2026/04/20

Accepted date: 2026/09/29

First Online Published: 2026/10/22

This is a “Just Accepted” manuscript, which has been examined by the peer-review process and has been accepted for publication. A “Just Accepted” manuscript is published online shortly after its acceptance, which is prior to technical editing and formatting and author proofing. Archives of Rehabilitation provides “Just Accepted” as an optional service which allows authors to make their results available to the research community as soon as possible after acceptance. After a manuscript has been technically edited and formatted, it will be removed from the “Just Accepted” Website and published as a published article. Please note that technical editing may introduce minor changes to the manuscript text and/or graphics which may affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Please cite this article as:

Kazemi, S. M., Amoozadkhalili, H., Momeni, E., & Saeidimobarakeh, Z. [Presenting a Fuzzy-Stochastic Decision-Making Framework for Selecting Humanitarian Supply Chain Suppliers with an Emphasis on Agility and Resilience]. Disaster Prevention and Management Knowledge. Forthcoming 2026.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

عنوان: ارائه چارچوب تصمیم گیری فازی-تصادفی برای انتخاب تامین کنندگان زنجیره تامین بشردوستانه با تاکید بر چابکی و تاب آوری

نویسندگان: سید مهدی کاظمی^۱، حسین عموزاد خلیلی^{۲*}، احسان مومنی^۳، زهرا سعیدی مبارکه^۴

۱. گروه مدیریت، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.
۲. گروه مهندسی صنایع، واحد ساری، دانشگاه آزاد اسلامی، ساری، ایران.
۳. مهندسی صنایع، واحد پردیس، دانشگاه آزاد اسلامی، پردیس، ایران
۴. گروه مهندسی صنایع، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نشریه: دانش پیشگیری و مدیریت بحران

تاریخ دریافت: 1405/1/31

تاریخ پذیرش: 1405/7/7

تاریخ انتشار اولیه: 1405/7/31

این نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» مقاله است که پس از طی فرایند داوری، برای چاپ، قابل پذیرش تشخیص داده شده است. این نسخه در مدت کوتاهی پس از اعلام پذیرش به صورت آنلاین و قبل از فرایند ویراستاری منتشر می‌شود. نشریه آرشیو توانبخشی گزینه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» را به عنوان خدمتی به نویسندگان ارائه می‌دهد تا نتایج آن‌ها در سریع‌ترین زمان ممکن پس از پذیرش برای جامعه علمی در دسترس باشد. پس از آنکه مقاله‌ای فرایند آماده سازی و انتشار نهایی را طی می‌کند، از نسخه «پذیرفته‌شده پیش از انتشار» خارج و در یک شماره مشخص در وبسایت نشریه منتشر می‌شود. شایان ذکر است صفحه آرایی و ویراستاری فنی باعث ایجاد تغییرات صوری در متن مقاله می‌شود که ممکن است بر محتوای آن تأثیر بگذارد و این امر از حیطه مسئولیت دفتر نشریه خارج است.

لطفا این گونه استناد شود:

Kazemi, S. M., Amoozadkhalili, H., Momeni, E., & Saeidimobarakeh, Z. [Presenting a Fuzzy-Stochastic Decision-Making Framework for Selecting Humanitarian Supply Chain Suppliers with an Emphasis on Agility and Resilience]. Disaster Prevention and Management Knowledge. Forthcoming 2026.

Abstract

The aim of this research is to develop and apply a multi-criteria decision-making approach under mixed uncertainty to evaluate and select suitable suppliers in the humanitarian supply chain. The main innovation of this study is in designing an integrated decision-making framework for crisis management that simultaneously combines agility and resilience dimensions under fuzzy and stochastic uncertainties to cover both the ambiguity of expert judgment and the probabilistic nature of humanitarian logistics data. For this purpose, the best-worst fuzzy-stochastic method was used to determine the weights of criteria and sub-criteria based on different scenarios, and the supplier prioritization was also performed with the fuzzy-stochastic TOPSIS approach. The required data was collected by experts through pairwise comparisons and the model was implemented in a fuzzy-probabilistic environment. The findings showed that agility, resilience and performance criteria are the main priorities, and at the sub-criteria level, responsiveness, delivery time and reliability are the most important evaluation factors. The ranking results also showed that the second supplier is the most suitable option for the conditions under study. Comparing the results with other approaches showed significant consistency in the rankings and a lower inconsistency rate in the proposed model, which indicates its greater accuracy and stability. The research findings indicate that the integration of fuzzy logic and stochastic analysis can help managers make more realistic and reliable decisions against environmental fluctuations.

Keywords: Humanitarian supply chain, supplier selection, resilience, agility, fuzzy-stochastic decision making

چکیده

هدف این پژوهش توسعه و به کارگیری یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره در شرایط عدم قطعیت ترکیبی برای ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان مناسب در زنجیره تأمین بشردوستانه است. نوآوری اصلی این مطالعه در طراحی یک چارچوب تصمیم‌گیری یکپارچه برای مدیریت بحران است که به طور هم‌زمان ابعاد چابکی و تاب‌آوری را تحت عدم قطعیت‌های فازی و تصادفی ترکیب می‌کند تا هم ابهام قضاوت خبرگان و هم ماهیت احتمالی داده‌های لجستیک بشردوستانه پوشش داده شود. بدین منظور، از روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی برای تعیین وزن معیارها و زیرمعیارها بر اساس سناریوهای مختلف استفاده شد و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان نیز با رویکرد تاپسیس فازی-تصادفی انجام گرفت. داده‌های مورد نیاز از طریق مقایسات زوجی توسط خبرگان جمع‌آوری و مدل در محیط فازی-احتمالی اجرا شد. یافته‌ها نشان داد که معیارهای چابکی، تاب‌آوری و عملکردی در اولویت‌های اصلی قرار دارند و در سطح زیرمعیارها نیز پاسخگویی، زمان ارسال و قابلیت اطمینان از مهم‌ترین عوامل ارزیابی هستند. همچنین نتایج رتبه‌بندی نشان داد که تأمین‌کننده دوم، مناسب‌ترین گزینه برای شرایط مورد مطالعه است. مقایسه نتایج با رویکردهای دیگر، همخوانی قابل‌توجهی در رتبه‌بندی‌ها و نرخ ناسازگاری کمتر در مدل پیشنهادی را نشان داد که بیانگر دقت و پایداری بیشتر آن است. یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که ادغام منطق فازی و تحلیل تصادفی می‌تواند به مدیران در اتخاذ تصمیم‌های واقع‌بینانه‌تر و قابل‌اطمینان‌تر در برابر نوسانات محیطی کمک کند.

کلمات کلیدی: زنجیره تأمین بشردوستانه؛ انتخاب تأمین‌کننده؛ تاب‌آوری؛ چابکی؛ تصمیم‌گیری فازی-تصادفی.

در سال‌های اخیر، وقوع رویدادهای فاجعه‌بار (اعم از حوادث طبیعی یا پیامدهای اقدامات انسانی) به دلیل ماهیت ناگهانی و قدرت تخریب بالا، منجر به تلفات گسترده انسانی و خسارات اقتصادی عظیمی شده است. به‌عنوان نمونه، طوفان‌های جنوب چین در سال ۲۰۱۶ موجب رانش زمین، بی‌خانمانی بیش از ۷۳,۰۰۰ نفر و زیان ۱۰ میلیارد یوانی شد [۱]. به‌طور مشابه، زلزله ۷.۳ ریشتری هائیتی در سال ۲۰۲۱، حدود ۸۰۰,۰۰۰ نفر را متأثر ساخت و ۱۸۴,۰۰۰ واحد مسکونی را تخریب کرد یا به‌شدت آسیب زد [۲]. در چنین شرایط اضطراری، منابع حیاتی به‌شدت کمیاب می‌شوند؛ از این رو، استفاده کارآمد از منابع توسط تیم‌های امدادی جهت حداکثرسازی پوشش امدادی و ارائه بهترین خدمات به قربانیان، امری حیاتی است [۳]. در این موقعیت‌ها، مدل‌های سنتی مدیریت بحران نمی‌توانند پاسخگوی نیازهای واقعی محیط باشند. بنابراین، طراحی شبکه‌هایی که علاوه بر پایداری در برابر شوک‌های ناگهانی، قابلیت بازپیکربندی متناسب با تغییرات سریع را داشته باشند، به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل شده است. در نتیجه، طراحی شبکه زنجیره تأمین بشردوستانه کارآمد، به‌دلیل تأثیر بسزا بر عملکرد و پاسخ‌گویی زنجیره تأمین امداد، یک وظیفه استراتژیک کلیدی برای پشتیبانی از تدارکات و کاهش خسارات جانی و مالی محسوب می‌شود [۴]. علاوه بر این، تکرار وقوع بلا یا بر اهمیت انتخاب منطقی تأمین‌کنندگان اضطراری جهت توزیع به‌موقع اقلام تأکید دارد. ماهیت ناگهانی، غیرقابل‌پیش‌بینی و پیچیده بلا یا، چالش‌های بزرگی را در فرایند انتخاب تأمین‌کنندگان ایجاد می‌کند. این موضوع مستلزم تصمیم‌گیری سریع در بازه‌های زمانی محدود و در شرایط کمبود اطلاعات است که هماهنگی ذی‌نفعان مختلف و شناسایی راه‌حل‌های بهینه پارتو را ضروری می‌سازد [۵].

از سوی دیگر، شبکه‌های زنجیره تأمین، به‌عنوان شریان حیاتی اقتصاد جهانی، مجموعه‌ای گسترده از بازیگران، از تأمین‌کنندگان اولیه تا خرده‌فروشان، را در فرآیندی یکپارچه به هم پیوند می‌دهند تا جریان مداوم کالا، خدمات و اطلاعات را تضمین کنند [۶]. با این حال، گسترش جغرافیایی و پیچیدگی فزاینده این تعاملات، آسیب‌پذیری شبکه‌ها را در برابر اختلالات پیش‌بینی‌ناپذیر، مانند بلایای طبیعی، بحران‌های اقتصادی، همه‌گیری‌ها و تحولات ژئوپلیتیکی، افزایش داده است. این شوک‌ها می‌توانند پایداری تولید، هماهنگی توزیع و ثبات هزینه‌ها را مختل کرده و پیامدهای مالی و اجتماعی عمیقی به همراه داشته باشند. در واکنش به این چالش‌ها، پژوهش‌ها و سیاست‌های سازمانی بر تقویت تاب‌آوری و چابکی زنجیره تأمین متمرکز شده‌اند تا شبکه‌ها ضمن حفظ عملکردهای حیاتی در شرایط بحرانی، از افت کارایی جلوگیری کرده و سرعت بازگشت به وضعیت پایدار را تسریع بخشند [۷].

در این چارچوب، تاب‌آوری به توانایی سیستم برای جذب شوک، سازگاری فوری یا تدریجی با شرایط جدید و بازیابی اثربخش اشاره دارد. این ظرفیت حیاتی، متکی بر سازوکارهایی چون انعطاف‌پذیری ساختاری، افزونگی هدفمند منابع و چابکی در تصمیم‌گیری است [۸]. از سوی دیگر، مفهوم زنجیره‌های تأمین چابک به عنوان یک پاسخ استراتژیک در برابر بحران‌هایی نظیر همه‌گیری‌ها، بلایای طبیعی یا تنش‌های ژئوپلیتیکی ظهور کرده است [۹]. چابکی در این زمینه، به معنی توانایی شبکه برای سازگاری سریع، پاسخگویی به نوسانات محیطی، بازپیکربندی مسیرها و تخصیص مجدد منابع در زمان بحران است. تحقیقات نشان می‌دهد که زنجیره‌های تأمین که ساختارهای خود را متناسب با تغییرات می‌پذیرند، عملکردی برتر از سیستم‌های ثابت دارند؛ هرچند دستیابی به این سطح از چابکی مستلزم آن است که سازمان‌ها فرآیندهای انعطاف‌پذیری و تاب‌آوری خود را برای مدیریت مؤثر تحولات مداوم توسعه دهند [۱۰].

گذار از ساختارهای سازمانی سنتی به ساختارهای سازمان‌های یادگیرنده و تطبیقی برای پاسخگویی به تغییرات مداوم الزامی است [۱۱]. تغییرپذیری شدید تقاضا و وقوع مکرر اختلالات محیطی، مانند نوسانات عرضه، عدم‌پیش‌بینی‌پذیری بلا یا و اختلال در حمل‌ونقل، توازن عرضه و تقاضا را برهم می‌زند. بنابراین، طراحی زنجیره‌های تأمین مقاوم در برابر عدم‌قطعیت‌ها، نه یک انتخاب مدیریتی، بلکه یک ضرورت راهبردی برای تضمین پایداری و رقابت‌پذیری بلندمدت سازمان در شرایط نوظهور است [۱۲].

