Journal of Structural and Construction Engineering, 11(12), 2025, pp. 89-107

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Utility evaluation of the sustainable suppliers of the construction industry with a new hybrid approach in conditions of uncertainty (case study: Kian Borj Company)

Mohammad Hakimi[1], Amir Daneshvar[2*], Mohammad Ehsanifar[3], Iraj Nouri[4]

1- PhD student, Department of Civil Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2- Assistant Professor, Department of Information Technology Management, Faculty of Management, Electronic Unit, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Industrial Engineering, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
4- Assistant Professor, Department of Management, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

ABSTRACT

Deciding on sustainable supplier selection is a key issue in supply chain management, which has become a strategic goal for construction companies in recent years. The problem of choosing a sustainable supplier is considered a multi-indicator decision due to the consideration of multiple quality indicators. Some of the most widely used quantitative approaches known in this field can be used to solve these problems. considering the importance of the problem, the present research tries to present a new hybrid approach to evaluate and evaluate the desirability of sustainable suppliers in conditions of uncertainty by studying some multi-indicator decision-making techniques and examining study gaps. The new combined approach of four steps is used to measure the desirability of choosing sustainable suppliers, which are: In the first step, indicators and decision options were extracted to implement the combined approach. For this purpose, by examining the background of the research conducted in order to extract the indicators, then with the help of experts, 11 important indicators influencing the selection of sustainable suppliers were extracted and finally, decision options to make the best possible decision through an interview with the company under study. Presented. Then, in the second step, with the help of research experts, the importance-measurement of the research indicators was done, and with the help of the technique of ANP, the weights of the indicators were extracted. In the third step, VIKOR technique was used to rank and evaluate the decision options. Finally, by using the UTASTAR approach, it has estimated the desirability rating of selected suppliers in the studied construction industry. According to the results obtained from the present research, it is possible to evaluate and evaluate the suitability of the suppliers of other parts of the company or the sustainable suppliers that the organization will buy from in the future.

ARTICLE INFO

Receive Date: 05 March 2024
Revise Date: 09 June 2024
Accept Date: 14 July 2024

Keywords:
Utility evaluation, Sustainable suppliers Construction industry
Hybrid approach
UTASTAR method
Uncertainty conditions

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2024.447031.3370

*Corresponding author: Amir Daneshvar.
Email address: a_danashvar@iauec.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

مطلوبیت‌سنجی تامین‌کنندگان پایدار صنعت ساخت و ساز با یک رویکرد ترکیبی جدید در شرایط عدم قطعیت (مطالعه موردی: شرکت کیان برج)

محمد حکیمی[۱]، امیردانشور[۲*]، محمد احسانی‌فر[۳]، ایرج نوری[۴]

۱- دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۲- استادیار، گروه مدیریت فناوری اطلاعات، دانشکده مدیریت، واحد الکترونیکی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه مهندسی صنایع، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۴- استادیار، گروه مدیریت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

چکیده

تصمیم‌گیری پیرامون انتخاب تامین‌کننده پایدار یک موضوع کلیدی در مدیریت زنجیره تامین است که در سال‌های اخیر به یک هدف استراتژیک برای شرکت‌های ساخت و ساز تبدیل شده است. مسئله انتخاب تامین‌کننده پایدار به دلیل در نظرگرفتن شاخص‌های کیفی متعدد یک تصمیم‌گیری چند شاخصه محسوب می‌گردد. در نتیجه می‌توان از برخی از پرکاربردترین رویکردهای کمی شناخته شده در این حوزه برای حل این مسائل بکار گرفت. در این راستا با توجه به اهمیت مسئله، تحقیق حاضر سعی دارد با مطالعه برخی تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه و بررسی شکاف‌های مطالعاتی، به ارائه یک رویکرد ترکیبی جدید برای ارزیابی و مطلوبیت‌سنجی تامین‌کنندگان پایدار در شرایط عدم قطعیت بپردازد. رویکرد ترکیبی جدید از چهار گام به منظور مطلوبیت‌سنجی انتخاب تامین‌کنندگان پایدار مسئله بکار می‌گیرد که عبارتند از: در گام نخست شاخص‌ها و گزینه‌های تصمیم‌گیری به منظور پیاده‌سازی رویکرد ترکیبی استخراج گردیدند. بدین منظور، ابتدا با بررسی پیشینه پژوهش‌های صورت گرفته به منظور استخراج شاخص‌ها انجام شد و سپس با کمک خبرگان ۱۱ شاخص مهم تاثیرگذاردر انتخاب تامین کنندگان پایدار استخراج و در نهایت گزینه‌های تصمیم‌گیری به منظور تصمیم‌گیری هرچه بهتر از طریق مصاحبه با شرکت مورد مطالعه ارائه گردید. سپس در گام دوم، به کمک خبرگان پژوهش به اهمیت‌سنجی شاخص-های پژوهش پرداخته شده و با کمک تکنیک فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP) وزن شاخص‌ها استخراج شد. در ادامه گام سوم، از تکنیک ویکور به منظور رتبه‌بندی و ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری بکار گرفته شد. در نهایت، با بکارگیری رویکرد مطلوبیت تجمعی ستاره (UTASTAR) به تخمین مطلوبیت رتبه کاندیدای تامین‌کنندگان منتخب در صنعت ساخت مورد مطالعه پرداخته است. با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر می‌توان در آینده تامین‌کنندگان بخش‌های دیگر شرکت یا تأمین کنندگان پایداری که در آینده سازمان از آنان خرید خواهند کرد را ارزیابی و مطلوبیت‌سنجی نمود.

کلمات کلیدی: مطلوبیت‌سنجی، تامین‌کنندگان پایدار، صنعت ساخت، رویکرد ترکیبی، روش مطلوبیت تجمعی ستاره (UTASTAR)، شرایط عدم قطعیت.

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	https://doi.org/10.22065/jsce.2024.447031.3370
۱۴۰۲/۱۲/۱۵	۱۴۰۳/۰۳/۲۰	۱۴۰۳/۰۴/۲۴	۱۴۰۳/۰۴/۲۴	۱۴۰۳/۱۲/۳۰	doi: 10.22065/jsce.2024.447031.3370

*نویسنده مسئول: امیر دانشور

پست الکترونیکی: a_danashvar@iauec.ac.ir

۱- مقدمه

انتخاب تأمین‌کننده یکی از قدیمی‌ترین و ریشه‌دارترین موضوعات تصمیم‌گیری در حوزه زنجیره تأمین بوده که مورد توجه محققان قرار دارد و فرموله‌سازی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده یکی از بخش‌های اساسی فرایند انتخاب تأمین کننده می‌باشد. نبود یک رویکرد جامع به معیارهای ارزیابی تأمین‌کننده باعث اثربخشی پایین کل فرایند انتخاب تأمین‌کننده خواهد شد. تلاش‌های بسیاری در حوزه تدوین شاخصه‌های مناسب برای انتخاب تأمین‌کننده انجام شده است ولی از آنجایی که معیارهای انتخاب در هر مورد می‌تواند متفاوت از مورد دیگری باشد، از این رو ارائه یک چارچوب نظام‌مند برای معرفی معیارهای انتخاب تأمین‌کننده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر انتخاب تأمین‌کننده بدون نگاه به فرایندهای وابسته به آن در مدیریت زنجیره تأمین به تنهایی نمی‌تواند اثر بخشی چندانی داشته باشد. تخصیص سفارش به تأمین‌کنندگان انتخابی از موضوعات مهمی است که می‌تواند حتی به نوعی نتایج فرایند انتخاب تأمین-کنندگان را تحت تاثیر قرار دهد. از این رو نه تنها ارائه یک چارچوب مناسب برای انتخاب تأمین‌کننده از اهمیت به‌سزایی برخوردار است، بلکه بررسی تعاملات نتایج این انتخاب با سایر فرایندهای مدیریت زنجیره تأمین به خصوص تخصیص سفارش در یک بستر یکپارچه، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار می‌باشد [۱]. رقابت شرکت‌ها در بازارهای جهانی از دهه نود میلادی روند روبه رشدی داشته است. شرکت‌ها جهت دستیابی به توان رقابتی بیشتر به دنبال افزایش رضایت مشتریان و بهبود کارایی کسب و کار خود هستند. تحویل به موقع محصولات به مشتریان با قیمت تمام شده کمتر، موجب افزایش توان رقابتی شرکت‌ها می‌گردد. شرکت‌ها تشخیص داده‌اند که نمی‌توانند بهبود کارایی در سازمان و عملکرد کسب و کار خود را بدون تمرکز بر زنجیره تأمین به وجود آورند. دستاوردهای حاصل از مدیریت زنجیره تأمین که شامل کلیه فعالیت‌های جابجایی مواد (مواد اولیه تا مرحله محصول نهایی)، جریان اطلاعات و تبادلات مالی می‌باشد، موجب افزایش عملکرد کسب و کار و افزایش توان رقابتی شرکت‌ها در بازارهای جهانی می‌گردد. عموماً در طرح‌ریزی زنجیره تأمین به جنبه‌های اقتصادی، برای مثال کاهش هزینه، تأکید شده است. با افزایش آگاهی مشتریان نسبت به مسائل محیط زیستی و همچنین موضوعات اجتماعی و همزمان سخت‌گیری بیشتر دولت‌مردان به این دست از مسائل، توجهات به این مفاهیم در مدلسازی‌های زنجیره تأمین روبه افزایش است [۲]. سامانه‌ای که در آن تأمین‌کنندگان مواد اولیه، فرایندهای تولید، توزیع‌کنندگان محصول و مشتریان، توسط یک جریان مواد از یک سو و یک جریان اطلاعات از سوی دیگر با هم در ارتباط هستند، زنجیره تأمین نامیده می‌شود. در برخی موارد این سامانه، جریان نقدینگی را نیز شامل می‌شود. در واقع زنجیره تأمین، زنجیره‌ای است که همه فعالیت‌های مرتبط با جریان کالا و تبدیل مواد، از مرحله تهیه مواد اولیه تا تحویل کالای نهایی به مصرف کننده را شامل شود. در ارتباط با جریان کالا، دو جریان دیگر یعنی جریان اطلاعات و جریان منابع مالی یا نقدینگی نیز حضور دارند. برخی از تعاریف دیگری که از زنجیره تأمین ارائه شده است عبارتند از: همه مراحلی که مستقیم و یا غیرمستقیم در ثمر بخشیدن به خواست مشتری فعالیت می‌نمایند و همه زنجیره سازنده و تأمین‌کننده، حمل و نقل‌ها، انبارها، خرده‌فروش و خود مشتریان را شامل می‌شود. هماهنگی سیستماتیک و استراتژیک فعالیت‌های تجاری شرکت‌ها و استفاده از روندهایی بین این فعالیت‌های تجاری برای بهبود دراز مدت عملکرد هر یک از شرکت‌ها و کل زنجیره عرضه است [۳]. زنجیره تأمین مفهومی است که در بالادست، میانی و پایین دست پیوند دارد. علاوه بر این، مدیریت زنجیره تامین[1] اطلاعات لازم را از پایین دست دریافت می‌کند تا کیفیت کالاهای ارائه شده توسط بالادست و پایین دست را بهبود بخشد. در بالادست، تامین‌کننده است (تامین‌کنندگان مسئول تامین مواد اولیه برای تولیدکنندگان هستند)، تولید کننده وسط جریان است (کالاهای سفارش داده شده در این رده زنجیره تامین تولید می‌شوند) و در پایین دست مشتریان هستند (کاربران نهایی) [۵]. نیمسای و همکاران[2] (۲۰۲۰)، گزارش می‌دهند که پایداری یک عامل کلیدی در تکامل مدیریت زنجیره تامین در صنایع تولیدی محسوب می‌شود. این امر کارشناسان و محققان مدیریت را واداشته است تا دریابند چگونه مدیریت زنجیره تامین پایدار[3] می‌تواند منجر به کاهش ضایعات، استفاده کارآمدتر از منابع، صرفه‌جویی در انرژی و کاهش اثرات زیست محیطی شود [۶]. علاوه بر این، تغییرات سریع در الگوهای تقاضای مشتریان، رشد رقابت و فشارهای دولت‌ها و سایر گروه‌های ذینفع، اکثر شرکت‌ها را به اجرای مدیریت زنجیره تامین پایدار برانگیخته است [۷]. به دلیل افزایش چالش‌های زیست محیطی و اجتماعی، انتخاب تأمین‌کننده به یکی از مهمترین

[1] Supply Chain Management (SCM)
[2] Nimsai et al
[3] Sustainable Supply Chain Management (SSCM)

وظایف سازمان‌های پروژه محور تبدیل شده است. از آنجا که انتخاب تأمین‌کننده می‌تواند موفقیت و سودآوری بلند مدت سازمان‌ها و پروژه-های آنها را تحت تأثیر قرار دهد، استقرار پایداری می‌تواند ارزش معادله را افزایش دهد. رعایت اقدامات پایداری می‌تواند مدیران پروژه را در تصمیم‌گیری‌های بهتر برای پروژه‌ها در دراز مدت به طور مثبت راهنمایی کند. با افزایش روزافزون رقابت و عدم قطعیت‌ها، کسب و کارهای بیشتری در حال مدیریت مسائل سازمانی بر اساس مدیریت پروژه برای دستیابی به اهداف تجاری با سرعت سریع هستند و شیوه سنتی مدیریت وظایف سازمانی به طور پیوسته در حال تغییر است [۷]. مدیریت پروژه‌ها یکی از مهمترین دغدغه‌های مدیران پروژه در صنایع مختلف است. در هر پروژه معمولی شش محدودیت مهم وجود دارد، یعنی برنامه، بودجه، کیفیت، ریسک، منابع و محدوده [۸]. لازم به ذکر است که این محدودیت‌ها ارتباط متقابل با یکدیگر دارند. به عنوان مثال، کاهش زمان می‌تواند منجر به افزایش هزینه و ریسک در پروژه‌ها شود یا برعکس. از این رو، مدیر پروژه سعی می‌کند در طول چرخه زندگی پروژه بین این اهداف تعادل ایجاد کند [۷]. این کار وقتی با پروژه‌های بزرگ روبرو می‌شویم چالش برانگیز است زیرا تأمین کنندگان مختلف زیادی وجود دارند و آنها تأثیر مستقیم بر این محدودیت‌ها دارند. به عنوان مثال، هرگونه تأخیر تأمین‌کنندگان می‌تواند در مهلت پروژه تاخیر ایجاد کند. بنابراین، مدیریت تأمین کنندگان برای مدیر پروژه در پروژه‌های بزرگ ضروری است که باید به دقت مورد توجه قرار گیرد. در بیشتر موارد، پروژه‌های بزرگ، به ویژه در صنعت ساختمان، به دلیل گستردگی وسیع خود می‌توانند به محیط زیست آسیب برسانند، اما بر اساس رویکرد پایداری، انسان نباید با استفاده بیش از حد از منابع، تعادل طبیعت را تغییر دهد [۹]. با توجه به نقش اساسی که پایداری در موفقیت بلندمدت مدیریت زنجیره تامین ایفا می‌کند، وقتی نیاز به گنجاندن جنبه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی وجود دارد، فرآیند تعقیب پیچیده‌تر می‌شود [۱۰]. این پیچیدگی یا پیچیدگی‌ها اغلب خود را از طریق ناآرامی‌هایی نشان می‌دهند که همه ابعاد پایداری را در بر می‌گیرد [۱۱]، یعنی اقتصادی، محیطی و اجتماعی [۱۲]. بنابراین، پذیرش پایداری و عدم قطعیت به یک ویژگی اساسی هر مشکل انتخاب تامین کننده تبدیل می‌شود. با توجه به افزایش آگاهی عمومی و ذینفعان در زمینه مسائل اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی، صنعت ساختمان گرایش به پیروی از سیاست‌ها و شیوه‌های پایداری در مدیریت زنجیره تامین دارد. از این رو، یکی از جنبه‌های بسیار مهم برای یک شرکت ساختمانی در این زمینه، انتخاب تامین کننده پایدار است و برای این منظور، یک مدل دقیق و قابل اعتماد مورد نیاز است [۱۳]. پایداری[۴] یک مفهوم جامع برای تلفیق مسائل زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی است [۱۴]. این مفهوم در گزارش برونتلند به عنوان «برآوردن نیازهای امروز بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهای آن‌ها» معرفی شد [۱۵]. به معنای واقعی نشان می‌دهد که پایداری یک استراتژی کارآمد برای مدیریت چالش‌های آینده است که در زنجیره تامین جهانی وجود دارد، در حالی که رقابت‌پذیری و عملکرد مالی را نیز افزایش می‌دهد [۱۶ و ۱۷]. یکی از تعاریف در حوزه توسعه پایدار[۵] به این مهم اشاره دارد: توسعه پایدار توسعه‌ای است که نیازهای امروز را پاسخگو باشد ولی توانایی نسل‌های آینده را برای برآورده کردن نیازهایشان به مخاطره نیندازد. با توجه به روند رو به افزایش در اتخاذ شیوه‌های پایدار [۱۸]، ادبیات مرتبط نشان می‌دهد که یکی از تأثیرگذارترین فعالیت‌ها برای ارتقاء پایداری، مدیریت زنجیره تامین پایدار در شرکت‌ها است [۱۹]. تأمین کنندگان پایدار[۶] نقش مهمی در ارتقاء و دستیابی به تعادل بین ستون‌های اصلی زنجیره تامین پایدار داشته‌اند. از این رو، انتخاب تامین کننده پایدار[۷] از اهمیت استراتژیکی در مدیریت زنجیره تأمین محیط زیست، اقتصادی و اجتماعی برخوردار است [۲۰]. طبق گزارشات، هم انتخاب تامین کننده سنتی (تمرکز ویژه بر سود اقتصادی و بهینه‌سازی هزینه) و هم ارزیابی سبز عرضه کننده (عملکرد محیطی در اولویت است) رکن اجتماعی را که برای پایدار ساختن زنجیره تأمین لازم است نادیده می‌گیریم [۲۱]. بنابراین، با توجه به تناقض قوانین پایداری و اهداف سازمانی، ارزیابی و انتخاب عملکرد تامین‌کنندگان به عنوان یک فرایند پیچیده در نظر گرفته می‌شود. علاوه بر این، باید توجه داشت که از آنجا که ارزیابی‌های انسانی معمولاً به دلیل معیارهای متعدد انتخاب با سطوح مختلف اهمیت مبهم است، مفهوم فازی اغلب در این موضوع برای حل عدم قطعیت‌ها استفاده شده است [۲۲]. زنجیره تامین پایدار بسیار شبیه به زنجیره تامین معمولی می‌باشد، با این تفاوت که فعالیت‌های لجستیکی معکوس، بازیافت، باز استفاده، باز تولید در زنجیره تأمین معمولی قرار داده شده است. زنجیره تامین و پایداری دو مفهوم متفاوت ولی بسیار نزدیک و ترکیب شده می‌باشند. در جدول ۱ تفاوت‌های کلیدی میان زنجیره تامین پایدار و زنجیره تامین سنتی آورده شده است.