در زنجیره تأمین بشردوستانه، شرایط بحران معمولاً با تغییرات سریع در تقاضا، محدودیت دسترسی به مناطق آسیب‌دیده، اختلال در زیرساخت‌های مواصلاتی، کاهش ظرفیت تأمین‌کنندگان و ناپایداری جریان اطلاعات همراه است. در چنین شرایطی، تصمیم‌گیری درباره انتخاب تأمین‌کنندگان تنها بر اساس هزینه یا سرعت تحویل کافی نیست؛ بلکه باید تأمین‌کنندگانی برگزیده شوند که بتوانند در برابر شوک‌ها و اختلالات مقاومت کنند و در عین حال، به‌سرعت خود را با شرایط متغیر محیطی تطبیق دهند. از این رو، پیش از وقوع بحران، شناسایی و انتخاب تأمین‌کنندگانی که هم از نظر تاب‌آوری توان حفظ عملکرد در شرایط اختلال را داشته باشند و هم از نظر چابکی

بتوانند در برابر تغییرات ناگهانی تقاضا و محدودیت‌های عملیاتی واکنش سریع نشان دهند، به یک مسئله حیاتی تبدیل می‌شود. بنابراین، نیاز به یک چارچوب تصمیم‌گیری نظام‌مند احساس می‌شود که بتواند این دو بعد کلیدی را به‌صورت هم‌زمان و در شرایط عدم قطعیت ارزیابی کند.

این مطالعه با تمرکز بر فاز آمادگی زنجیره تأمین بشردوستانه، مدلی کاربردی برای انتخاب تأمین‌کنندگان ارائه می‌دهد که می‌تواند مستقیماً توسط مرکز عملیات اضطراری (EOC) جهت بهبود برنامه‌های پاسخ‌دهی به کار گرفته شود. با توجه به مفاهیم فوق، این تحقیق در تلاش است تا به ارزیابی تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین بشردوستانه با تمرکز بر ابعاد تاب‌آوری و چابکی تحت عدم قطعیت ترکیبی بپردازد. از این رو، در این پژوهش ابتدا با بررسی ادبیات و نظرات کارشناسان، معیارها و زیرمعیارهای مسئله و تأمین‌کنندگان بالقوه شناسایی و معرفی می‌شوند. سپس، وزن معیارها و زیرمعیارها با استفاده از رویکرد بهترین-بدترین فازی-تصادفی محاسبه می‌شود. در نهایت، اولویت تأمین‌کنندگان با استفاده از روش تاپسیس فازی-تصادفی تعیین می‌گردد. به‌طور کلی، مهم‌ترین سهم این پژوهش در مقایسه با تحقیقات پیشین، پرداختن به مسئله انتخاب تأمین‌کنندگان در شرایط اضطراری (بحران)، مبتنی بر ابعاد تاب‌آوری و چابکی تحت عدم قطعیت ترکیبی است.

۲- پیشینه پژوهش

در این بخش، برخی از آخرین تحقیقات انجام شده در حوزه‌های انتخاب تأمین‌کننده بشردوستانه، چابک و تاب‌آور بررسی می‌شود.

۲-۱- انتخاب تأمین‌کننده بشردوستانه

با توجه به نیازهای عملی برای بهبود کارایی امداد رسانی در حوادث اضطراری و کاهش خسارات، مسئله ارزیابی و انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان مواد اضطراری در لجستیک بشردوستانه مطرح می‌شود. این فرآیند از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا انتخاب‌های صحیح مستقیماً بر بهبود سیستم ذخیره‌سازی مواد امدادی و افزایش عملکرد کارآمد سیستم در شرایط بلایا تأثیر می‌گذارد [۱۳]. لذا بررسی تحقیقات این حوزه ضروری است. لی و همکاران [۱۴]، با توسعه یک مدل بهینه‌سازی استوار حداقل-حداکثر، انتخاب تأمین‌کننده، مکان‌یابی تأسیسات اضطراری و موجودی پیش‌موقعیت‌یابی شده را تحت عدم قطعیت تقاضا و اختلال، با هدف کاهش هزینه‌های اقتصادی و محرومیت، بهینه کردند. مطالعه طوفان لکیما (۲۰۱۹) نشان داد این رویکرد نسبت به مدل‌های قطعی و تصادفی، با انتخاب تأمین‌کنندگان و موجودی بیشتر، هزینه پس از فاجعه را کاهش داده و بدهستان هزینه اقتصادی-محرومیت را بهتر مدیریت می‌کند. کوندو و رانی [۱۵]، یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره مبتنی بر فازی فرماتین را برای اولویت‌بندی معیارهای پایداری و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین بشردوستانه ارائه کردند. این پژوهش با ترکیب روش‌های CRITIC¹ و CoCoSo² نشان داد که بعد اقتصادی بیشترین اهمیت را در انتخاب تأمین‌کننده دارد و معیارهایی نظیر پاسخگویی به بحران، موجب تقویت تاب‌آوری لجستیک می‌شود. تای و همکاران [۱۶]، با بهره‌گیری از نظریه زمینه‌ای استقرایی و مصاحبه با ۲۱ کارشناس تدارکات بشردوستانه، یک چارچوب جامع برای ارزیابی تأمین‌کنندگان در زنجیره‌های تأمین تاب‌آور و پایدار پیشنهاد کردند. نتایج پژوهش دو مجموعه معیار "وضع موجود" و "وضع مطلوب" را نشان داد و بر نیاز به ارزیابی ساختاریافته‌تر برای بهبود تدارکات و اثربخشی عملیات بشردوستانه تأکید کرد. مائو و وانگ [۱۷]، با ارائه روش OPA-RC³ برای انتخاب تأمین‌کننده اضطراری، اجماع خبرگان را به‌صورت عینی استخراج کرده و آن را در یک چارچوب بهینه‌سازی استوار مبتنی بر بودجه ابهام ادغام کردند. مدل نهایی به‌صورت یک برنامه‌ریزی خطی با راه‌حل بسته فرموله شد و نشان داد می‌تواند انتخاب تأمین‌کنندگان قابل اعتماد را با دقت، شفافیت و کارایی محاسباتی بالا در شرایط بحرانی پشتیبانی کند. مینا و همکاران [۱۸]، مدلی یکپارچه برای ارزیابی اضطراری ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک (PLSPs^{3E}) ارائه کردند که صنعت ۴۰۰ اقتصاد چرخشی و پایداری را با روش‌های سوارا فازی برای تعیین اوزان مستقل و تکنیک WINGS برای رتبه‌بندی تلفیق کرده و با مطالعه موردی در سازمان مدیریت بحران ایران اعتبارسنجی نمود. لی و همکاران [۱۹]، چارچوب ارزیابی تأمین‌کنندگان مواد اضطراری با تمرکز بر تاب‌آوری، هزینه و کیفیت طراحی کردند. این مدل از نظریه بازی برای ترکیب وزن‌های ذهنی (G1) و عینی (آنتروپی) بهره برد و

¹ Criteria Importance Through Inter-Criteria Correlatio

² Combined Compromise Solution

³ Robust Consensus Ordinal Priority Approach

⁴ practices to evaluate emergency third-party logistics service providers

رتبه‌بندی نهایی را با تاپسیس انجام داد. مدل نهایی، پایداری بیشتری نسبت به AHP در محیط لجستیک بحران از خود نشان داد. دینگ و همکاران [۲۰]، یک چارچوب تصمیم‌گیری برای انتخاب تأمین‌کنندگان لجستیک اضطراری بر اساس روش توسعه‌یافته PHFS-5 TODIM ارائه نمودند. ناسکیمنتو و همکاران [۲۱]، مدل PDHFLTS-TOPSIS را بر اساس اصطلاحات زبانی فازی توزیع احتمال برای ارزیابی ریسک تأمین‌کننده در زنجیره تأمین بشردوستانه توسعه دادند. این رویکرد در یک سازمان دفاع مدنی، معیارهای هزینه، بی‌ثباتی واردات و زمان تحویل را به عنوان شاخص‌های اصلی ریسک شناسایی کرد. وحدت‌پرست و همکاران [۲۲]، با استفاده از رویکردهای DANP فازی برای وزن‌دهی معیارها و روش ARAS فازی برای رتبه‌بندی، تأمین‌کنندگان دارو در بحران کرونا ایران را ارزیابی کردند. هالاک [۲۳]، چارچوب ترکیبی GIS، F-GP و F-AHP را برای انتخاب بهینه تأمین‌کنندگان بخش ساخت‌وساز در مناطق بحرانی ارائه داد که با لحاظ پانزده معیار اقتصادی، فنی و بشردوستانه، شفافیت را افزایش و مشارکت جوامع محلی را به حداکثر می‌رساند. پینگ و همکاران [۲۴]، با توسعه یک مدل برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای (پیشگیری-پاسخ) برای شبکه لجستیک امداد سه‌سطحی، استراتژی انتخاب تأمین‌کننده نجات اضطراری را تدوین کرده و با حل آن به صورت عدد صحیح مختلط (با Gurobi)، عدم قطعیت‌های آسیب تأسیسات و تقاضا را مدیریت نمودند. هو و همکاران [۲۵]، با ارائه مدل برنامه‌ریزی تصادفی چندمرحله‌ای مبتنی بر درخت سناریو برای انتخاب پویای تأمین‌کننده در امداد بشردوستانه، از طریق تحلیل حساسیت مونت‌کارلو، انعطاف‌پذیری زنجیره تأمین را افزایش داده و هزینه‌ها را کاهش دادند.

۲-۲- انتخاب تأمین‌کننده چابک

این بخش بر اهمیت چابکی در محیط کسب‌وکار پویا تأکید می‌کند و همکاری با تأمین‌کنندگان چابک را برای ایجاد یک شبکه زنجیره تأمین منعطف، سریع و پاسخگو، بر اساس تحقیقات کلیدی، به عنوان یک ضرورت رقابتی معرفی می‌نماید [۲۶]. میرزایی [۲۷]، تأمین‌کنندگان پروتز زانو را بر اساس معیارهای چابکی، تاب‌آوری و اقتصاد چرخشی با استفاده از FBWM برای وزن‌دهی معیارها و FDEA⁶ برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان ارزیابی کرد و استحکام و کیفیت را در شرایط بحران مهم‌ترین عوامل یافت. امین‌آف و همکاران [۲۸]، رویکرد تأمین چابک را برای مدیریت عدم قطعیت و افزایش ارتباط راهبردی فعالیت‌های خرید بررسی کردند. بدین منظور، با تحلیل عمیق سه مطالعه موردی، سازوکارهایی مانند پردازش غنی اطلاعات، نوآوری تأمین‌کنندگان، انتخاب تجربه‌محور و حکمرانی رابطه‌ای انعطاف‌پذیر شناسایی و بر نقش کلیدی آنها در انتخاب تأمین‌کننده چابک تأکید شد. یافته‌ها نشان داد انتخاب تأمین‌کنندگان نوآور، سازگار و دارای قابلیت همکاری، نقش مهمی در افزایش چابکی و انطباق‌پذیری فرایند تأمین دارد. مولایی و همکاران [۲۹]، برای انتخاب تأمین‌کنندگان چابک و تاب‌آور در زنجیره تأمین چرخشی نسل چهارم، ویکور تصادفی مبتنی بر سناریو را با شبکه عصبی مصنوعی با نرخ یادگیری بهینه‌شده با الگوریتم ژنتیک ترکیب کردند. ژیان و مرزانی و همکاران [۳۰]، چارچوبی مبتنی بر DLARG⁷ (دیجیتال، ناب، چابک، تاب‌آور، سبز) برای ارزیابی تأمین‌کنندگان انرژی معرفی کردند که در آن وزن‌دهی معیارها با FBWM و ارزیابی تأمین‌کنندگان با ترکیب DEA و درخت تقویت گرادیان انجام شد و پاسخگویی، استحکام و هزینه مهم‌ترین شاخص‌ها بودند. بوتنایی و همکاران [۳۱]، به ارزیابی تأمین‌کنندگان بر مبنای شاخص‌های LARGS⁸ (ناب، چابک، تاب‌آور، سبز و پایدار) با استفاده از رویکرد تحلیل سلسله‌مراتبی فازی در محیط نرم‌افزار اکسل پرداختند. اختر [۳۲]، ارائه‌دهندگان خدمات لجستیک را بر اساس چابکی، تاب‌آوری و پایداری در شرایط عدم قطعیت با استفاده از IVFF⁹ ارزیابی کرد؛ وزن‌دهی معیارها با IVFF-PIPRECIA¹⁰ و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با IVFF-¹¹ WASPAS انجام شد. ساهو و همکاران [۳۳]، با به‌کارگیری مجموعه‌های فازی فیثاغورثی، وزن‌دهی معیارها را با MEREC¹² و DEMATEL¹³ و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان چابک و پایدار را با MARCOS¹⁴ و MABAC¹⁵ انجام دادند که منجر به انتخاب گزینه