[4]Stability
[5]Sustainable Development
[6] Sustainable Suppliers
[7]Selecting Sustainable Supplier (SSS)

جدول۱: تفاوت کلیدی میان زنجیره تأمین پایدار و زنجیره تأمین سنتی [۲۲].

زنجیره تامین سنتی	زنجیره تامین پایدار
تمرکز تنها بر روی عرضه کالا از تأمین کننده تا مشتری نهایی	مفاهیم اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در طول زنجیره تأمین در نظر گرفته می‌شود.
جریان مواد و اطلاعات خطی هستند.	جریان مواد به منظور ترکیب سه شاخص فوق پیچیده‌اند.
در اینجا همکاری محدود وجود دارد.	در اینجا سطح بالایی از همکاری وجود دارد.
لجستیک معکوس جز مکمل فرآیند نیست.	لجستیک معکوس یکی از قسمت های مهم فرآیند زنجیره تامین است.

نظر به این که انتخاب تامین‌کننده پایدار در زنجیره تأمین از اهمیت فوق‌العاده برخوردار است، بررسی مدل‌های انتخاب و نهایتاً معرفی مدلی جهت تصمیم‌گیری صحیح نیز بسیار حائز اهمیت خواهد بود. در این پژوهش با هدف ارائه یک رویکرد ترکیبی جدید برای انتخاب تامین کننده پایدار در صنعت ساخت و ساز سعی بر آن است که با تلفیق روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه به عنوان یک سیستم پشتیبان تصمیم به انتخاب مطمئن و نظام‌مند تأمین‌کنندگان پایدار پرداخته شود. همچنین در پایان به برآورد تابع ارزش مطلوبیت کلی تامین‌کنندگان و ارائه مدل توسعه یافته فازی تابع مطلوبیت تجمعی ستاره جهت انتخاب تأمین‌کننده پایدار پرداخته می‌شود. با داشتن تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده می‌توان به دو دسته از سؤال‌ها پاسخ داد:

الف) انتخاب مناسب‌ترین گزینه: زمانی که فرد تصمیم‌گیرنده دو یا چند تأمین‌کننده را مدنظر دارد و می‌خواهد بداند با توجه به شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده که برای وی دارای اهمیت است، کدام یک از این تأمین‌کننده‌ها می‌توانند به عنوان بهترین تأمین‌کننده برای شرکت باشند. در این مرحله کاربر اطلاعات مورد نیاز در مورد تأمین‌کنندگان را وارد نموده و مدل بهترین و مناسب‌ترین تأمین‌کننده را به وی معرفی خواهد نمود.

ب) نتیجه‌گیری در مورد یک تأمین‌کننده خاص: چنانچه فرد تصمیم‌گیرنده به دنبال اتخاذ این تصمیم باشد که یک تأمین‌کننده تا چه حد می‌تواند تأمین‌کننده مناسبی برای شرکت باشد، این مدل آن را مشخص می‌نماید. به عبارت دیگر مدل یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری ارائه می‌نماید که به کمک آن می‌توان مطلوبیت هر تأمین‌کننده را برآورد نمود.

۲- پیشینه پژوهش پیرامون انتخاب تامین‌کننده پایدار

در این قسمت ابتدا به ارائه پژوهش‌های صورت گرفته پیرامون روش‌های بکارگرفته شده پیرامون انتخاب تامین‌کننده پایدار پرداخته و سپس اهمیت و ضروت انجام پژوهش حاضر تشریح داده می‌شود. با بررسی پژوهش‌های انجام شده پیرامون انتخاب تامین‌کننده پایدار از مدل‌های بسیاری بدین منظور استفاده شده است. باید به این نکته توجه نمود که برخی از یک مدل و برخی دیگر ترکیبی از چند مدل تصمیم‌گیری استفاده شده است. باید به این نکته توجه نمود که هیچ‌گاه نمی‌توان ادعا نمود که یک مدل از سایر مدل‌ها بهتر است زیرا تمامی مدل‌ها نقاط ضعف و قوت خود را دارند. هر مدل با توجه به مسئله موردنظر، شاخص‌های مورد استفاده، اطلاعات، ترجیحات درجه اطمینان موجود، میزان دسترسی به مناسب و... می‌تواند در شرایط خاص یک مدل نسبتاً باشد و تصمیم اخذ شده یک راه حل نسبتا مناسب باشد [۲۳و ۲۴]. بر این اساس می‌توان به پژوهش حسینی[8] و همکارانش (۲۰۲۱) اشاره نمود که در پژوهشی با عنوان «انتخاب تأمین‌کننده پایدار در صنعت ساختمان از طریق رویکردهای فازی ترکیبی» که با استفاده از مدل بهترین-بدترین[9] (BWM) فازی ترکیبی و مدل سیستم استنتاج فازی (FIS) برای انتخاب تامین‌کننده پایدار توسعه داده شده است، معتقدند مدل توسعه یافته جدید به تصمیم-گیرنده این امکان را می‌دهد تا فرآیند تصمیم‌گیری را شبیه‌سازی کند، بار محاسبات را کاهش دهد، تعداد زیادی معیار را در تصمیم‌گیری در نظر بگیرد و عدم قطعیت‌های موروثی در پاسخ کارشناسان را برطرف کند [۱۳]. از طرف دیگر چن[10] و همکاران (۲۰۲۰)، با کمک روش

[8] Hosseini
[9] Best -Worst Method
[10] Chen

های دیمتل و تاپسیس چارچوبی را برای زنجیره تامین‌کنندگان هوشمند پیشنهاد کردند. آن‌ها استدلال کردند که وزن معیارها را می‌توان با استفاده از روش دیمتل تعیین کرد و سپس روش تاپسیس برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان اعمال می‌شود. برای در نظر گرفتن عدم قطعیت-های موجود در مسئله انتخاب تامین‌کننده، آن‌ها ترکیبی از دو رویکرد معروف را به کار گرفتند: مجموعه راف[11] و فازی [۲۵]. رضایی[12] و همکاران (۲۰۱۹)، در مقاله خود به منظور انتخاب تامین‌کننده پایدار، پس از انتخاب معیارهای تأمین‌کننده پایدار، سلسله مراتب معیارها و روابط ترجیحی آنها با فرایند سلسله مراتب تحلیلی مشخص شد. در نهایت، عملکرد تامین کنندگان با استفاده از تحلیل پوششی داده های فازی ارزیابی شد [۲۶]. چراغعلی پور و فرساد[13] (۲۰۱۸)، استدلال کردند که روش بهترین- بدترین، روشی مناسب برای محاسبه وزن معیارها است و پس از آن، آن‌ها مدل برنامه‌ریزی خطی عدد صحیح مختلط[14] را برای به حداکثر رساندن نمره کل تامین‌کنندگان و به حداقل رساندن هزینه کل بر اساس رویکرد پایداری برای حل مدل پیشنهادی، آن‌ها از روش برنامه‌نویسی هدف استفاده کردند که می‌تواند مدل‌های چند هدفه را به راحتی حل کند [۲۷]. کانن[15] (۲۰۱۸)، از نظریه عوامل موفقیت مهم با در نظر گرفتن نظر چند سهامدار برای دستیابی به پایدارترین تامین‌کننده استفاده کرد. او یک مطالعه موردی در صنعت نساجی برای ارزیابی عملکرد روش پیشنهادی انجام داده است که نتیجه‌ای ثابت نشان داده است [۱۰]. وحیدی و همکاران (۲۰۱۸)، مسئله‌ی انتخاب تامین کننده‌ی پایدار را مطرح کردند و از رویکرد ترکیبی برای انتخاب تامین کننده استفاده کردند [۲۸]. آواشتی[16] و همکاران (۲۰۱۸)، در اثر مشترک خود به منظور انتخاب تامین‌کننده پایدار ازرویکرد تحلیل سلسله مراتبی و ویکور در محیط فازی بهره بردند [۲۹]. خواجه و همکاران (۲۰۲۰)، در تحقیق خود با عنوان «ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان پایدار در محیط فازی شهودی با رویکرد ترکیبی چند معیاره بهترین-بدترین و ویکور» یک مدل تصمیم‌گیری برای ارزیابی و انتخاب تامین‌کنندگان پایدار ارائه دادند [۳۰]. رحمان[17] و همکاران (۲۰۲۰)، یک سیستم پشتیبانی تصمیم به عنوان ابزاری برای ارزیابی زنجیره تامین و شناسایی موانع راه حل پایدار استراتژیک برای یک هدف سازمانی خاص پیشنهاد کردند. آنها معتقدند که برای دستیابی و حفظ موفقیت‌های محلی و جهانی سازمان باید تلاش کرد تا به یک تولید کننده اصلی محلی و جهانی تبدیل شود تا مشتریان خود را راضی کند، زمان خود را در بازار کاهش دهد، کل هزینه های مالکیت خود را کاهش دهد وبتواند رقابت پذیری کلی خود را افزایش دهد [۳۱]. در ادامه سالوادو[18] (۲۰۱۹) نیز یک روش پشتیبانی تصمیم‌گیری اصلی برنامه‌ریزی چندمنظوره برای مدیریت زنجیره تامین بشردوستانه[19]پایدار مطرح کرد که این روش شامل تعریف مجموعه ای از معیارها برای اندازه‌گیری عملکرد یک زنجیره تامین بشر دوستانه پایدار، الگوریتمی برای حل مسئله چند هدفه و مدل ریاضی برنامه‌ریزی اصلی برای حمایت از برنامه‌ریزی تاکتیکی زنجیره تامین بشر دوستانه پایدار است [۳۲]. ترکولایی[20] و همکارانش (۲۰۲۰)، متدولوژی را با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی[21] برای تعیین رتبه معیارها، دیمتل فازی برای شناسایی رابطه بین معیارها و تاپسیس فازی[22] برای رتبه‌بندی تامین‌کنندگان ارائه کردند. پس از آن، یک مدل چند منظوره توسط خودشان پیشنهاد شده است که با استفاده از روش برنامه‌ریزی هدف موزون حل شده است [۳۳]. عبدالباسط[23]و همکارانش (۲۰۱۹)، معتقد بودند که استفاده از ترکیبی از روش‌های فرآیند تحلیل شبکه‌ای و ویکور[24] می‌تواند به شرکت‌ها در انتخاب پایدارترین تامین‌کننده کمک کند. [۳۴]. نظر به این که انتخاب تامین‌کننده پایدار در زنجیره تأمین از اهمیت فوق العاده برخوردار است، بررسی روش‌های انتخاب و نهایتاً معرفی رویکردی جهت تصمیم‌گیری صحیح نیز بسیار حائز اهمیت خواهد بود. اغلب روش‌ها و تکنیک‌های انتخاب مزیت‌ها و معایبی نسبت به یکدیگر دارند و دسته‌بندی از آنها در ذیل آمده است. یکی از تکنیک‌های نوین در زمینه انتخاب و به طور همزمان اندازه‌گیری مطلوبیت تامین‌کنندگان سازمان، روش مطلوبیت تجمعی است. نکته حائز اهمیت این روش جدید بودن آن است. در بررسی‌های به عمل آمده، کاربردی از روش مطلوبیت تجمعی ستاره در انتخاب تامین‌کننده مشاهده نشده است. در

[11] Rough Set
[12] Rezaei
[13] Cheraghalipour and Farsad
[14] Mixed Integer Linear Programming (MILP)
[15] Kannan
[16] Awasthi
[17] Rehman
[18] Laguna-Salvadó
[19] Humanitarian Supply Chains (HSC)
[20] Tirkolaee
[21] Fuzzy Analytical Network Process (F-ANP)
[22] Fuzzy TOPSIS
[23] Abdel-Baset
[24] VIKOR

شرکت کیان برج نیز به دلیل شرایط نقدینگی موجود، انتخاب تامین‌کننده از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. در حال حاضر در این شرکت فرآیند انتخاب تامین‌کننده در سه مرحله: شناسایی تامین‌کننده، آزمایش نمونه‌های ارسالی تامین‌کننده و استعلام قیمت از طریق کمیسیون معاملات در صورت اخذ تاییدیه فنی، انجام می‌شود. در این فرایند جهت ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده از یک فرم ارزیابی با سه معیار: حسن شهرت و اعتبار، دارا بودن گواهینامه ایزو ۹۰۰۰ [۲۵] و موقعیت جغرافیایی استفاده می‌شود. که از عمده مسائلی که این روش به دنبال دارد می‌توان به این موارد اشاره کرد: ۱) عدم جامع و مانع بودن معیارهای ارزیابی تامین‌کننده؛ ۲) نفوذ افراد غیر و ذینفع در زنجیره تامین و تاثیر بر روی انتخاب تامین‌کننده.

از این‌رو به دلیل اهمیت این موضوع برای تصمیم‌گیری منطقی برای خرید، باید روش‌های سیستماتیک را بکار برد. همچنین فرآیند تحلیل شبکه‌ای به‌عنوان ابزار تجزیه و تحلیل تصمیم برای حل مسائل چندمعیاره گزینش تأمین‌کننده که شامل وابستگی‌های درونی‌اند قابل استفاده است. مدل‌های خطی وزنی، ممکن است بعضی از فاکتورها و جنبه‌های کمی مربوط به انتخاب تامین‌کننده را مورد محاسبه قرار ندهد. برای رفع چنین محدودیتی، برنامه‌ریزی ریاضی، می‌تواند جایگزین مناسبی باشد. روش مطلوبیت تجمعی مجموعه‌ای از تکنیک‌هایی است که به ارزیابی و تحلیل تابع مطلوبیت تصمیم‌گیری می‌پردازد. این تکنیک اولین بار در سال ۱۹۸۰ توسط سیسکس مطرح گردید. از جمله کاربردهای تابع مطلوبیت تجمعی می‌توان در زمینه‌های مدیریت مالی، بازاریابی، مدیریت عمومی نام برد. روش مطلوبیت تجمعی ستاره مورد استفاده در این پژوهش مدل اصلاح شده این روش می‌باشد. این مدل امکان برآورد تابع مطلوبیت تصمیم‌گیرنده را فراهم می‌سازد و فقط به رتبه‌بندی اولیه گزینه‌ها نیاز دارد. همچنین به منظور اعتبار بیشتر مدل، تحلیل حساسیت پس از بهینگی انجام می‌شود. این مدل قادر است در حین برآورد تابع مطلوبیت مشکل وابستگی شاخص‌ها به یکدیگر را حل نماید. از معایب این روش می‌توان به محاسبات پیچیده آن اشاره نمود. روش دیگر مورد استفاده در این پژوهش که نیاز به معرفی دارد، تکنیک فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه فازی جهت وزن‌دهی به معیارها استفاده می‌شود. فرآیند تحلیل سلسله مراتبی توسط ساعتی در سال ۱۹۷۱ توسعه داده شد و هدفش ایجاد ساختار در تصمیم‌گیری‌هایی که تحت تاثیر چندین عامل مستقل هستند، بود. سپس تکنیک فرایند تجزیه و تحلیل شبکه توسط ساعتی مطرح شد که در حقیقت حالتی تعمیم یافته از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی است. در حالی که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی به ارائه چارچوبی با ارتباطات سلسله مراتبی یک سویه[۲۶] می‌پردازد، فرایند تجزیه و تحلیل شبکه ارتباطات درونی پیچیده‌تر بین سطوح تصمیم و نسبت‌ها را در نظر می‌گیرد و در مواقعی که وابستگی بین معیارهای انتخاب گزینه‌های ممکن، زیاد است بسیار مناسب می‌باشد. در رویکرد فرآیند تجزیه و تحلیل شبکه همراه با بازخور، شبکه‌ها جایگزین زنجیره شده است. در الگوریتم پیشنهادی، فرایند تجزیه و تحلیل شبکه فازی[۲۷] جهت تصمیم‌گیری گروهی و به منظور تعیین درجه اهمیت هر یک از شاخص‌های اولویت‌بندی به کار گرفته شده است. برای رتبه‌بندی گزینه‌ها (تأمین‌کنندگان پایدار) از روش ویکور فازی[۲۸] استفاده شده است. ویکور یک روش تصمیم‌گیری چند شاخصه توافقی است که توسط آپریکوویچ و زنگ توسعه یافت که بر مبنای روش برنامه ریزی خطی متریک[۲۹] توسعه یافته است.

۳- روش‌شناسی پژوهش

روش پژوهش کوششی نظام‌مند جهت دستیابی به هدف پژوهش است که دارای گام‌های مشخصی می‌باشد. اولین گام در تدوین روش تحقیق تعیین نوع آن است. نوع تحقیق براساس هدف، شیوه گردآوری داده‌ها و ماهیت آن تعیین می‌شود. دومین گام در تدوین روش تحقیق، بیان شیوه تجزیه و تحلیل داده‌ها است. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد پژوهشگر با استفاده از چه روش‌هایی داده‌های گردآوری شده را تحلیل خواهد کرد. همانطور که قبلا گفته شد، هدف مطالعه حاضر، مطلوبیت‌سنجی تامین‌کنندگان پایدار صنعت ساخت و ساز با یک رویکرد ترکیبی جدید در شرایط عدم قطعیت می‌باشد. در راستای تحقق هدف اصلی، پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی، شیوه گردآوری داده‌ها توصیفی- پیمایشی و ماهیت داده‌ها یک تحقیق آمیخته است. در روند تهیه و تولید داده‌ها ابتدا معیارهای تاثیرگذار بر انتخاب تامین‌کنندگان پایدار از مرور ادبیات استخراج و مورد تایید خبرگان قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از رویکرد ترکیبی

[1] ISO 9000
[26] Uni-directional
[27] Fuzzy Analytic Network Process
[28] Fuzzy VIKOR
[29] LP-metric

جدید بهره گرفته شده است. در روش ترکیبی پیشنهادی به ترتیب از ANP برای وزن‌دهی و اهمیت‌سنجی شاخص‌های تصمیم‌گیری و سپس از روش ویکور فازی برای رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم‌گیری و در نهایت از روش UTASTAR برای مطلوبیت‌سنجی تامین کنندگان پایدار صنعت ساخت و ساز پایدار استفاده شده است. در ادامه هر یک از مراحل رویکرد ترکیبی پیشنهادی به ترتیب توضیح داده شده است.