⁵ probabilistic hesitant fuzzy sets TODIM

⁶ Fuzzy Data Envelopment Analysis

⁷ Digital, lean, agile, resilience, and green

⁸ lean, agile, resilience, green and sustainable

⁹ Interval-valued Fermatean fuzzy

¹⁰ IVFF Pivot Pairwise Relative Criteria Importance Assessment Simplified

¹¹ IVFF weighted aggregated sum product assessment

¹² MEthod based on the Removal Effects of Criteria

¹³ Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

چهارم شد. شیخی‌زاده و همکاران [۳۴]، تأمین‌کنندگان دارویی را با رویکردهای FBWM برای وزن‌دهی معیارها و آراس فازی^{۱۴} برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان تحت پارادایم LARG، ارزیابی کردند و نشان دادند که اولویت‌ها پس از کرونا از «کیفیت و معیارهای زیست‌محیطی» به «تأخیر تحویل، زمان و موجودی ایمنی» تغییر کرده است. زینالی و همکاران [۳۵]، با رویکرد یادگیری ماشین داده‌محور، ارزیابی تأمین‌کنندگان کشاورزی-غذایی را بر اساس LARG انجام دادند؛ وزن‌دهی معیارها با RBWM^{۱۷} و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با درخت تصمیم‌گیری موزون صورت گرفت و مهم‌ترین معیارها به ترتیب عمومی، چابکی، تاب‌آوری، مشتری‌محور و سبز بودند. کابادایی و بکال [۳۶]، با هدف انتخاب تأمین‌کننده LARG در صنعت خودرو، FF-AHP^{۱۸} را برای مقایسه کارایی مجموعه‌های فازی شهودی، کروی و فرمتین به کار بردند و برتری مجموعه فرمتین را اثبات کردند. فروزش‌نژاد [۳۷]، با تمرکز بر چابکی، پایداری و صنعت ۴۰ در ارزیابی تأمین‌کنندگان تجهیزات پزشکی، وزن‌دهی معیارها را با RBWM و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان را با IR-MABAC^{۱۹} انجام داد و چابکی و پایداری را مهم‌ترین عوامل شناسایی کرد. ساهو و همکاران [۳۸]، چارچوب LARG را برای خودروسازی هند با ترکیب روش‌های فازی AHP^{۲۰}، DEMATEL، ANP، MOORA^{۲۱} توسعه‌یافته و SAW^{۲۲} بر اساس ۶۳ شاخص توسعه دادند و چابکی ارتباطات داخلی و انعطاف‌پذیری تولید را مهم‌ترین معیارها یافتند. علم‌روشن و همکاران [۳۹]، برای انتخاب تأمین‌کننده سبز و چابک در تجهیزات پزشکی، از FDEMATEL برای تعیین روابط علی، ترکیب FBWM و FANP^{۲۳} برای محاسبه وزن معیارها (با لحاظ اثرات متقابل) و FVIKOR^{۲۴} برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده کردند. قیمت و جنبه سبز بودن به‌عنوان معیارهای حیاتی شناسایی شدند. توانا و همکاران [۴۰]، چارچوب فازی یکپارچه LARG را برای انتخاب تأمین‌کننده در زنجیره تأمین معکوس صنعت چوب و کاغذ ارائه دادند؛ وزن‌دهی با FG-BWM^{۲۵} و رتبه‌بندی با FCoCoSo^{۲۶} انجام شد که تعاملات معیارها و داده‌های پرت را با توابع بونفرونی مدیریت می‌کند. لی و همکاران [۴۱]، با استفاده از رویکرد دیمتل، تأثیرگذارترین معیار را در مسئله انتخاب تأمین‌کننده ناب و چابک صنایع نساجی چین مشخص کردند.

۲-۳- انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور

با توجه به عدم اطمینان بالا و تبدیل شدن تأمین‌کنندگان به منشأ اصلی ریسک‌ها، تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین به یک ضرورت استراتژیک تبدیل شده و تمرکز پژوهش‌ها بر انتخاب تأمین‌کنندگان تاب‌آور معطوف شده است [۴۲]، که در ادامه بررسی می‌شوند. کامپالاسیری و همکاران [۴۳]، یک چارچوب ترکیبی برای انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور در شرایط عدم قطعیت ارائه کردند که در آن از BWM برای وزن‌دهی معیارها و از نسخه بهبودیافته TOPSIS برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده شد. نتایج بر اهمیت کیفیت و انعطاف‌پذیری در تقویت تاب‌آوری زنجیره تأمین تأکید داشت. ساهو و میتال [۴۴]، چارچوبی چندمرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور و تخصیص سفارش تحت ریسک‌های عملیاتی و اختلالی ارائه کردند. این چارچوب با مدل تصادفی چندهدفه و تبدیل به معادل قطعی، انتخاب تأمین‌کننده را در صنعت داروسازی بهبود می‌دهد. پاتیل و همکاران [۴۵]، چارچوبی خاکستری برای انتخاب تأمین‌کننده پایدار و تاب‌آور در زنجیره تأمین مواد غذایی ارائه کردند. این روش با GIDA^{۲۷} برای داده‌های ناقص و مبهم مناسب است و به شناسایی بهترین تأمین‌کننده کمک می‌کند. شارما و همکاران [۴۶]، یک چارچوب دومرحله‌ای برای ارزیابی تأمین‌کنندگان و تخصیص سفارش در

¹⁴ Measurement of Alternatives and Ranking according to Compromise Solution

¹⁵ Multi Attributive Border Approximation area Comparison

¹⁶ Fuzzy additive ratio assessment

¹⁷ rough best-worst method

¹⁸ Formtine Fuzzy Analytic Hierarchy Process

¹⁹ Interval-Valued Rough Multi-Attributive Border Approximation area Comparison

²⁰ Analytic Hierarchy Process

²¹ Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis

²² Simple Additive Weighting

²³ Fuzzy Analytic Network Process

²⁴ Fuzzy VIKOR Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje

²⁵ fuzzy group best-worst method

²⁶ fuzzy combined compromise solution

²⁷ Grey Integrated Decision Analytics

زنجیره تأمین مواد غذایی سبز و تاب‌آور تحت عدم قطعیت ارائه کردند. در این چارچوب، تأمین‌کنندگان با روش‌های فازی FWZIC²⁸ و DOBAS²⁹ ارزیابی شدند و مدل تخصیص سفارش چندهدفه با NSGA-III³⁰ و TOPSIS³¹ حل شد؛ نتایج نیز بر اهمیت معیارهای تاب‌آوری و لزوم ایجاد توازن میان هزینه، اثر زیست‌محیطی و تاب‌آوری تأکید داشت. یانگ و همکاران [۴۷]، چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ای برای انتخاب تأمین‌کنندگان سبز و تاب‌آور در صنعت باتری خودروهای انرژی نو توسعه دادند. این روش از C-DEMATEL برای تعیین وزن معیارها و G-TODIM³³ برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده نمود. آزمونیا و همکاران [۴۸]، با رویکردی ترکیبی دانش‌محور/داده‌محور، تأمین‌کنندگان تاب‌آور را در صنعت فولاد ارزیابی کردند. این مدل، آنتروپی شانون و MARCOS را برای وزن‌دهی معیارها و PCA³⁴ و K-means را برای خوشه‌بندی تأمین‌کنندگان به کار گرفت و نتایج با TOPSIS مقایسه و تأیید گردید. سعیدی‌فر و همکاران [۴۹]، مدلی داده‌محور برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار و تاب‌آور در صنعت خودروسازی (سایپا کاشان) ارائه کردند که از BWM تصادفی برای وزن‌دهی معیارها، VIKOR تصادفی برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان و جنگل تصادفی برای پیش‌بینی آینده استفاده نمود. سان و همکاران [۵۰]، برای انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور در صنعت خودرو، مدلی فازی مبتنی بر PULTSs³⁵ ارائه کردند که وزن‌دهی معیارها را با PUL-BWM³⁶ و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان را با TOPSIS توسعه‌یافته انجام داد. اولوتاس و همکاران [۵۱]، از روش‌های خاکستری PSI³⁷ و BWM برای وزن‌دهی معیارها و MCRAT³⁸ و COBRA³⁹ برای رتبه‌بندی جهت انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور در برابر ریسک اختلال استفاده کردند. هاشمی طباطبایی و همکاران [۵۲]، روش S-FUCOM⁴⁰ را برای ارزیابی تأمین‌کنندگان سبز تاب‌آور در ساخت‌وساز معرفی کردند. نتایج، انتشارات هوا و ظرفیت ترمیم را به عنوان معیارهای کلیدی مشخص نمود. لیانگ و همکاران [۵۳]، در یک زنجیره تأمین تاب‌آور تحت شرایط فازی، ابتدا با روش BWM به ارزیابی تأمین‌کنندگان تحت ریسک پرداختند و سپس تخصیص سفارش را با الگوریتم IWOA⁴¹ برای ایجاد توازن بین سودآوری و آلودگی بهینه کردند. فانگ و همکاران [۵۴]، با ترکیب AHP-TOPSIS برای ارزیابی تأمین‌کنندگان و الگوریتم NSGA-II برای بهینه‌سازی دوهدفه (کاهش هزینه و ارتقای ارزش دیجیتال)، راه‌حل‌های پارتو را برای انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش در زنجیره تأمین تاب‌آور دیجیتال استخراج کردند. بن‌عبدالله و همکاران [۵۵]، یک مدل ترکیبی فازی برای انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور پایدار در صنعت لبنیات تونس معرفی کردند. این مدل با استفاده از FAHP برای وزن‌دهی معیارها و الگوریتم به‌روزشده FMABAC برای رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان، ارزیابی جامعی را ارائه داد. نیری و همکاران [۵۶]، چارچوبی چندمرحله‌ای برای انتخاب تأمین‌کننده تجهیزات پزشکی با محوریت تاب‌آوری، پایداری و پاسخگویی ارائه کردند که با استفاده از FBWM تصادفی برای وزن‌دهی معیارها و بهینه‌سازی استوار فازی تصادفی مبتنی بر ساریما و CMCGP-UF⁴² برای مدیریت عدم قطعیت‌های بهره برد. خان و همکاران [۵۷]، با ادغام رویکردهای BWM برای وزن‌دهی معیارها و الگوریتم تقویت گرادیان (با تمرکز بر رضایت مشتری) برای ارزیابی تأمین‌کنندگان، سیستمی برای انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور و پایدار در صنعت داروسازی طراحی کردند.

در جدول ۱، خلاصه‌ای از تحقیقات انجام شده آورده شده است.

جدول ۱: خلاصه‌ای از تحقیقات پیشین

نام نویسنده	شماره	ابعاد انتخاب تأمین‌کننده	روش‌شناسی پژوهش
-------------	-------	--------------------------	-----------------

²⁸ fuzzy weighted zero-inconsistency

²⁹ DOmbi-Bonferroni weighted ASsessment

³⁰ Nondominated Sorting Genetic Algorithm III

³¹ Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

³² Cloud-Decision Making Experimentation and Evaluation Laboratory

³³ Cloud-based Portuguese for Interactive Multi-criteria Decision Making

³⁴ Measurement Alternatives and Ranking according to Compromise Solution

³⁵ Probabilistic Uncertain Linguistic Term Sets

³⁶ Probabilistic Uncertain Linguistic Best–Worst Method

³⁷ Preemptive Sum Index

³⁸ Multi-Criteria Analysis Tool

³⁹ Cost-Benefit Risk Analysis

⁴⁰ streamlined FUCOM

⁴¹ Improved Grey Wolf Optimizer

⁴² Chebyshev Multi-Choice Goal Programming with Utility Function

میرزاپی	رفرنس	بشردوستانه	چابکی	تاب آوری	
مینا و همکاران	۱۸	✓			WINGS , FSWARA
وحدت پرست و همکاران	۲۲	✓			F-ARAS , F-DANP
هالاک	۲۳	✓			F-AHP , GIS , F-GP
میرزایی	۲۷		✓	✓	FDEA , FBWM
شیخی زاده و همکاران	۳۴		✓	✓	F-ARAS , FBWM
فروزش نژاد	۳۷		✓		IR-MABAC , RBWM
یانگ و همکاران	۴۷			✓	C-TODIM , C-DEMATEL
سان و همکاران	۵۰			✓	TOPSIS , PUL-BWM
بن عبدالله و همکاران	۵۵			✓	FMABAC , FAHP
پژوهش حاضر		✓	✓	✓	بهترین-بدترین فازی-تصادفی و تاپسیس فازی-تصادفی

۲-۴- شکاف تحقیق

با وجود گسترش مطالعات در حوزه انتخاب تأمین کنندگان، ادبیات موجود یک شکاف ساختاری و مفهومی برجسته را نشان می‌دهد. تحقیقات جدیدتر اگرچه ابعاد چابکی و تاب‌آوری را با هم ترکیب کرده‌اند، اما عمدتاً در صنایع تجاری و صنعتی نظیر دارو، خودرو و لبنیات انجام شده‌اند و کمتر به‌طور خاص به چالش‌های منحصربه‌فرد و عدم قطعیت‌های شدید زنجیره تأمین بشردوستانه پرداخته‌اند. از سوی دیگر، شکاف روش‌شناختی نیز در فقدان یک مدل فازی-تصادفی مشاهده می‌شود که توانایی هم‌افزایی برای وزن‌دهی دقیق به معیارهای کیفی و کمی و نیز حل تعارض میان چابکی و تاب‌آوری را در محیط‌های بحران‌زده داشته باشد؛ به‌گونه‌ای که بسیاری از روش‌های موجود یا تک‌بعدی هستند یا قابلیت مدیریت همزمان پیچیدگی‌های سه‌گانه بشردوستانه، چابکی و تاب‌آوری را ندارند. همچنین، از منظر اعتبارسنجی عملیاتی، مطالعات محدودی مسئله انتخاب تأمین‌کننده را در قالب مطالعه موردی واقعی در شرایط بحرانی و بشردوستانه بررسی کرده‌اند. بر این اساس، پژوهش حاضر می‌کوشد با تمرکز بر مسئله انتخاب تأمین‌کننده در زمینه بشردوستانه و با در نظر گرفتن همزمان ابعاد چابکی و تاب‌آوری تحت عدم قطعیت، به بخشی از خلأ موجود در ادبیات پاسخ دهد.