۳-۱- روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای

فرآیند شبکه تحلیلی (ANP) یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره است که برای شناسایی اولویت‌بندی معیارها استفاده می‌شوند. روش ANP توسط توماس ال ساعتی برای شناسایی اولویت‌های تصمیم‌گیری معیارها بدون ایجاد رابطه سلسله مراتبی یک طرفه بین سطوح تصمیم استفاده می‌شود. روش ANP شباهت زیادی به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی دارد. هر یک از روش‌ها بر اساس یک سری فرضیات بنا شده شده است. برای نمونه اگر معیارها مستقل از هم باشند و مقایسات زوجی امکان‌پذیر باشد مدل تصمیم‌گیری مناسب مدل AHPاست ولی اگر معیارها مستقل نباشند روش ANP بهتر است. روش تحلیل شبکه‌ای دارای ۴ گام است:۱) پایه‌ریزی مدل و ساختار مسئله؛ ۲) ماتریس مقایسات زوجی و بردارهای تقدم؛ ۳) تشکیل سوپر ماتریس؛ ۴) انتخاب بهترین شاخص تصمیم‌گیری [۳۵].

۳-۲- روش ویکور

روش ویکور، یک روش تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت رتبه‌بندی گزینه‌های مختلف به کار می‌رود و بیشتر برای حل مسائل گسسته کاربرد دارد. این روش بر مبنای راه حل‌های توافقی بر مبنای معیارهای متضاد می‌باشد. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اساس چند معیار به صورت مستقل ارزیابی می‌شوند و در نهایت گزینه‌ها بر اساس ارزش رتبه‌بندی می‌گردند. روش ویکور تمرکز بر رتبه‌بندی و انتخاب از بین یک مجموعه راه کار در مساله‌ای با داشتن معیارهای مخالف هدف‌گذاری شده است. نتایج نشان داده شده در روش ویکور لیست رتبه‌بندی توافقی به اضافه یک یا چند راه حل توافقی است. این روش دارای هفت مرحله است. این مراحل عبارتند از: ۱) تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری؛ ۲) نرمال‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری؛ ۳) تعیین بردار وزن معیارها و تشکیل ماتریس وزن‌دار؛ ۴) تعیین نقطه ایده آل مثبت و ضد ایده آل منفی؛ ۵) محاسبه مقادیر سودمندی (S) و تاسف (R) برای هر شاخص؛ ۶) محاسبه شاخص ویکور (Q) برای هر گزینه؛ ۷) مرتب کردن گزینه‌ها بر اساس S ، Q و R [۳۶].

۳-۳- روش مطلوبیت‌سنجی ستاره (UTASTAR)

برای اتخاذ بهترین تصمیم در تصمیم‌گیری چندمعیاره، تکنیک‌های مختلفی وجود دارد. روش UTA تکنیک‌هایی است که به ارزیابی و تحلیل تابع مطلوبیت تصمیم‌گیری می‌پردازد. این تکنیک اولین بار در سال توسط سیسکوس مطرح گردید [۳۷]. توابع مطلوبیت می‌توانند به ازای یک مقیاس مشترک بدون ابعاد برای تغییر ارزش‌های عملکردی خام و بررسی نشده گزینه‌ها در مقابل معیارهای مختلف، هم معیارهای مبتنی بر واقعیت (عینی، کیفی) و هم معیارهای مبتنی بر قضاوت (ذهنی، کمی) به اجرا درآیند. مطلوبیت‌ها برای تغییر دادن ارزش‌های عملکردی خام به کار می‌روند، بنابراین عملکردی که بیشتر ارجحیت داده می‌شود، ارزش مطلوبیت بالاتری را نیز کسب می‌کند. برای استخراج توابع مطلوبیت یا مدل‌های تصمیم از میان داده‌های گذشته و شناخته شده تصمیم‌گیری روش هایی معرفی شده اند، برای مثال ایجاد یک مجموعه از توابع ارزشی تجمعی، ارزیابی مطلوبیت غیر تجمعی، استخراج توابع مطلوبیت با استفاده از مناسب‌ترین مدل بهینه‌سازی غیر خطی. روش مطلوبیت تجمعی، یک روش برای استنتاج توابع مطلوبیت تجمعی از میان مجموعه‌ای از داده‌های گذشته تصمیم‌گیری می‌باشد [۳۸]. روش‌های مطلوبیت تجمعی همزمان امتیازهای تخصیص داده شده توسط تصمیم‌گیرندگان به مجموعه‌ای منتخب از گزینه‌ها (داده‌های تصمیم‌گیری شده) که مجموعه مرجع نامیده می‌شود و همچنین رتبه‌بندی گزینه‌ها از بهترین به بدترین گزینه و یا از گزینه‌ای با بیشترین به کمترین ارجحیت را به عنوان داده و یا ورودی دریافت می‌کنند. پس از دریافت ورودی‌ها روش‌های مطلوبیت تجمعی، تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی را به کار می‌گیرند تا یک مدل تصمیم‌گیری اختصاصی به فرم یک تابع مطلوبیت را برای تصمیم‌گیرنده استنتاج کنند که رتبه‌بندی ارائه شده برای گزینه‌ها را تا حد امکان کامل و دقیق دوباره بازآفرینی نماید. تابع مطلوبیت حاصل شده یک تابع حقیقی چند متغیره، چند جمله‌ای و با دامنه‌ای برابر با [۱و۰] می‌باشد که هر متغیر نشان‌دهنده امتیازهایی است که

نسبت به یک معیار مشخص و خاص به گزینه‌ها اعطا شده است. همچنین تابع مطلوبیت می‌تواند مطلوبیت گزینه‌هایی را که در مجموعه مرجع قرار ندارند را طبق امتیازهای داده شده ارزشیابی نماید. مطلوبیت‌ها می‌توانند برای رتبه‌بندی دیگر گزینه‌ها از بهترین به بدترین گزینه‌ها بکار گرفته شوند یا موثرترین وکارآمدترین گزینه، همچنین می‌توانند گزینه‌ها را در گروه‌هایی با مطلوبیت (ارزش) مشابه طبقه-بندی کنند. پس می‌توان گفت توابع مطلوبیت، ذهنیت‌های قبلی تصمیم‌گیرندگان را کاهش داده و کار آن‌ها را آسان‌تر می‌کند. هدف روش مطلوبیت تجمعی، استنتاج یا ارزیابی مدل‌های تصمیم‌گیری از میان داده‌های ارجحیت و یا تصمیمات گذشته به صورت فهرستی از گزینه‌های رتبه‌بندی شده می‌باشد [۳۸]. در ادبیات موضوع، این رویکرد را تفکیک ارجحیت می‌نامند. این فرایند در ابتدا با استفاده از توابع مطلوبیت غیر نزولی، جامع و نیز مستقل، مشکل مربوط به تصمیم‌گیری را به صورت مجموعه‌ای از معیارها تعریف، تعیین و مدل‌سازی می‌کند. سپس با استفاده از تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی ویژه از میان گزینه‌های رتبه بندی شده مجموعه مرجع یک تابع کلی مطلوبیت تجمعی و چندین تابع نسبی و محدود مطلوبیت جمعی را استنتاج می‌کند. همچنین به منظور اعتبار بیشتر مدل، تحلیل حساسیت پس از بهینگی انجام می‌شود. این مدل قادر است در حین برآورد تابع مطلوبیت مشکل وابستگی شاخص‌ها به یکدیگر را حل نماید [۳۹]. مراحل اجرای روش مورد نظر به صورت کامل در ادامه ارائه شده است [۴۰]:

مرحله اول: بیان مطلوبیت تجمعی گزینه‌ها $\tilde{u}[g(a_k)]\ ,\quad k=1,2,\dots,m$ براساس مقادیر مطلوبیت حاشیه‌ای (مرزی):
برای یک گزینه خاص مانند A، محدوده مقادیر مربوط به آن در ماتریس تصمیم به تعداد بازه مساوی تقسیم می‌شود، حال می‌بایست بازه‌ای را که مقدار $g_i(A)$ در آن قرار دارد مشخص نمود. در حقیقت، به منظور امکان پذیری تخمین توابع مطلوبیت (ارزشی) حاشیه‌ای، فرمی خطی قطعه‌ای پیشنهاد شده که همراه با عملیات برون‌یابی خطی انجام آن را ممکن می‌سازد. برای هر معیار، دامنه $[g_{i^*}, g_i^*]$ به تعداد $(\alpha_i - 1)$ برش همسان تقسیم شده و بنابراین مقدار عددی هر نقطه g_i^j با قابل محاسبه می‌باشند.

$$g_i^j = g_{i^*} + \frac{j-1}{a_i - 1}(g_i^* - g_{i^*}) \qquad \forall\ j = 1,2,\dots,a_i \tag{۱}$$

مرحله دوم: محاسبه مقدار ارزش حاشیه‌ای (مرزی): مقدار ارزش حاشیه‌ای (مرزی) هر گزینه a متعلق به دامنه $g_i(a) \in [g_i^j, g_i^{j+1}]$ با برون‌یابی خطی با استفاده از رابطه (۲) زیر قابل محاسبه است:

$$\tilde{u}_i[g_i(a)] = u_i(g_i^j) + \frac{\tilde{g}_i(a) - \tilde{g}_i^j}{g_i^{j+1} - g_i^j}[u_i(g_i^{j+1}) - u_i(g_i^j)] \tag{۲}$$

مرحله فوق برای تمامی گزینه اجرا شده و مقادیر حاشیه‌ای مرزی برای کلیه گزینه بیان می‌شود. براساس ارزش نهایی و سپس برحسب متغیرهای با استفاده از فرمول‌های زیر:

$$\begin{cases} u_i(g_i^j) = 0 & \forall i = 1,2,\dots,n \\ u_i(g_i^j) = \sum_{i=1}^{j-1} w_{ij} & \forall i = 1,2,\dots,n \quad \forall j = 2,3,\dots,\alpha_i - 1 \end{cases} \tag{۳}$$

$$w_{ij} = u[g_i^{j+1}] - u[g_i^j] \geq 0 \qquad \forall i = 1,2,\dots n \quad \forall j = 1,2,\dots,\alpha_i - 1 \tag{۴}$$

مرحله سوم: با توجه به دوتابع خطا σ^+ و σ^- برای مجوعه‌ی با توجه به هر جفت A_R پیشنهاد متوالی بعد از رتبه‌بندی (از بهترین به بدترین) رابطه‌ی زیر محاسبه می‌گردد:

$$\acute{u}[g(a)] = \sum_{i=1}^{n} u_i(g_i(a)) - \sigma^+(a) + \sigma^-(a), \tag{۵}$$
$$\forall a \in A_R$$

مرحله چهارم: گام سوم : محاسبه اختلاف بین زوج‌های متوالی

$$\acute{u}[g(a)] = \sum_{i=1}^{n} u_i(g_i(a)) - \sigma^+(a) + \sigma^-(a), \qquad \forall a \in A_R \tag{۶}$$

$$\tilde{\Delta}(a_k, a_{k+1}) = \tilde{u}[\tilde{g}(a_k)] - \sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k) - \tilde{u}[\tilde{g}(a_{k+1})] + \sigma^+(a_{k+1}) - \sigma^-(a_{k+1}) \tag{۷}$$

مرحله پنجم: مدل برنامه‌ریزی خطی فازی

$$[min]\tilde{z} = \sum_{k=1}^{m} [\tilde{\sigma}^+(a_k) + \tilde{\sigma}^-(a_k)] \tag{۷}$$

$$subject\ to:$$

$$\left.\begin{array}{ll} \tilde{\Delta}(a_k . a_{k+1}) \geq \delta & if \quad a_k \geq a_{k+1} \\ \tilde{\Delta}(a_k . a_{k+1}) = 0 & if \quad a_k \sim a_{k+1} \end{array}\right\} \ \forall\ k$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{a_i - 1} {w^c}_{ij=1}$$

$$w_{ij} \geq \tilde{0} \qquad \tilde{\sigma}^+(a_k) \geq \tilde{0} \ . \ \tilde{\sigma}^-(a_k) \geq \tilde{0} \quad \forall\ i.j\ \ and\ lk$$

درانتها به بررسی جواب‌های چندگانه یا نزدیک به بهینه با استفاده از برنامه خطی (۸) پرداخته می‌شود:

$$u_i(g_i^*) = \sum_{j=1}^{\alpha_i - 1} w_{ij} \ , \qquad \forall i = 1,2, \dots, n \tag{۸}$$

(آنالیز پایداری)، اگر پاسخ بهینه یگانه‌ای وجود نداشته باشد، باید میانگین جواب‌های نزدیک به بهینه را با استفاده از تابع هدف زیر و اضافه نمودن محدودیت جدید بهینه کرد:

$$\sum_{k=1}^{m} [\sigma^+(a_k) + \sigma^-(a_k)] \leq z^* + \varepsilon, \tag{۹}$$

دراین محدودیت z^*یک مقدار بهینه برای برنامه خطی مرحله سوم بوده و ε عدد بسیار کوچک مثبتی خواهد بود.

۴- مطالعه موردی: مسئله انتخاب تامین‌کننده پایدار در شرکت کیان برج ایران

شرکت کیان برج نیز به دلیل شرایط نقدینگی موجود، انتخاب تامین‌کننده پایدار از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. در حال حاضر در این شرکت فرآیند انتخاب تامین‌کننده پایدار در سه مرحله: شناسایی تامین‌کننده، آزمایش نمونه‌های ارسالی تامین‌کننده و استعلام قیمت از طریق کمیسیون معاملات در صورت اخذ تاییدیه فنی انجام می‌شود. در این فرایند جهت ارزیابی و انتخاب تامین‌کننده از یک فرم ارزیابی با سه معیار: حسن شهرت و اعتبار، دارا بودن گواهینامه ایزو ۹۰۰۰ و موقعیت جغرافیایی استفاده می‌شود. که از عمده مسائلی که این روش به دنبال دارد می‌توان به این موارد اشاره کرد:

۱) عدم جامع و مانع بودن معیارهای ارزیابی تامین‌کننده
۲) نفوذ افراد غیر و ذینفع در زنجیره تامین و تاثیر بر روی انتخاب تامین‌کننده

از این‌رو به دلیل اهمیت این موضوع برای تصمیم‌گیری منطقی برای خرید، باید روش‌های سیستماتیک را بکار برد. روش مطلوبیت تجمعی مجموعه‌ای از تکنیک‌هایی است که به ارزیابی و تحلیل تابع مطلوبیت تصمیم‌گیری می‌پردازد. به منظور دستیابی به هدف اصلی و اجرای یک مدل تصمیم‌گیری معنادار مراحل زیر انجام شد:

مرحله اول: تشکیل تیم ارزیابی و شناسایی معیارهای تصمیم‌گیری: در اولین مرحله، مجموعه کاملی معیارهای موثر در انتخاب تامین‌کننده پایدار از پژوهش‌های صورت گرفته توسط رعیت پیشه و همکاران [۴۱]، چراغی پور و فرشاد [۲۷]، حسینی و همکاران[۱۳]، چهاسوقی و اشرفی [۱] و مصاحبه با خبرگان استخراج می‌شود. سپس، معیارهای مستخرج از ادبیات موضوع با استفاده از روش طوفان فکری توسط تیم ارزیابی مورد غربالگری قرار گرفتند. در این پژوهش، تیم ارزیابی شامل خبرگان شاغل در پروژه معرفی شده از سوی شرکت بوده چراکه لازم است مدیر یا کارشناس مورد پرسش، اطلاعات کافی در مورد شرایط انتخاب تامین کننده را داشته باشد. براین اساس، به علت غیرتصادفی بودن انتخاب خبرگان، افراد مورد نظر به صورت هدفمند در این حوزه انتخاب شدند. بدین منظور بعد از برگزاری جلسات طوفان فکری معیارهای نهایی برای انتخاب تامین کننده پایدار شناسایی شدند که در جدول ۲ به صورت کامل ارائه شده است.

جدول۲: معیارهای منتخب.

کد معیار	معیار
C1	عدم پذیرش مواد معدوم
C2	هزینه (قیمت)
C3	زمان تحویل
C4	کنترل آلودگی
C5	میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر
C6	کنترل مصرف منابع
C7	تعامل جوامع محلی
C8	رضایت مشتریان
C9	سلامت و امنیت
C10	انعطاف پذیزی
C11	استفاده از فناوری پاک

مرحله دوم: وزن‌دهی و اهمیت‌سنجی شاخص‌های تصمیم‌گیری

جدول۳: وزن‌دهی و اهمیت‌سنجی شاخص‌های تصمیم‌گیری.

کد معیار	معیار	وزن معیارها	دیفازی
C1	عدم پذیرش مواد معدوم	(۰/۱۳۱، ۰/۰۹، ۰/۰۵)	۰/۱۰۰۱۲۵
C2	هزینه (قیمت)	(۰/۰۷، ۰/۰۴، ۰/۰۱)	۰/۰۵۵
C3	زمان تحویل	(۰/۸، ۰/۳، ۰/۱)	۰/۴۷۵
C4	کنترل آلودگی	(۰/۱۲، ۰/۰۹، ۰/۰۵)	۰/۱۰۷۵
C5	میزان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر	(۰/۱، ۰/۰۶، ۰/۰۱)	۰/۰۸۲۵
C6	کنترل مصرف منابع	(۰/۰۷، ۰/۰۲، ۰)	۰/۰۳۷۵
C7	تعامل جوامع محلی	(۰/۱، ۰/۰۵، ۰/۰۱)	۰/۰۷۲۵
C8	رضایت مشتریان	(۰/۵۳، ۰/۱۳، ۰/۰۷)	۰/۲۴۵
C9	سلامت و امنیت	(۰/۱۱، ۰/۰۷، ۰/۰۲)	۰/۰۹۲۵
C10	انعطاف پذیزی	(۰/۵۲، ۰/۱۱، ۰/۰۷)	۰/۲۲۲۵
C11	استفاده از فناوری پاک	(۰/۰۷، ۰/۰۴، ۰/۰۱)	۰/۰۵۵

مرحله سوم: تشکیل مجموعه مرجع از گزینه‌های رتبه‌بندی شده: در این مرحله به کمک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری به رتبه‌بندی گزینه‌های منتخب پرداخته می‌شود. از این رو، در پژوهش حاضر از تکنیک ویکور استفاده است. نتایج رتبه‌بندی در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول۴: رتبه‌بندی گزینه‌های منتخب.