۳- روش تحقیق

۳-۱- روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی

روش بهترین-بدترین فازی تصادفی یکی از روش‌های به تازگی معرفی شده می‌باشد که دارای مزیت‌های فراوانی مانند (۱) افزایش قابلیت اطمینان، (۲) کاهش بار محاسباتی، (۳) مقابله با عدم قطعیت تصادفی و (۴) قابلیت ترکیب با سایر روش‌ها را دارد. این روش توسط نیروی و همکاران [۵۸]، ارائه شده و مراحل آن شرح زیر می‌باشد.

(۱) تعیین سناریوهای مورد نظر برای مساله $(S=1, \dots, S)$. لازم به ذکر است که PS_S نشان دهنده احتمال رخداد هر سناریو می‌باشد که

$$\sum_S PS_S = 1$$

(۲) تعیین بهترین و بدترین معیار بر اساس نظر کارشناسان

(۳) انجام مقایسات زوجی در هر سناریو بصورت فازی که در آن $\tilde{a}_{Bjs} = (l_{Bjs}, m_{Bjs}, u_{Bjs})$ نشان دهنده مقایسه بهترین معیار با سایر معیارها و $\tilde{a}_{jws} = (l_{jws}, m_{jws}, u_{jws})$ نشان دهنده مقایسه میان بدترین معیار و سایر معیارها می‌باشد. به منظور انجام مقایسه فازی در هر سناریو، جدول ۲ زیر قابل استفاده می‌باشد.

جدول ۲. متغیرهای زبانی و معادل فازی آنها برای مقایسات زوجی

متغیر زبانی	معادل فازی
کاملاً مهمتری	(3.5, 4, 4.5)
خیلی مهمتر	(2.5, 3, 3.5)
نسبتاً مهمتر	(1.5, 2, 2.5)
اندکی مهمتر	(0.6667, 1, 1.5)
اهمیت یکسان	(1, 1, 1)

(۴) در این گام، وزن نهایی معیارها با حل مدل زیر به دست می‌آید که در آن $\tilde{w}s_j = (l_{js}^w, m_{js}^w, u_{js}^w)$ نشان دهنده وزن فازی معیارها در سناریو و w_j بیانگر وزن نهایی معیار می‌باشد. لازم به ذکر است که $R(\tilde{a}) = \frac{l+4m+u}{6}$

$$\begin{aligned}
 & \text{minimize } \sum_s PS_s \tilde{\xi}_s^* \\
 & \text{subject to} \\
 & \left| \frac{(l_{Bs}^w, m_{Bs}^w, u_{Bs}^w)}{(l_{js}^w, m_{js}^w, u_{js}^w)} - (l_{Bjs}, m_{Bjs}, u_{Bjs}) \right| \leq (k_s^*, k_s^*, k_s^*) \quad \forall j, s, \\
 & \left| \frac{(l_{js}^w, m_{js}^w, u_{js}^w)}{(l_{Ws}^w, m_{Ws}^w, u_{Ws}^w)} - (l_{jWs}, m_{jWs}, u_{jWs}) \right| \leq (k_s^*, k_s^*, k_s^*) \quad \forall j, s, \\
 & \sum_{j=1}^n R(\tilde{w}s_{js}) = 1 \quad \forall s, \\
 & l_{js}^w \leq m_{js}^w \leq u_{js}^w \quad \forall j, s, \\
 & w_j = \sum_s P_s R(\tilde{w}s_{js}) \quad \forall j, \\
 & l_{js}^w \geq 0 \quad \forall j, s.
 \end{aligned} \tag{۱}$$

(۵) در نهایت، نرخ سازگاری (CR) می‌بایست بررسی شود که برای آن از فرمول $CR = \xi^*/CI$ استفاده می‌شود که مقدار CI از جدول ۳ استخراج می‌گردد.

جدول ۳. نحوه محاسبه CI

کاملاً مهمتر	خیلی مهمتر	نسبتاً مهمتر	اندکی مهمتر	اهمیت یکسان	
(3.5, 4, 4.5)	(2.5, 3, 3.5)	(1.5, 2, 2.5)	(0.667, 1, 1.5)	(1, 1, 1)	$\tilde{a}_{BW}$
8.04	6.69	5.29	3.80	3.00	CI

۳-۲- روش تاپسیس فازی-تصادفی

یکی از روش‌های کارا و به تازگی معرفی شده در حوزه تصمیم‌گیری چندشاخصه، روش تاپسیس فازی-تصادفی می‌باشد که توسط اسدی و همکاران [۵۹] معرفی شده‌است. به صورت کلی، روش تاپسیس فازی-تصادفی دارای مزایای فراوانی، مانند در نظر گرفتن جواب‌های ایده‌آل و ضدایده‌آل، انعطاف‌پذیری، قابلیت ترکیب با سایر روش‌ها، مقابله با عدم قطعیت ترکیبی و ساده بودن مفاهیم و پیاده‌سازی آن که این روش را برای مدیران قابل فهم می‌کند، که نشان از قابلیت بالای این روش دارد. در ادامه، به بیان گام‌های این روش پرداخته می‌شود.

فرض کنید S سناریو برای مساله تصمیم وجود دارد که با اندیس S نشان داده می‌شود. همچنین، تعداد N معیار (مشخص شده با اندیس j) و M گزینه (مشخص شده با اندیس i) در مساله تصمیم‌گیری وجود دارند. در مرحله اول، ماتریس تصمیم که به صورت یک ماتریس $M \times N \times S$ نشان داده می‌شود ($D_{M \times N \times S}$) باید تشکیل شود (با توجه به نظر کارشناسان). عناصر این ماتریس به صورت $\tilde{x}_{ijs} = (x_{ijs}^l, x_{ijs}^m, x_{ijs}^u)$ نشان داده می‌شوند که $\tilde{x}_{ijs}$ برابر با امتیاز فازی گزینه i بر مبنای معیار j تحت سناریو S می‌باشد. در مرحله بعدی، ماتریس تصمیم باید بی‌مقیاس (نرمالیزه) شود. بدین منظور، می‌توان از روابط زیر استفاده کرد.

$$\begin{aligned}\tilde{n}_{ijs} &= \left(\frac{x_{ijs}^l}{u_{js}^*}, \frac{x_{ijs}^m}{u_{js}^*}, \frac{x_{ijs}^u}{u_{js}^*} \right) \text{ where } u_{js}^* \\ &= \max\{x_{ijs}^u\} \text{ if the indicator is a positive one} \\ \tilde{n}_{ijs} &= \left(\frac{l_{js}^-}{x_{ijs}^u}, \frac{l_{js}^-}{x_{ijs}^m}, \frac{l_{js}^-}{x_{ijs}^l} \right) \text{ where } l_{js}^- \\ &= \min\{x_{ijs}^l\} \text{ if the indicator is a negative one}\end{aligned} \quad (2)$$

مرحله بعدی مربوط به تشکیل ماتریس بی‌مقیاس شده وزنی می‌باشد. بدین منظور، عناصر ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده باید در وزن معیار نظیر خود ضرب شوند ($\tilde{V}_{ijs} = w_j \times \tilde{n}_{ijs}$). حال، با در نظر گرفتن PS_S به عنوان احتمال رخداد سناریو S و در نظر گرفتن $\tilde{v}_{ijs}$ به عنوان عناصر ماتریس تصمیم بی‌مقیاس شده وزنی، می‌توان ماتریس $\tilde{Q}_{ij}$ که در آن سناریو با استفاده از امید ریاضی یکپارچه شده‌اند را به صورت رابطه زیر محاسبه کرد.

$$\tilde{q}_{ij} = \sum_S PS_S \cdot \tilde{v}_{ijs} \quad (3)$$

در گام بعدی، راه حل ایده‌آل مثبت و ایده‌آل منفی بر اساس رابطه (۴) محاسبه می‌شوند. سپس، با استفاده از رابطه (۵)، فاصله تجمعی بین گزینه‌ها و راه حل ایده‌آل منفی/مثبت محاسبه می‌شود.

$$\begin{aligned}A^+ &= (\tilde{q}_1^+, \tilde{q}_2^+, \dots, \tilde{q}_i^+) \text{ where } \tilde{q}_j^+ = \max_i \{q_{ij}^u\} \\ A^- &= (\tilde{q}_1^-, \tilde{q}_2^-, \dots, \tilde{q}_i^-) \text{ where } \tilde{q}_j^- = \min_i \{q_{ij}^l\}\end{aligned} \quad (4)$$

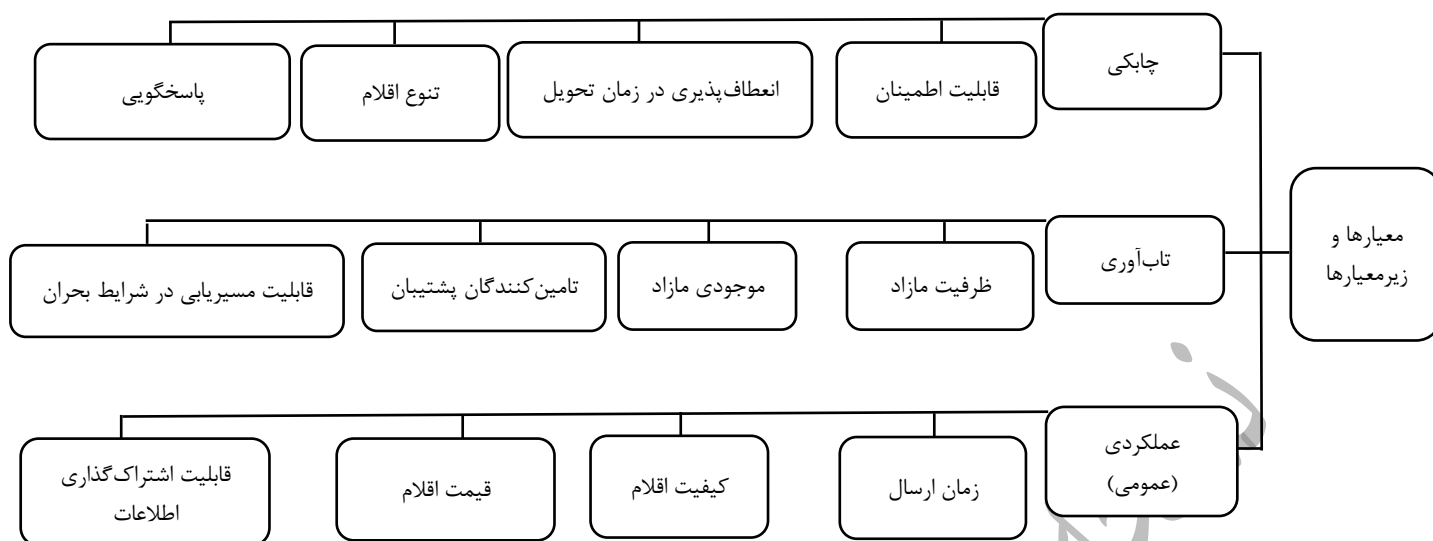
$$\begin{aligned}d_i^+ &= \sum_j Dv(\tilde{q}_{ij}, \tilde{q}_j^+) \\ d_i^- &= \sum_j Dv(\tilde{q}_{ij}, \tilde{q}_j^-) \\ Dv(\tilde{F1} = (l_1, m_1, u_1), \tilde{F2} \\ &= (l_2, m_2, u_2)) = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot [(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]}\end{aligned} \quad (5)$$

در نهایت، شاخص تاپسیس (C_i) برای هر گزینه با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود.

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+} \quad (6)$$

۳-۳- معیارها و زیرمعیارها

در این بخش، معیارها و زیرمعیارهای مساله تحقیق معرفی می‌شوند. در این زمینه، زیرمعیارهای مساله با توجه به معیارهای اصلی شامل عوامل عملکردی (عمومی)، عوامل چابکی و عوامل تاب‌آوری انتخاب شده‌اند. بدین منظور، ابتدا معیارهای بالقوه با توجه به ادبیات تحقیق شناسایی شده و سپس کارشناسان مرتبط‌ترین معیارها را انتخاب کرده‌اند. شکل ۱ معیارها و زیرمعیارهای مساله را نشان می‌دهد.



شکل ۱. معیارها و زیرمعیارهای مساله تحقیق

۳-۴- مشخصات خبرگان، نحوه جمع آوری داده‌ها و پیاده‌سازی مدل

داده‌های موردنیاز این پژوهش از طریق نظرات خبرگان و بررسی منابع علمی گردآوری شد. بدین منظور، گروهی متشکل از ۶ نفر از خبرگان حوزه مدیریت بحران، لجستیک و زنجیره تأمین بشردوستانه که دارای سابقه فعالیت پژوهشی یا اجرایی در این حوزه بودند، به روش هدفمند انتخاب شدند. کلیه خبرگان بر اساس داشتن حداقل ۱۰ سال سابقه کار تخصصی، مدرک تحصیلی دکتری تخصصی در یکی از رشته‌های مرتبط با مدیریت بحران، لجستیک، و زنجیره تأمین، و همچنین تجربه عملی مستقیم در فرآیندهای تصمیم‌گیری و اجرایی حوزه امداد رسانی انتخاب شده‌اند. پس از انتخاب خبرگان، مقایسات زوجی موردنیاز روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی از طریق پرسشنامه انجام شد و نتایج پس از بررسی سازگاری در محاسبات مدل مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات خبرگان در جدول ۴ آورده شده است.

با توجه به همگنی بالای گروه خبرگان از نظر سطح دانش و تجربه، برای ادغام نظرات آن‌ها در مقایسات زوجی روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی و همچنین ماتریس تصمیم روش تاپسیس فازی-تصادفی، از روش میانگین هندسی استفاده شده است. این روش رایج‌ترین رویکرد برای تجمیع نظرات گروهی در روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی است.