کد گزینه	نام گزینه	رتبه
A1	تامین‌کننده ۱	۴
A2	تامین‌کننده ۲	۵
A3	تامین‌کننده ۳	۲
A4	تامین‌کننده ۴	۶
A5	تامین‌کننده ۵	۱
A6	تامین‌کننده ۶	۳

مرحله چهارم: حل مسئله در مدل توسعه یافته مطلوبیت تجمعی ستاره فازی: در این مرحله به توسعه مدل مطلوبیت تجمعی ستاره در حالت فازی پرداخته می‌شود و نتایج بدست آمده با مدل‌های پیشین مقایسه می‌گردد. مدل توسعه یافته پیش رو همانند دیگر مدل‌های مطلوبیت تجمعی ستاره به یک ماتریس تصمیم و یک رتبه‌بندی اولیه برای شروع محاسبات نیازمند است. رتبه‌بندی اولیه حاصل از روش ویکور فازی در جدول۴ و ماتریس تصمیم فازی در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول۵: ماتریس تصمیم فازی.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
A1	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)
A2	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)
A3	(۰/۹ ،۱،۱)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۹ ،۱،۱)	(۰/۹ ،۱،۱)
A4	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۹ ،۱،۱)
A5	(۰/۹ ،۱،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۹ ،۱،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۹ ،۱،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۹ ،۱،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)
A6	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۹ ،۱،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)	(۰ ،۰/۱ ،۰/۳)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۷ ،۰/۹ ،۱)	(۰/۳ ،۰/۵ ،۰/۷)

برش‌های مربوط به بازه هر یک از معیارها با توجه به رابطه (۱) به شرح زیراست:

$[g_{1^*}, g_1^*]$=[۰/۳ ،۰/۶۵ ،۱]

$[g_{2^*}, g_2^*]$ =[۱،۰/۵ ،۰]

$[g_{3^*}, g_3^*]$ =[۱،۰/۵ ،۰]

$[g_{4^*}, g_4^*]$ =[۰/۳ ،۰/۶۵ ،۱]

$[g_{5^*}, g_5^*]$ =[۰/۳ ،۰/۶۵ ،۱]

$[g_{6^*}, g_6^*]$ =[۰،۰/۵ ،۱]

$[g_{7^*}, g_7^*]$ =[۰،۰/۵ ،۱]

$[g_{8^*}, g_8^*]$ =[۱،۰/۵ ،۰]

$[g_{9^*}, g_9^*] = [۰،۰/۵ ،۱]$

$[g_{10^*}, g_{10}^*] = [۰/۳ ،۰/۶۵ ،۱]$

$[g_{11^*}, g_{11}^*] = [۰/۳ ،۰/۶۵ ،۱]$

گام دوم: بیان مطلوبیت تجمعی گزینه‌ها براساس مقادیر مطلوبیت حاشیه‌ای: برای نشان دادن مراحل محاسبه به عنوان مثال برای گزینه A5 کلیه مراحل محاسبات در ادامه نشان داده می‌شود و برای اجتناب از طولانی شدن بحث برای سایر گزینه تنها نتایج مشابه ارائه می‌گردد. در نهایت نتایج به تشکیل ساختار برنامه‌ریزی خطی منجر می‌شود که با حل آن می‌توان به رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس تابع مطلوبیت کلی گزینه دست یافت.

گام سوم: بیان مقادیر مطلوبیت حاشیه‌ای براساس متغیرهای W_{ij}

براساس رابطه (۴) داریم:

$$[g_{1^*}, g_1^*] = [0.3,0.65,1] \Longrightarrow [0.3,0.65] , [0.65,1]$$

$$\tilde{u}_1\ [g_1(A3)] = (0,0,0.29)\mathrm{u}_1(0.65)+(0.71,1,1)\mathrm{u}_1(1)=(0,0,0.29)\mathrm{u}_1(\mathrm{g}_1^2)+(0.71,1,1)\mathrm{u}_1(\mathrm{g}_1^3)$$

درحالیکه:

$$u_i(g_1^2) = \sum_{i=1}^{2-1} w_{i1} = \sum_{i=1}^{1} w_{11} = w_{11} \quad \text{و} \quad u_i(g_1^3) = \sum_{i=1}^{3-1} w_{i1} = \sum_{i=1}^{2} w_{i1} = w_{11} + w_{12}$$

پس داریم:

$$\tilde{u}_1\ [g_1(A3)] = (0,0,0.29)w_{11} + (0.71,1,1)(w_{11} + w_{12}) = (0.71,1,1.29)w_{11} + (0.71,1,1)w_{12}$$

بطور مشابه مراحل فوق برای مقدار هر معیار مربوط به گزینه A3 تکرار می‌شود که نتیجه آن بصورت مجموع این مقادیر برای گزینه A3 و سایر گزینه‌ها بصورت جدول زیر خواهد بود. طبق رابطه (۶) مقادیر کلی مطلوبیت حاشیه‌ای (مرزی) هر گزینه و مقادیر کلی مطلوبیت حاشیه‌ای هر گزینه، براساس متغیرهای wij نشان داده شده است.

گام چهارم: محاسبه تابع خطای مثبت دوبل: تابع خطای مثبت دوبل طبق رابطه (۶) صورت زیر است:

$$\tilde{U}'[g(A1)] = \sum_{i=1}^{n} u_i[g_i(A1)] - \sigma^+(A1) + \sigma^-(A1)$$

$$\tilde{U}'[g(A2)] = \sum_{i=1}^{n} u_i[g_i(A2)] - \sigma^+(A2) + \sigma^-(A2)$$

$$\tilde{U}'[g(A3)] = \sum_{i=1}^{n} u_i[g_i(A3)] - \sigma^+(A3) + \sigma^-(A3)$$

$$\tilde{U}'[g(A4)] = \sum_{i=1}^{n} u_i[g_i(A4)] - \sigma^+(A4) + \sigma^-(A4)$$

$$\tilde{U}'[g(A5)] = \sum_{i=1}^{n} u_i[g_i(A5)] - \sigma^+(A5) + \sigma^-(A5)$$

$$\tilde{U}'[g(A6)] = \sum_{i=1}^{n} u_i[g_i(A6)] - \sigma^+(A6) + \sigma^-(A6)$$

گام پنجم: محاسبه اختلاف بین زوج‌های متوالی: بنابر رابطه (۷) داریم:

$$\tilde{\Delta}(A5,A3) = \tilde{u}[g(A5)] - \sigma^{+}(A5) + \sigma^{-}(A5) - \tilde{u}[g(A3)] + \sigma^{+}(A3) - \sigma^{-}(A3)$$
$$= (-1.29,0,1.29)w_{51} + (0.7,1,1)w_{52} + (-0.2,0.8,1)w_{71} + (0.4,0.8,1)w_{72} + (-1,-1,-0.8)w_{81} + (-0.4,-0.8,1)w_{91} + (-1.15,0,1.16)w_{11.1} + (-0.86,-0.29,0.29)w_{11.2} - \sigma^{+}(A5) + \sigma^{-}(A5) + \sigma^{+}(A3) - \sigma^{-}(A3)$$

$$\tilde{\Delta}(A3,A6) = \tilde{u}[g(A3)] - \sigma^{+}(A3) + \sigma^{-}(A3) - \tilde{u}[g(A6)] + \sigma^{+}(A6) - \sigma^{-}(A6)$$
$$= (0.71,1,1.29)w_{11} + (-0.43,0.43,1)w_{12} + (0.6,0,0.6)w_{21} + (0.4,0.8,1)w_{31} + (-0.2,0.2,0.6)w_{32} + (-1.86,-0,0.86)w_{51} + (-1,-0.71,-1.14)w_{52} + (-0.6,0,0.6)w_{61} + (-1,-0.8,-0.4)w_{62} + (-1,-0.8,-0.4)w_{71} + (-1.6,-1,-0.4)w_{81} + (-1,-0.8,-0.4)w_{82} + (-1.6,-0.8,0.2)w_{91} + (-1,-0.8,-0.4)w_{92} + (-1.6,0,1.15)w_{10.1} + (-0.29,0.29,0.86)w_{10.2} + (-0.43,0.43,1.29)w_{11.1} + (0.7,1,1)w_{11.2} - \sigma^{+}(A3) + \sigma^{-}(A3) + \sigma^{+}(A6) - \sigma^{-}(A6)$$