جدول ۴: مشخصات خبرگان مشارکت‌کننده در پژوهش

کد خبره	سطح تحصیلات	رشته تحصیلی	سابقه کاری مرتبط (سال)	بخش فعالیت
E1	دکتری تخصصی (PhD)	مدیریت بحران	۱۸ سال	دانشگاهی/پژوهشگر حوزه مدیریت بحران
E2	دکتری تخصصی (PhD)	مهندسی صنایع (گرایش بهینه‌سازی و لجستیک)	۱۴ سال	دانشگاهی/پژوهشگر حوزه مدیریت بحران
E3	دکتری تخصصی (PhD)	مدیریت صنعتی	۱۶ سال	خصوصی (شرکت‌های تأمین‌کننده تجهیزات پزشکی و امدادی)
E4	دکتری تخصصی (PhD)	مهندسی عمران (مدیریت پروژه و ریسک)	۲۰ سال	خصوصی/مشاور
E5	دکتری تخصصی (PhD)	جغرافیا و برنامه‌ریزی (مدیریت مخاطرات)	۱۴ سال	دانشگاهی/پژوهشگر حوزه مدیریت بحران
E6	دکتری تخصصی (PhD)	مهندسی صنایع	۱۰ سال	پژوهشگر حوزه زنجیره تأمین بشردوستانه

در مدل پیشنهادی، عدم قطعیت به دو شکل مختلف لحاظ شده است. نخست، عدم قطعیت فازی برای مدل سازی ابهام و ذهنی بودن قضاوت های خبرگان در مقایسات زوجی و ارزیابی تأمین کنندگان به کار گرفته شد؛ به همین منظور از اعداد فازی مثلثی استفاده گردید. دوم، عدم قطعیت تصادفی برای نمایش تغییرات شرایط محیطی و سناریوهای مختلف بحران در نظر گرفته شد. در روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی، وزن معیارها ابتدا برای هر سناریو به صورت مستقل محاسبه شده و سپس با استفاده از احتمال وقوع هر سناریو و امید ریاضی، وزن نهایی معیارها استخراج گردید. به طور مشابه، در روش TOPSIS فازی-تصادفی نیز پس از تشکیل ماتریس تصمیم در هر سناریو، ماتریس های وزنی با استفاده از امید ریاضی تلفیق شده و سپس فاصله از راه حل های ایده آل مثبت و منفی و شاخص نزدیکی نسبی محاسبه گردید. این سازوکار موجب می شود مدل به طور هم زمان ابهام موجود در قضاوت های انسانی و تغییر پذیری شرایط واقعی بحران را در فرآیند تصمیم گیری لحاظ کند و در نتیجه، نتایج از قابلیت اطمینان و واقع گرایی بیشتری برخوردار باشند.

در این پژوهش، معیارها و زیرمعیارهای اولیه ابتدا با مطالعه جامع ادبیات موضوع استخراج شدند. سپس فهرست اولیه در اختیار خبرگان قرار گرفت و با حذف معیارهای تکراری یا کم اهمیت و اعمال نظرات تخصصی، مجموعه نهایی شامل سه معیار اصلی و دوازده زیرمعیار انتخاب گردید.

به منظور مدل سازی شرایط عدم قطعیت محیط بحران، سه سناریوی بدبینانه، محتمل و خوش بینانه بر اساس مطالعات پیشین در نظر گرفته شد. احتمال وقوع این سناریوها به ترتیب برابر با ۰.۲۵، ۰.۵۰ و ۰.۲۵ فرض شد که بیانگر غالب بودن شرایط متعارف همراه با امکان وقوع وضعیت های بحرانی و مطلوب است.

به منظور ارزیابی مدل پیشنهادی، یک مطالعه موردی در حوزه زنجیره تأمین بشردوستانه انجام شد. گزینه های مورد بررسی شامل چهار شرکت فعال در زمینه تأمین اقلام امدادی و اضطراری بودند که در شرایط بحران، توانایی تأمین و توزیع تجهیزات و کالاهای مورد نیاز سازمان های امداد رسان را دارند. به دلیل محرمانه بودن اطلاعات و رعایت ملاحظات سازمانی، از ذکر نام این شرکت ها خودداری شده است. جامعه آماری پژوهش را خبرگان حوزه مدیریت بحران، لجستیک و زنجیره تأمین بشردوستانه تشکیل دادند که مشخصات و نحوه انتخاب آنان در ابتدای این بخش بیان شده است. داده های پژوهش در دو مرحله گردآوری شدند. در مرحله نخست، معیارها و زیرمعیارهای اولیه از طریق بررسی ادبیات پژوهش استخراج و پس از بررسی و تأیید خبرگان نهایی شدند. در مرحله دوم، اطلاعات مورد نیاز برای مقایسات زوجی روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی و همچنین ارزیابی عملکرد تأمین کنندگان از طریق پرسشنامه های تخصصی و نظر خبرگان جمع آوری گردید. سپس داده های حاصل به عنوان ورودی روش های BWM فازی-تصادفی و TOPSIS فازی-تصادفی مورد استفاده قرار گرفتند.

۴- نتایج محاسباتی

۴-۱- وزن معیارها و زیرمعیارها

در این بخش، وزن معیارها و زیرمعیارها با استفاده از روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی محاسبه می گردد. بدین منظور، سه سناریو به شرح سناریوی بدبینانه، سناریو محتمل و سناریو خوشبینانه با الهام از ادبیات تحقیق تعیین شده اند به صورتی که احتمال رخداد آنها به ترتیب ۰.۲۵، ۰.۵ و ۰.۲۵ می باشد. همچنین، مقایسات زوجی با کمک کارشناسان مربوطه انجام شده و سپس روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی پیاده سازی گردیده است. نتایج حاصل شده در جدول ۵ مشاهده می گردد. مطابق با این جدول، ترتیب اولویت معیارها بصورت چابکی، تاب آوری و عملکردی بوده و همچنین زیرمعیارهای پاسخگویی، زمان ارسال، قابلیت اطمینان، تأمین کنندگان پشتیبان، کیفیت اقلام و موجودی مازاد به عنوان بهترین زیرمعیارها انتخاب شده اند.

جدول ۵. وزن (اهمیت) معیارها و زیرمعیارها

وزن نهایی زیرمعیار (وزن اولیه زیرمعیار * وزن معیار مربوطه)	وزن اولیه زیرمعیار	زیرمعیار	وزن معیار	معیار
0.08487072	0.2538	قابلیت اطمینان	0.3344	چابکی
0.08339936	0.2494	انعطاف پذیری در زمان تحویل		
0.0807576	0.2415	تنوع اقلام		
0.08537232	0.2553	پاسخگویی		
0.08331606	0.2493	ظرفیت مازاد	0.3342	تاب آوری

0.08441892	0.2526	موجودی مازاد		
0.08461944	0.2532	تامین کنندگان پشتیبان		
0.08184558	0.2449	قابلیت مسیریابی در شرایط بحران		
0.08493782	0.2563	زمان ارسال	0.3314	عملکردی
0.08447386	0.2549	کیفیت اقلام		
0.07844238	0.2367	قیمت اقلام		
0.08354594	0.2521	قابلیت اشتراک گذاری اطلاعات		

۴-۲- اولویت بندی تامین کنندگان

پس از تعیین وزن معیارها در بخش قبل، این بخش به رتبه بندی تامین کنندگان پرداخته است. در این زمینه، با الهام از مقاله جمالی و همکاران [۶۰] که به مساله زنجیره تامین بشردوستانه با در نظر گرفتن مطالعه موردی زلزله کرمانشاه پرداخته بودند، چهار تامین کننده اساسی جهت تهیه اقلام امدادی در نظر گرفته شده است. ماتریس تصمیم مربوطه که بر اساس طیف معرفی شده در تحقیق اسدی و همکاران [۵۹] تشکیل شده است به شرح جدول ۴ می باشد. با توجه به این جدول، فاصله تجمیعی بین گزینه ها و راه حل ایده آل منفی/مثبت به صورت جدول ۵ می باشد. در انتها نیز، میزان شاخص C و رتبه بندی معیارها در جدول ۶ آورده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده، رتبه بندی تامین کنندگان به ترتیب برابر با تامین کننده دوم، تامین کننده اول، تامین کننده چهارم و تامین کننده سوم می باشد.

جدول ۴. ماتریس تصمیم روش تاپسیس فازی تصادفی

انعطاف پذیری در زمان تحویل									قابلیت اطمینان									
S3			S2			S1			S3			S2			S1			
u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	
0.51	0.39	0.3	0.34	0.26	0.2	0.34	0.26	0.2	0.34	0.26	0.2	0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	A1
0.34	0.26	0.2	0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	0.51	0.39	0.3	0.17	0.13	0.1	0.68	0.52	0.4	A2
0.34	0.26	0.2	0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	0.34	0.26	0.2	0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	A3
0.51	0.39	0.3	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	A4
پاسخگویی									تنوع اقلام									
S3			S2			S1			S3			S2			S1			
u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	
0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	A1
0.34	0.26	0.2	0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	0.34	0.26	0.2	0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	A2
0.51	0.39	0.3	0.17	0.13	0.1	0.51	0.39	0.3	0.34	0.26	0.2	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	A3
0.51	0.39	0.3	0.68	0.52	0.4	0.17	0.13	0.1	0.51	0.39	0.3	0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	A4
موجودی مازاد									ظرفیت مازاد									
S3			S2			S1			S3			S2			S1			
u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	
0.51	0.39	0.3	0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	0.68	0.52	0.4	0.51	0.39	0.3	0.51	0.39	0.3	A1
0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	0.51	0.39	0.3	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	0.34	0.26	0.2	A2
0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	0.17	0.13	0.1	0.34	0.26	0.2	A3
0.34	0.26	0.2	0.68	0.52	0.4	0.51	0.39	0.3	0.17	0.13	0.1	0.51	0.39	0.3	0.68	0.52	0.4	A4
قابلیت مسیریابی در شرایط بحران									تامین کنندگان پشتیبان									
S3			S2			S1			S3			S2			S1			
u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	
0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	0.68	0.52	0.4	A1
0.17	0.13	0.1	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.17	0.13	0.1	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	A2
0.51	0.39	0.3	0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	0.34	0.26	0.2	A3
0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.51	0.39	0.3	A4
کیفیت اقلام									زمان ارسال									
S3			S2			S1			S3			S2			S1			
u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	u	m	l	
0.51	0.39	0.3	0.17	0.13	0.1	0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	0.51	0.39	0.3	0.17	0.13	0.1	A1
0.34	0.26	0.2	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	0.51	0.39	0.3	0.68	0.52	0.4	A2
0.17	0.13	0.1	0.34	0.26	0.2	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	A3

0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.17	0.13	0.1	0.51	0.39	0.3	0.51	0.39	0.3	0.68	0.52	0.4	A4
قیمت اقلام									قابلیت اشتراک‌گذاری اطلاعات									
S3			S2			S1			S3			S2			S1			
<i>u</i>	<i>m</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>l</i>	<i>u</i>	<i>m</i>	<i>l</i>	
0.17	0.13	0.1	0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	0.17	0.13	0.1	0.34	0.26	0.2	0.17	0.13	0.1	A1
0.51	0.39	0.3	0.51	0.39	0.3	0.17	0.13	0.1	0.68	0.52	0.4	0.68	0.52	0.4	0.34	0.26	0.2	A2
0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	0.68	0.52	0.4	0.17	0.13	0.1	0.34	0.26	0.2	0.51	0.39	0.3	A3
0.17	0.13	0.1	0.17	0.13	0.1	0.68	0.52	0.4	0.17	0.13	0.1	0.34	0.26	0.2	0.68	0.52	0.4	A4

جدول ۵. مقادیر فواصل تجمعی

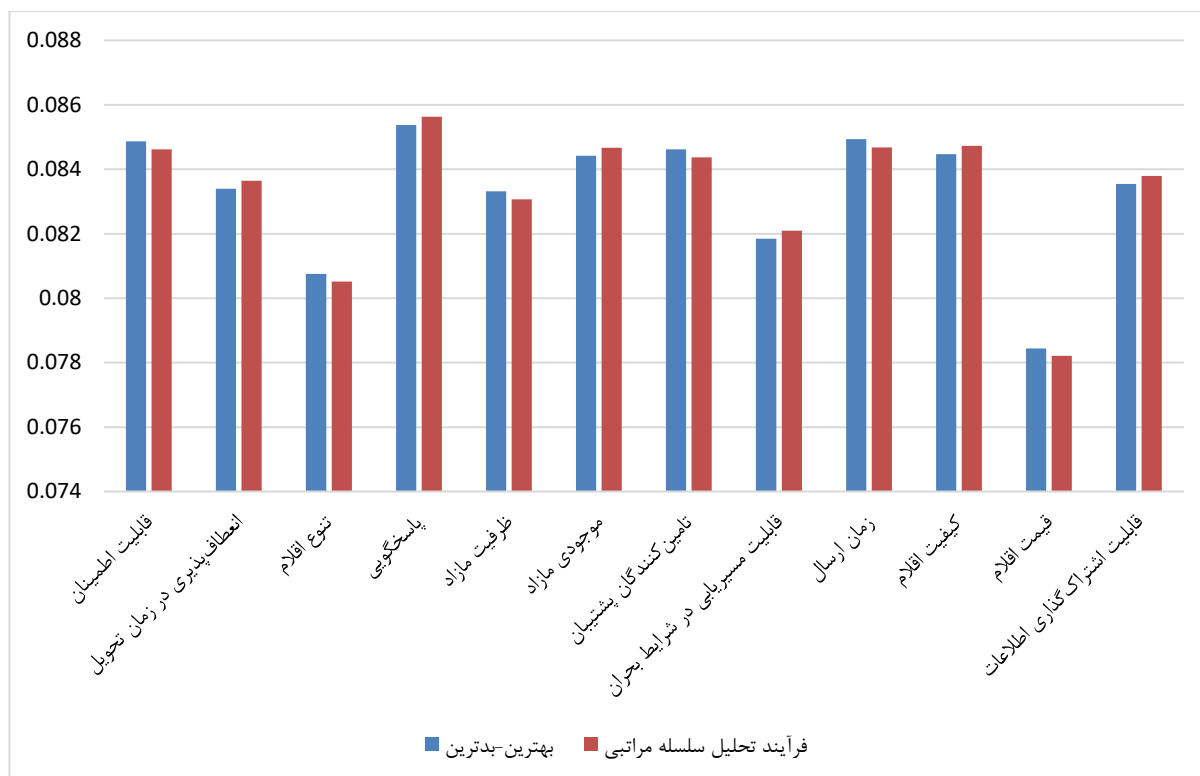
d-	d+	
0.2404	0.2621	A1
0.2498	0.2721	A2
0.1901	0.4346	A3
0.1969	0.2778	A4

جدول ۶. رتبه‌بندی تامین‌کنندگان

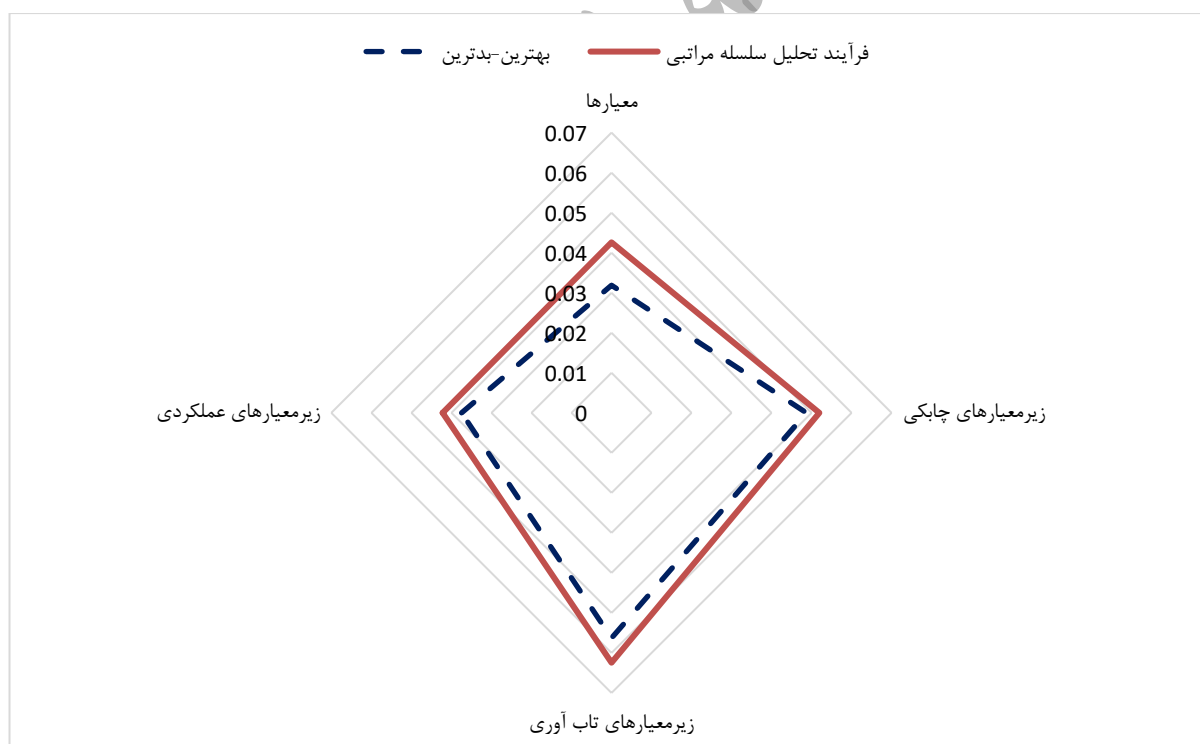
رتبه	C	تامین‌کننده
2	0.4784	A1
1	0.4786	A2
4	0.3044	A3
3	0.4147	A4

۳-۴- بررسی کارایی روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی

به منظور بررسی کارایی روش مورد استفاده به منظور محاسبه وزن معیارها، نتایج این روش با رویکرد فرایند تحلیل سلسله مراتبی مقایسه می‌گردد. در این راستا، ابتدا، وزن‌های محاسبه شده توسط این دو روش مقایسه شده‌است (شکل ۲ را ببینید). مطابق با شکل ۲، وزن‌های به دست آمده تا حدودی نزدیک به هم هستند که اعتبار و صحت نتایج به دست آمده را نشان می‌دهد. از سوی دیگر، شکل ۳ نشان دهنده میان نرخ ناسازگاری برای هر روش است که مشاهده می‌گردد در هر مرحله مقدار نرخ ناسازگاری برای روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی بهتر می‌باشد که نشان دهنده عملکرد بهتر و قابلیت اطمینان بالای این روش است.



شکل ۲. مقایسه وزن‌های محاسبه شده توسط روش‌های مختلف



شکل ۳. مقایسه میزان نرخ ناسازگاری روش‌های مختلف

۴-۴- بررسی کارایی روش تاپسیس فازی-تصادفی

به منظور بررسی عملکرد روش تاپسیس فازی تصادفی، نتایج حل آن با روش‌های تاپسیس فازی، ویکور فازی و ویکور فازی-تصادفی مورد مقایسه قرار گرفته است (جدول ۷ را ببینید). همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، نتایج نشان دهنده صحت و اعتبار روش مورد

استفاده است چراکه تامین‌کننده اول و چهارم در روش مورد استفاده و روش ویکور فازی-تصادفی یکسان بوده و رتبه‌بندی روش‌های تاپسیس فازی و ویکور فازی هم تا حدودی به روش مورد استفاده شبیه است.

جدول ۷. رتبه‌بندی تامین‌کنندگان در روش‌های مختلف

تامین‌کننده	تاپسیس فازی-تصادفی	ویکور فازی-تصادفی	تاپسیس فازی	ویکور فازی
A1	2	۲	۱	۱
A2	۱	۴	۲	۲
A3	۴	۱	۴	۴
A4	۳	۳	۳	۳

۴-۵- تحلیل حساسیت

به‌منظور بررسی پایداری نتایج مدل پیشنهادی، حساسیت نتایج نسبت به شرایط عدم قطعیت و نیز هم‌سویی آن با یافته‌های مطالعات پیشین ارزیابی شد. در این پژوهش، از سه سناریوی خوش‌بینانه، محتمل و بدبینانه با احتمالات ۰.۲۵، ۰.۵۰ و ۰.۲۵ استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با وجود تغییر در شرایط سناریویی، الگوی کلی اولویت‌بندی معیارها و رتبه‌بندی تامین‌کنندگان از ثبات قابل‌قبولی برخوردار است. به عبارت دیگر، اگرچه ممکن است شدت ترجیح برخی زیرمعیارها در سناریوهای مختلف اندکی تغییر کند، اما برتری نسبی معیارهای کلیدی، به‌ویژه پاسخگویی، زمان ارسال، کیفیت اقلام و قابلیت پشتیبانی، حفظ می‌شود. این موضوع بیانگر آن است که مدل فازی-تصادفی پیشنهادی در مواجهه با عدم قطعیت‌های متداول زنجیره تامین بشردوستانه از استحکام تحلیلی مناسبی برخوردار است. همچنین، مقایسه نتایج با روش‌های AHP، تاپسیس فازی، ویکور فازی و ویکور فازی-تصادفی نیز نشان می‌دهد که جهت‌گیری کلی رتبه‌بندی‌ها سازگار است و مدل پیشنهادی، ضمن حفظ انسجام نتایج، توان بهتری برای بازنمایی ابهام و شرایط سناریومحور دارد. از منظر مقایسه با ادبیات، نتایج این پژوهش هم دارای نقاط اشتراک و هم دارای تفاوت‌های معنادار با مطالعات پیشین است. از یک سو، هم‌راستا با پژوهش‌های حوزه تامین اضطراری و بشردوستانه، از جمله لی و همکاران [۱۹]، دینگ و همکاران [۲۰]، ناسکیمنتو و همکاران [۲۱] و پینگ و همکاران [۲۴]، یافته‌های این مطالعه نیز نشان می‌دهد که در شرایط بحران، معیارهای مرتبط با سرعت پاسخ، قابلیت اطمینان، تداوم خدمت و مدیریت ریسک نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب تامین‌کننده دارند. این هم‌سویی مؤید آن است که در محیط‌های بحرانی، کارایی عملیاتی و قابلیت واکنش سریع، از عوامل کلیدی تصمیم‌گیری به شمار می‌روند. از سوی دیگر، نتایج پژوهش حاضر با برخی مطالعات، از جمله لی و همکاران [۱۴] و کوندو و رانی [۱۵]، تفاوت معناداری دارد. در آن مطالعات، معیارهای اقتصادی و ملاحظات هزینه‌ای از جایگاه مهم‌تری برخوردارند، در حالی که در پژوهش حاضر، قیمت اقلام کم‌اهمیت‌ترین زیرمعیار به‌دست آمده است. این تفاوت را می‌توان ناشی از تفاوت بستر تصمیم‌گیری دانست؛ زیرا در زنجیره تامین بشردوستانه، هدف اصلی نه حداقل‌سازی هزینه، بلکه تضمین دسترس‌پذیری، سرعت تامین و قابلیت اتکای پاسخ در شرایط بحرانی است. به بیان دیگر، هرچند ملاحظات اقتصادی در بسیاری از مدل‌های انتخاب تامین‌کننده اهمیت بالایی دارند، در فضای بشردوستانه اولویت تصمیم‌گیران بیشتر به سمت معیارهای زمان‌محور و خدمت‌محور سوق پیدا می‌کند. همچنین، در مقایسه با مطالعات حوزه چابکی و تاب‌آوری، از جمله ژیان و مرزانی و همکاران [۳۰]، بوتانی و همکاران [۳۱]، اختر [۳۲]، ساهو و همکاران [۳۳]، شیخی‌زاده و همکاران [۳۴]، زینالی و همکاران [۳۵] و علم‌روشن و همکاران [۳۹]، نتایج این پژوهش از نظر برجسته بودن معیارهای چابکی، پاسخگویی و تاب‌آوری قابل تبیین است. با این حال، مزیت متمایز پژوهش حاضر در آن است که این اولویت‌ها را به‌طور خاص در بستر زنجیره تامین بشردوستانه و تحت شرایط عدم قطعیت سناریویی نشان می‌دهد؛ جایی که پاسخگویی و زمان ارسال بر ملاحظات هزینه‌ای غلبه پیدا می‌کنند. بنابراین، مقایسه با مطالعات پیشین نشان می‌دهد که یافته‌های این پژوهش، ضمن هم‌سویی با ادبیات در تأکید بر سرعت، قابلیت اطمینان و تاب‌آوری، از نظر میزان اهمیت پایین معیارهای اقتصادی، تفاوت مهمی با برخی مطالعات پیشین دارد. این تفاوت، بیانگر ویژگی خاص تصمیم‌گیری در زنجیره‌های تامین بشردوستانه است که در آن، کارآمدی انسانی و عملیاتی بر منطق صرفاً هزینه‌محور تقدم می‌یابد.

۴-۶- بحث و یافته‌ها

پژوهش حاضر به ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان در زنجیره تامین بشردوستانه با در نظر گرفتن همزمان ابعاد چابکی و تاب‌آوری در کنار معیارهای عملکردی پرداخته است. برای این منظور، با بررسی ادبیات تحقیق و بهره‌گیری از نظرات خبرگان در ابتدا مجموعه‌ای جامع از

معیارها و زیرمعیارها شناسایی شد. سپس، با استفاده از روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی وزن سه معیار و دوازده زیرمعیار محاسبه شد. در ادامه، با بهره‌گیری از رویکرد تاپسیس فازی-تصادفی اولویت چهار تأمین‌کننده تعیین شدند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که در زنجیره تأمین بشردوستانه، منطق انتخاب تأمین‌کننده بیش از آنکه بر ملاحظات هزینه‌ای استوار باشد، بر سرعت پاسخ، قابلیت اطمینان و تداوم خدمت تمرکز دارد. برجسته‌شدن زیرمعیارهایی مانند پاسخگویی و زمان ارسال بیانگر آن است که در شرایط بحرانی، توان تأمین‌کننده در واکنش سریع و تحویل به‌موقع، نقش تعیین‌کننده‌تری نسبت به معیارهای صرفاً اقتصادی ایفا می‌کند. همچنین، اهمیت کیفیت اقلام و قابلیت پشتیبانی نشان می‌دهد که تصمیم‌گیرندگان تنها به تأمین فوری بسنده نمی‌کنند، بلکه پایداری عملکرد تأمین‌کننده در مواجهه با اختلالات و تغییرات محیطی را نیز مدنظر قرار می‌دهند. از سوی دیگر، پایین‌بودن اهمیت نسبی قیمت اقلام حاکی از آن است که در محیط‌های بشردوستانه، دسترس‌پذیری، قابلیت اتکا و استمرار خدمت بر حداقل‌سازی هزینه اولویت دارد. بر این اساس، برتری تأمین‌کننده دوم را می‌توان ناشی از عملکرد مناسب‌تر آن در پاسخگویی سریع، زمان ارسال مطلوب، قابلیت اطمینان و سازگاری بیشتر با شرایط متغیر دانست. این تفسیر، در کنار نتایج تحلیل حساسیت، نشان می‌دهد که مدل پیشنهادی نه‌تنها از نظر کمی توان تفکیک و رتبه‌بندی مناسبی دارد، بلکه از منظر کیفی نیز با الزامات واقعی تصمیم‌گیری در زنجیره تأمین بشردوستانه همخوان است. در تحلیل معیارهای اصلی، نتایج نشان داد که سه معیار چابکی، تاب‌آوری و عملکردی تقریباً وزن یکسانی دارند. این هم‌ارزی نسبی بیانگر آن است که در شرایط بحران، تصمیم‌گیری اثربخش مستلزم توجه همزمان به سرعت واکنش، توان مقابله با اختلالات و کارایی عملیاتی تأمین‌کنندگان است. چنین الگویی با ماهیت زنجیره‌های تأمین بشردوستانه همسو است؛ زیرا در این محیط‌ها، تأمین‌کننده‌ای مطلوب تلقی می‌شود که بتواند هم سریع عمل کند، هم در برابر نوسانات مقاوم باشد و هم سطح مناسبی از عملکرد را حفظ نماید. در سطح زیرمعیارها، پاسخگویی و زمان ارسال بیشترین اهمیت را به خود اختصاص داده‌اند. این موضوع نشان می‌دهد که در عملیات امدادی و بحران‌محور، سرعت واکنش و تحویل به‌موقع از مهم‌ترین عوامل موفقیت هستند. همچنین، کیفیت اقلام، موجودی مازاد و تأمین‌کنندگان پشتیبان نیز از جایگاه قابل‌توجهی برخوردارند که اهمیت آمادگی، اطمینان‌پذیری و توان تداوم خدمت را برجسته می‌سازد. در مقابل، قیمت اقلام کم‌اهمیت‌ترین زیرمعیار شناسایی شد که نشان می‌دهد در این بستر، ملاحظات اقتصادی نسبت به الزامات عملیاتی اولویت پایین‌تری دارند. تحلیل رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان نیز نشان داد که تأمین‌کننده دوم با کسب بالاترین امتیاز، در جایگاه نخست قرار گرفته است. این نتیجه حاکی از آن است که این تأمین‌کننده از نظر پاسخگویی، زمان ارسال، کیفیت و قابلیت اطمینان، عملکرد مناسب‌تری نسبت به سایر گزینه‌ها داشته است. قرار گرفتن تأمین‌کننده سوم در رتبه آخر نیز نشان می‌دهد که ضعف در برخی شاخص‌های کلیدی عملکرد می‌تواند به‌طور مستقیم بر جایگاه نهایی تأمین‌کنندگان اثرگذار باشد. در مجموع، یافته‌های این پژوهش تأیید می‌کند که در زنجیره تأمین بشردوستانه، منطق تصمیم‌گیری بیش از آنکه هزینه‌محور باشد، سرعت‌محور، قابلیت‌اتکامحور و پاسخگو محور است. بنابراین، انتخاب تأمین‌کنندگان باید بر اساس توانایی آن‌ها در ارائه خدمت سریع، پایدار و قابل‌اعتماد صورت گیرد. همچنین، نتایج تحلیل حساسیت نشان داد که رتبه‌بندی‌ها در سناریوهای مختلف از ثبات مناسبی برخوردارند و این امر، استحکام مدل پیشنهادی را در شرایط عدم قطعیت تأیید می‌کند.

۷-۴- بینش‌های مدیریتی

از منظر عملیاتی، مدل ارائه‌شده در این پژوهش به‌طور اختصاصی در فاز آمادگی^{۴۳} از چرخه مدیریت بحران قرار می‌گیرد. در این مرحله، مدیران زنجیره تأمین بشردوستانه و تصمیم‌گیرندگان مستقر در مرکز عملیات اضطراری (EOC^{۴۴})، وظیفه شناسایی و انتخاب تأمین‌کنندگان توانمند را پیش از وقوع حوادث بر عهده دارند. برونداد این فرایند، تشکیل فهرستی از تأمین‌کنندگان پیش‌تأییدشده و قابل‌اعتماد است که می‌تواند به‌طور مستقیم در برنامه پاسخ سازمان ادغام شود. به این ترتیب، در زمان وقوع بحران، تأخیرهای ناشی از جست‌وجو، ارزیابی و انتخاب اولیه تأمین‌کنندگان کاهش یافته و EOC قادر خواهد بود با سرعت، دقت و اطمینان بیشتری فرایند تأمین را آغاز کند.

^{۴۳} Preparedness

^{۴۴} Emergency Operation Center

از آنجا که این تصمیم‌ها در شرایط عدم قطعیت و تنوع سناریوهای بحران اتخاذ می‌شوند، مدیران زنجیره تأمین در محیط‌های ناپایدار و پرریسک نیازمند ابزارهایی هستند که بتوانند این عدم قطعیت را به‌طور نظام‌مند وارد فرایند تصمیم‌گیری کنند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از رویکرد بهترین-بدترین فازی-تصادفی به آن‌ها امکان می‌دهد تا اهمیت نسبی معیارها و زیرمعیارها را نه صرفاً در حالت میانگین، بلکه در سه سناریوی متمایز، خوش‌بینانه، محتمل و بدبینانه، ارزیابی کنند. این رویکرد کمک می‌کند تا تصمیم‌های تأمین‌کننده محور متناسب با سطوح مختلف ریسک و شرایط واقعی بازار طراحی شود. به عبارتی، مدیران می‌توانند با شناخت حساسیت هر معیار نسبت به تغییرات محیطی، راهبردهای انعطاف‌پذیرتری را برای انتخاب و نگهداری تأمین‌کنندگان تدوین نمایند. نتایج نشان داد که چابکی، تاب‌آوری و عملکردی سه معیار اصلی تصمیم‌گیری هستند. این یافته حاوی پیام مهمی برای مدیران است: تمرکز صرف بر هزینه یا سرعت تحویل ممکن است در شرایط عدم ثبات اقتصادی کارآمد نباشد؛ بلکه تأمین‌کننده‌ای ارزشمند است که بتواند ضمن حفظ کارایی عملیاتی، در برابر نوسانات، اختلال‌ها و تغییرات بازار مقاوم باشد. انتخاب زیرمعیارهایی مانند پاسخگویی، قابلیت اطمینان و تأمین‌کنندگان پشتیبان نیز به مدیران هشدار می‌دهد که زنجیره‌های تأمین امروزی باید نه فقط سریع، بلکه مقاوم و آماده واکنش باشند. از دیدگاه مدیریتی، مقایسه بین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (AHP، تاپسیس، ویکور، و مدل فازی-تصادفی) بیان می‌کند که مدل‌های ترکیبی فازی-تصادفی با کاهش نرخ ناسازگاری و بهبود پایداری وزن‌ها، اعتمادپذیری تصمیم‌ها را افزایش می‌دهند. این موضوع به مدیران نشان می‌دهد که اتخاذ تصمیم بر اساس داده‌های قطعی می‌تواند در فضای عدم قطعیت گمراه‌کننده باشد. افزوده شدن بعد تصادفی به منطق فازی به آن‌ها امکان می‌دهد تا سنجش ریسک را به‌طور هم‌زمان در تصمیم‌های کیفی و کمی لحاظ کنند و فرایند ارزیابی تأمین‌کنندگان را از حالت ایستا به مسیر پویا و سناریو محور ارتقا دهند. در نهایت، نتایج مقایسه رتبه‌بندی روش تاپسیس فازی-تصادفی با دیگر روش‌های مشابه، پیام روشنی برای مدیران دارد: یک مدل تصمیم‌گیری معتبر الزاماً مدلی پیچیده‌تر نیست، بلکه مدلی است که نتایج آن با رویکردهای موجود سازگار بوده و در عین حال، توانایی تمایز میان گزینه‌ها را حفظ کند. از این زاویه، رویکرد ارائه‌شده می‌تواند به عنوان ابزار تصمیم‌یار مدیریتی مورد استفاده قرار گیرد تا ضمن کاهش خطاهای انسانی در قضاوت‌های چندمعیاره، مسیر انتخاب تأمین‌کنندگان استراتژیک را دقیق‌تر و مبتنی بر داده‌های واقع‌گرایانه ترسیم کند. این بینش‌ها می‌تواند مبنای توسعه سیاست‌های خرید انعطاف‌پذیر، برنامه‌ریزی تاب‌آور و همکاری بلندمدت با تأمین‌کنندگان قابل اعتماد باشد.

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادات آتی

در این پژوهش، با هدف بهبود فرایند تصمیم‌گیری در انتخاب تأمین‌کنندگان در شرایط عدم قطعیت در زنجیره تأمین بشردوستانه، از روش ترکیب روش بهترین-بدترین فازی-تصادفی و تاپسیس فازی-تصادفی استفاده شده است. نتایج نشان داد که میان معیارهای اصلی تصمیم‌گیری، به ترتیب چابکی، تاب‌آوری و عملکردی بیشترین اهمیت را دارند؛ امری که بیانگر نیاز سازمان‌ها به تکیه بر تأمین‌کنندگان منعطف، قابل اعتماد و کارآمد در محیط‌های متغیر و پرریسک است. همچنین، زیرمعیارهای پاسخگویی، زمان ارسال، کیفیت اقلام و قابلیت پشتیبانی از مهم‌ترین عوامل تصمیم‌گیری هستند و در مقابل، قیمت اقلام در این بستر از اهمیت کمتری برخوردار است. این یافته‌ها بیانگر آن است که در زنجیره‌های تأمین بشردوستانه، منطق تصمیم‌گیری بیش از آنکه هزینه محور باشد، بر سرعت، قابلیت اتکا و توان پاسخگویی متمرکز است. از این منظر، سهم علمی پژوهش حاضر در آن است که با بهره‌گیری از رویکرد فازی-تصادفی، اولویت‌های تصمیم‌گیری را در محیطی همراه با عدم قطعیت سناریویی به‌صورت دقیق‌تر مدل‌سازی کرده و تفاوت رفتار تصمیم‌گیری در بستر بشردوستانه را نسبت به مطالعات عمدتاً هزینه‌محور پیشین آشکار ساخته است. از نظر کاربردی، نتایج این پژوهش می‌تواند به تصمیم‌گیران کمک کند تا در شرایط بحرانی، انتخاب تأمین‌کننده را بر مبنای معیارهای عملیاتی و خدمت‌محور انجام دهند و از تمرکز صرف بر ملاحظات اقتصادی فاصله بگیرند.

با این حال، پژوهش حاضر نیز مانند سایر مطالعات با محدودیت‌هایی همراه است. از جمله، مدل پیشنهادی بر اساس مجموعه‌ای محدود از معیارها و در یک بستر خاص طراحی شده و تعمیم مستقیم آن به سایر صنایع یا شرایط بحران باید با احتیاط انجام شود. همچنین، دقت نتایج به کیفیت قضاوت خبرگان و فرضیات مربوط به سناریوهای عدم قطعیت وابسته است و در محیط‌های واقعی ممکن است برخی عوامل بیرونی مانند محدودیت‌های لجستیکی، کمبود داده‌های دقیق، نوسانات

ناگهانی تقاضا و اختلالات زیرساختی نیز بر نتایج اثرگذار باشند. در ادامه، پژوهش‌های آتی می‌توانند در چند مسیر توسعه یابند. نخست، می‌توان مدل حاضر را با معیارهای دیگر مانند پایداری زیست‌محیطی، نوآوری فناوری یا ریسک سیاسی ترکیب کرد. دوم، پیشنهاد می‌شود از الگوریتم‌های یادگیری ماشین به منظور بررسی عملکرد تامین‌کنندگان در محیط‌های داده‌محور استفاده گردد. سوم، گسترش مدل به تصمیم‌گیری گروهی با در نظر گرفتن تضاد منافع و تفاوت دیدگاه مدیران می‌تواند کاربرد آن را در سازمان‌های بزرگ افزایش دهد. در نهایت، بهره‌گیری از این مدل در صنایع مختلف نظیر خودروسازی، دارویی یا لجستیک می‌تواند به غنی‌سازی چارچوب‌های تصمیم‌گیری عملیاتی و استراتژیک در فضای عدم قطعیت کمک چشمگیری نماید.

نسخه پذیرفته شده پیش از انتشار

- [1] Zhang, J., Liu, H., Yu, G., Ruan, J., & Chan, F. T. (2019). A three-stage and multi-objective stochastic programming model to improve the sustainable rescue ability by considering secondary disasters in emergency logistics. *Computers & Industrial Engineering*, 135, 1145-1154.
- [2] Kaushal, A. K., & Devi, V. (2023). Design of humanitarian logistics network using imperialist competitive algorithm. In *Climate Change and Urban Environment Sustainability* (pp. 227-264). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [3] Das, R., & Hanaoka, S. (2014). Relief inventory modelling with stochastic lead-time and demand. *European Journal of Operational Research*, 235(3), 616-623.
- [4] Yin, Y., Wang, J., Chu, F., & Wang, D. (2024). Distributionally robust multi-period humanitarian relief network design integrating facility location, supply inventory and allocation, and evacuation planning. *International Journal of Production Research*, 62(1-2), 45-70.
- [5] Wang, R., Shen, R., Cui, S., Shao, X., Chi, H., & Gao, M. (2024). A novel multi-attribute decision-making approach for improvisational emergency supplier selection: Partial ordinal priority approach. Available at SSRN 4708945.
- [6] Iraj, M. (2024). A Mathematical Model for Resilience Supply Chain Network Design in Uncertainty Approach. *International journal of industrial engineering and operational research*, 6(4), 83-98.
- [7] Daneshvar, A., Radfar, R., Ghasemi, P., Bayanati, M., & Pourghader Chobar, A. (2023). Design of an optimal robust possibilistic model in the distribution chain network of agricultural products with high perishability under uncertainty. *Sustainability*, 15(15), 11669.
- [8] Alhaderi, S. M. (2025). The Interaction of Diversification Strategies, Resilience, and Digital Capabilities in Driving Supply Chain Sustainability in Saudi Arabia. *Sustainability*, 17(18), 8299.
- [9] G Anand, L. (2024). Creating Agile Supply Chains: The Role of Flexibility in Crisis Management. Available at SSRN 5235360.
- [10] Appelbaum, S. H., Calla, R., Desautels, D., & Hasan, L. (2017). The challenges of organizational agility (part 1). *Industrial and Commercial Training*, 49(1), 6-14.
- [11] Mageed, I. A. (2025). Issues and Challenges in Transforming Management Practices through Agility. *Systemic Analytics*, 3(2), 91-111.
- [12] Nayeem, M. K., & Lee, G. M. (2021). Robust design of relief distribution networks considering uncertainty. *Sustainability*, 13(16), 9281.
- [13] Rong, Y., & Yu, L. (2024). An extended MARCOS approach and generalized Dombi aggregation operators-based group decision-making for emergency logistics suppliers selection utilizing q-rung picture fuzzy information. *Granular Computing*, 9(1), 22.
- [14] Li, Y., Shu, J., Song, M., & Zhang, C. (2026). Robust emergency relief supply allocation with supplier selection and inventory pre-positioning. *International Journal of Production Research*, 1-26.
- [15] Kundu, S., & Rani, M. V. (2026). A Fermatean fuzzy-based framework for sustainable supplier selection to enhance humanitarian supply chain performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 1-21.
- [16] Tay, H. L., Chen, H. S., Kay Khine, E. M., & Loh, H. S. (2026). Development of supplier evaluation framework for resilient and sustainable humanitarian supply chains. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 16(2), 159-174.
- [17] Mao, H., & Wang, R. (2026). Robust consensus ordinal priority approach for improvisational emergency supplier selection under expert consensus ambiguity. *Scientific Reports*.
- [18] Mina, H., Mehrabi, S., Ashrafidehkordi, R., & Karimi-Ashtiani, P. (2026). Integrating Industry 4.0 and circular economy principles in emergency third-party logistics service provider selection: a new multi-criteria decision-making approach. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 1-19.
- [19] Lei, L., Yu, S., Ke, Y., Deng, L., & Kang, Q. (2025). Evaluation Model for Emergency Material Suppliers

- in Emergency Logistics Systems Based on Game Theory–TOPSIS Method. *Systems*, 13(6), 493.
- [20] Ding, Q., Zhou, Y., Cheng, T. C. E., & Ji, M. (2025). A decision framework for selecting emergency logistics suppliers based on an extended PHFS-TODIM method. *International Journal of Fuzzy Systems*, 27(5), 1498-1513.
- [21] Nascimento, M. C., Lima Junior, F. R., & Beleski, I. M. (2025). A supplier risk assessment model based on hesitant fuzzy linguistic sets with possibility distributions: application in a humanitarian aid supply chain. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 1-23.
- [22] Vahdatparast, M. H., Ghiyasi, M., & Seyyedi, S. H. (2025). A comprehensive ranking of drug suppliers during the corona crisis using fuzzy ARAS method. *Journal of applied research on industrial engineering*, 12(4), 616-636.
- [23] Hallak, J. (2024). Optimizing construction supplier selection in conflict-affected regions: a hybrid multi-criteria framework. *Operations Management Research*, 1-25.
- [24] Ping, A., Shi, X. L., & Peng, C. (2024, July). Research on Emergency Rescue Strategy of Supplier Selection in Random Environment. In *International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences* (pp. 1155-1162). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [25] Hu, S., Sasha, D., & Shang, J. (2023). A Multi-Stage Stochastic Programming Approach for Supplier Selection: Supplier Type and Location Decisions. *Available at SSRN 4382829*.
- [26] Goker, N., Dursun, M., & Cedolin, M. (2020). A novel IFCM integrated distance based hierarchical intuitionistic decision making procedure for agile supplier selection. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(1), 653-662.
- [27] Mirzayi, M. H. (2025). Developing Agility, Resilience, and Circular Economy Decision-Making Model Based on Data Envelopment Analysis for Evaluating Medical Equipment Suppliers. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 9(2), 681-693.
- [28] Aminoff, A., Lorentz, H., Kazantsev, N., & Marttinen, T. (2026). An Agile Approach to Sourcing Solutions: Embracing Uncertainty for Strategic Relevance. *Journal of Supply Chain Management*, 62(1), 37-58.
- [29] Molaei, B. J., Ghanavati-Nejad, M., Tajally, A., & Sheikhalishahi, M. (2025). A novel stochastic machine learning approach for resilient-leagile supplier selection: a circular supply chain in the era of industry 4.0. *Soft Computing*, 29(6), 2845-2866.
- [30] ZhianVamarzani, M., Hejri, S., YahyapourGanji, V., GhanavatiNejad, M., & KiaeiTonekaboni, Z. (2025). Evaluation of Energy Sector Providers for Enhanced Efficiency, Performance, and Sustainability Using the Digital, Lean, Agile, Resilient, and Green (DLARG) Framework: A Machine Learning Model. *Process Integration and Optimization for Sustainability*, 1-19.
- [31] Bottani, E., Monferdini, L., Villani, N., Caterino, M., & Rinaldi, M. (2025). Integrating the lean, agile, resilient, green perspectives in decision support systems: The LARG-AHP framework. *IFAC-PapersOnLine*, 59(10), 1576-1581.
- [32] Akhtar, M. (2025). Fermatean fuzzy group decision model for agile, resilient and sustainable logistics service provider selection in the manufacturing industry. *Journal of Modelling in Management*, 20(2), 390-416.
- [33] Sahoo, B., Debnath, B. K., & Saha, A. (2025). An integrated Pythagorean fuzzy multi-criteria decision making model for best supplier selection in sustainable agile manufacturing. *RAIRO-Operations Research*, 59(5), 2577-2606.
- [34] Sheykhizadeh, M., Ghasemi, R., Vandchali, H. R., Sepehri, A., & Torabi, S. A. (2024). A hybrid decision-making framework for a supplier selection problem based on lean, agile, resilience, and green criteria: a case study of a pharmaceutical industry. *Environment, Development and Sustainability*, 26(12), 30969-30996.
- [35] Zeynali, F. R., Hatami, S., Khameneh, R. T., & Ghanavati-Nejad, M. (2024). Evaluating the performance of the raw material providers based on the customer-based LARG (CLARG) paradigm: a machine learning-based method. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 2(17).
- [36] Kabadayi, N., & Bakkal, S. (2024). Fermatean fuzzy analytic hierarchy process for supplier selection

- on larg supply chain paradigm. International conference on intelligent and fuzzy systems (pp. 373–382). Springer.
- [37] ForouzeshNejad, A. A. (2023). Leagile and sustainable supplier selection problem in the Industry 4.0 era: a case study of the medical devices using hybrid multi-criteria decision making tool. *Environmental science and pollution research*, 30(5), 13418-13437.
 - [38] Sahu, A. K., Sharma, M., Raut, R. D., Sahu, A. K., Sahu, N. K., Antony, J., & Tortorella, G. L. (2023). Decision-making framework for supplier selection using an integrated MCDM approach in a lean-agile-resilient-green environment: Evidence from Indian automotive sector. *TQM journal*, 35(4), 964–1006.
 - [39] 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.
 - [40] Tavana, M., Shaabani, A., Di Caprio, D., & Bonyani, A. (2021). An integrated group fuzzy best-worst method and combined compromise solution with Bonferroni functions for supplier selection in reverse supply chains. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 2, 100009.
 - [41] Li, Y., Diabat, A., & Lu, C. C. (2020). Leagile supplier selection in Chinese textile industries: a DEMATEL approach. *Annals of operations research*, 287(1), 303-322.
 - [42] Aghababayi, H., & Shafiei Nikabadi, M. (2021). An integrated fuzzy model for selecting resilient suppliers in electronics industry of iran. *Logistics*, 5(4), 71.
 - [43] Kampalasiri, C., Pitiruek, K., & Sureeyatanapas, P. (2026). An enhanced TOPSIS method for resilient supplier selection under data uncertainty. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 21(1), 36-51.
 - [44] Sahu, N., & Mittal, G. (2026). Resilient supplier selection under operational and disruption risks: A multi-stage framework. *Annals of Operations Research*, 359(3), 2617-2654.
 - [45] Patil, N., Singh, G., Pande, D., & Chhajed, P. (2026). A grey integrated based decision framework for sustainable and resilient supplier selection in food supply chains. *Applied Operations and Analytics*, 2(1), 1-16.
 - [46] Sharma, P., Roy, J., & Pamucar, D. (2026). Two-phase integrated multi-criteria and multi-objective framework for green and resilient food supply chains under uncertainty. *Egyptian Informatics Journal*, 34, 100996.
 - [47] Yang, J., Geng, X., & Zhang, Y. (2026). A cloud-based multi-criteria decision-making framework for green-resilient supplier selection of manufacturing industry. *PloS one*, 21(2), e0343165.
 - [48] Azarmina, S. S., Fallahnejad, M. S., & Zare, H. K. (2025). A Combined Knowledge-Driven and Data-Driven Approach to Selecting Resilient Suppliers Based on Heterogeneous Information (Case Study: Steel Industry). *Supply Chain and Operations Decision Making*, 2(4), 191-209.
 - [49] Saeidifar, S. M., Mahdavi, I., Tajdin, A., & Javadian, N. (2025). Proposing a data-driven decision-making model for evaluating sustainable and resilient suppliers in the automotive industry. *Journal of quality engineering and management*, 15(1), 83-109
 - [50] Sun, J., Liu, Y., Xu, J., Zhu, F., & Wang, N. (2024). A probabilistic uncertain linguistic decision-making model for resilient supplier selection based on extended topsis and bwm. *International Journal of Fuzzy Systems*, 26(3), 992-1015.
 - [51] Ulutaş, A., Krstić, M., Topal, A., Agnusdei, L., Tadić, S., & Miglietta, P. P. (2024). A novel hybrid Gray MCDM model for resilient supplier selection problem. *Mathematics*, 12(10), 1444.
 - [52] Hashemi-Tabatabaei, M., Amiri, M., & Keshavarz-Ghorabae, M. (2024). Gresilient Supplier Evaluation and Selection under Uncertainty Using a Novel Streamlined Full Consistency Method. *Logistics*, 8(3), 90.
 - [53] Liang, D., Li, Y., Li, Y., & Xin, J. (2024). Dynamic selection and order allocation of resilient suppliers based on improved fuzzy multi-criteria decision method. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 47(4), 442-455.
 - [54] Fang, J., Zhou, W., & Xiong, L. (2024). Multi-criteria decision making approach for supplier selection

and order allocation in a digital supply chain resilience. *Annals of Operations Research*, 1-37.

- [55] Ben Abdallah, C., El-Amraoui, A., Delmotte, F., & Frikha, A. (2024). A Hybrid Approach for Sustainable and Resilient Farmer Selection in Food Industry: Tunisian Case Study. *Sustainability*, 16(5), 1889.
- [56] Nayeri, S., Khoei, M. A., Rouhani-Tazangi, M. R., GhanavatiNejad, M., Rahmani, M., & Tirkolaee, E. B. (2023). A data-driven model for sustainable and resilient supplier selection and order allocation problem in a responsive supply chain: A case study of healthcare system. *Engineering applications of artificial intelligence*, 124, 106511.
- [57] Khan, M. M., Bashar, I., Minhaj, G. M., Wasi, A. I., & Hossain, N. U. I. (2023). Resilient and sustainable supplier selection: an integration of SCOR 4.0 and machine learning approach. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 8(5), 453-469.
- [58] Nayeri, S., Sazvar, Z., & Heydari, J. (2023). Towards a responsive supply chain based on the industry 5.0 dimensions: A novel decision-making method. *Expert Systems with Applications*, 213, 119267. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119267>.
- [59] Asadi, Z., Aghajani, H., Khatir, M. V., & Tirkolaee, E. B. (2025). Viable-sustainable supplier selection and order allocation problem considering Industry 5.0 pillars under mixed uncertainty. *International Journal of Production Research*, 1-26.
- [60] Jamali, A., Ranjbar, A., Heydari, J., & Nayeri, S. (2021). A multi-objective stochastic programming model to configure a sustainable humanitarian logistics considering deprivation cost and patient severity. *Annals of Operations Research*, 1-36.