$$\tilde{\Delta}(A6,A1) = \tilde{u}[g(A6)] - \sigma^{+}(A6) + \sigma^{-}(A6) - \tilde{u}[g(A1)] + \sigma^{+}(A1) - \sigma^{-}(A1)$$
$$= (-1.86,-0.7,0)w_{11} + (-1,-0.14,1)w_{12} + (-1.6,0,0.6)w_{21} + (-1,-0.8,-0.4)w_{31} + (-1.6,-1,-0.2)w_{32} + (-1,-0.8,-0.4)w_{33} + (-1.86,-0.43,1)w_{42} + (-1,-0.71,-1.14)w_{43} + (-0.86,0,0.6)w_{52} + (-0.2,0.8,1.6)w_{61} + (0.4,0.8,1)w_{62} + (-1.6,-1,-0.4)w_{71} + (-1,-0.8,-0.4)w_{72} + (-0.2,0.8,1.6)w_{81} + (0.4,0.8,1)w_{82} + (-0.2,0.8,1.6)w_{91} + (0.4,0.8,1)w_{92} - \sigma^{+}(A6) + \sigma^{-}(A6) + \sigma^{+}(A1) - \sigma^{-}(A1)$$

$$\tilde{\Delta}(A1,A2) = \tilde{u}[g(A1)] - \sigma^{+}(A1) + \sigma^{-}(A1) - \tilde{u}[g(A2)] + \sigma^{+}(A2) - \sigma^{-}(A2)$$
$$= (0,0.7,1.86)w_{11} + (-1,0.13,1)w_{12} + (0.2,0.8,1.6)w_{21} + (0.4,0.8,1)w_{31} + (-0.2,0.8,1.6)w_{32} + (0.4,0.8,1)w_{33} + (-1,-0.8,-0.4)w_{61} + (-1.6,-0.8,0.2)w_{91} + (-1,-0.8,-0.4)w_{92} + (-1,0.43,1.86)w_{10.1} + (0.14,0.71,1)w_{10.2} + (-1.86,-0.43,1)w_{11.1} + (-1,-0.71,-0.14)w_{11.2} - \sigma^{+}(A1) + \sigma^{-}(A1) + \sigma^{+}(A2) - \sigma^{-}(A2)$$

$$\tilde{\Delta}(A2,A4) = \tilde{u}[g(A2)] - \sigma^{+}(A2) + \sigma^{-}(A2) - \tilde{u}[g(A4)] + \sigma^{+}(A4) - \sigma^{-}(A4)$$
$$= (-2,-0.43,1.14)w_{12} + (0,0.2,0.6)w_{32} + (-1.6,-1,-0.4)w_{61} + (-1,-0.8,-0.4)w_{62} + (-0.6,0,0.6)w_{91} + (0.4,0.8,1)w_{92} + (-1.86,-0.43,1)w_{10.1} + (-1,-0.71,-0.14)w_{10.2} + (0.71,1,1.29)w_{11.1} + (0.71,1,1)w_{11.2} - \sigma^{+}(A2) + \sigma^{-}(A2) + \sigma^{+}(A4) - \sigma^{-}(A4)$$

گام ششم: حل مدل برنامه‌ریزی خطی فازی: طبق رابطه (۸) و (۹) داریم:

$$\min \tilde{z} = \sum_{k=1}^{m} [\tilde{\sigma}^{+}(a_k) + \tilde{\sigma}^{-}(a_k)]$$

subject to:

$$(-1.29,0,1.29)w_{51} + (0.7,1,1)w_{52} + (-0.2,0.8,1)w_{71} + (0.4,0.8,1)w_{72} + (-1,-1,-0.8)w_{81} + (-0.4,-0.8,1)w_{91} + (-1.15,0,1.16)w_{11.1} + (-0.86,-0.29,0.29)w_{11.2} - \sigma^{+}(A5) + \sigma^{-}(A5) + \sigma^{+}(A3) - \sigma^{-}(A3) \geq \tilde{\delta}$$

$$(0.71,1,1.29)w_{11} + (-0.43,0.43,1)w_{12} + (0.6,0,0.6)w_{21} + (0.4,0.8,1)w_{31} + (-0.2,0.2,0.6)w_{32} + (-1.86,-0,0.86)w_{51} + (-1,-0.71,-1.14)w_{52} + (-0.6,0,0.6)w_{61} + (-1,-0.8,-0.4)w_{62} + (-1,-0.8,-0.4)w_{71} + (-1.6,-1,-0.4)w_{81} + (-1,-0.8,-0.4)w_{82} + (-1.6,-0.8,0.2)w_{91} + (-1,-0.8,-0.4)w_{92} + (-1.6,0,1.15)w_{10.1} + (-0.29,0.29,0.86)w_{10.2} + (-0.43,0.43,1.29)w_{11.1} + (0.7,1,1)w_{11.2} - \sigma^{+}(A3) + \sigma^{-}(A3) + \sigma^{+}(A6) - \sigma^{-}(A6) \geq \tilde{\delta}$$

$$(-1.86,-0.7,0)w_{11} + (-1,-0.14,1)w_{12} + (-1.6,0,0.6)w_{21} + (-1,-0.8,-0.4)w_{31} + (-1.6,-1,-0.2)w_{32} + (-1,-0.8,-0.4)w_{33} + (-1.86,-0.43,1)w_{42} + (-1,-0.71,-1.14)w_{43} + (-0.86,0,0.6)w_{52} + (-0.2,0.8,1.6)w_{61} + (0.4,0.8,1)w_{62} + (-1.6,-1,-0.4)w_{71} + (-1,-0.8,-0.4)w_{72} + (-0.2,0.8,1.6)w_{81} + (0.4,0.8,1)w_{82} + (-0.2,0.8,1.6)w_{91} + (0.4,0.8,1)w_{92} - \sigma^{+}(A6) + \sigma^{-}(A6) + \sigma^{+}(A1) - \sigma^{-}(A1) \geq \tilde{\delta}$$

$$(0,0.7,1.86)w_{11} + (-1,0.13,1)w_{12} + (0.2,0.8,1.6)w_{21} + (0.4,0.8,1)w_{31} + (-0.2,0.8,1.6)w_{32} + (0.4,0.8,1)w_{33} + (-1,-0.8,-0.4)w_{61} + (-1.6,-0.8,0.2)w_{91} + (-1,-0.8,-0.4)w_{92} + (-1,0.43,1.86)w_{10.1} + (0.14,0.71,1)w_{10.2} + (-1.86,-0.43,1)w_{11.1} + (-1,-0.71,-0.14)w_{11.2} - \sigma^{+}(A1) + \sigma^{-}(A1) + \sigma^{+}(A2) - \sigma^{-}(A2) \geq \tilde{\delta}$$

$$(-2,-0.43,1.14)w_{12} + (0,0.2,0.6)w_{32} + (-1.6,-1,-0.4)w_{61} + (-1,-0.8,-0.4)w_{62} + (-0.6,0,0.6)w_{91} + (0.4,0.8,1)w_{92} + (-1.86,-0.43,1)w_{10.1} + (-1,-0.71,-0.14)w_{10.2} + (0.71,1,1.29)w_{11.1} + (0.71,1,1)w_{11.2} - \sigma^{+}(A2) + \sigma^{-}(A2) + \sigma^{+}(A4) - \sigma^{-}(A4) \geq \tilde{\delta}$$

$$w_{11} + w_{12} + w_{21} + w_{31} + w_{32} + w_{33} + w_{41} + w_{42} + w_{43} + w_{51} + w_{52} + w_{61} + w_{62} + w_{71} + w_{72} + w_{81} + w_{82} + w_{91} + w_{92} + w_{10.1} + w_{10.2} + w_{11.1} + w_{11.2} = 1$$

$$w_{ij} \geq \tilde{0} \quad , \quad \tilde{\sigma}^{+}(a_k) \geq \tilde{0} \quad , \quad \tilde{\sigma}^{-}(a_k) \geq \tilde{0} \quad \forall \ i,j \ \ and \ k, \ \ \tilde{\delta} = (0.05,0.05,0.05)$$

گام هفتم: حل مدل برنامه‌ریزی خطی با استفاده از نرم‌افزار و مقایسه نتایج: در این مرحله با استفاده از نرم افزار DS مدل را حل نموده و نتایج به شرح زیر حاصل گردید:

جدول۶: خروجی نرم‌افزار DS.

Z^*	w_{11}	w_{52}	w_{61}	w_{62}	w_{71}	$w_{11.2}$
0	۰/۳۱۰	۰/۰۰۷	۰/۲۲۸	۰/۳۰۶	۰/۰۹۸	۰/۰۵۲

جدول۷: ارزش کلی هر یک از معیارها و مقایسه با رتبه بندی اولیه و مدل کلاسیک.

گزینه	A1	A2	A3	A4	A5	A6
ارزش کلی در مدل مطلوبیت تجمعی ستاره فازی	۰/۴۱	۰/۳۶	۰/۵۱	۰/۳۳	۰/۷۱	۰/۴۶
رتبه نسبت به ارزش متناظر مطلوبیت تجمعی ستاره فازی	۴	۵	۲	۶	۱	۳
رتبه اولیه حاصل از روش ویکور فازی	۴	۵	۲	۶	۱	۳

نتایج پژوهش حاضر، با نتایج رتبه‌بندی روش‌های کلاسیک مقایسه گردید. بنابر نتیجه حاصل در جدول فوق و برابری ترتیب رتبه گزینه‌ها نسبت به ارزش متناظر آن‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که نتایج حاصل از توسعه مدل مطلوبیت تجمعی ستاره در محیط فازی با سایر مدل‌های کلاسیک و تصمیم‌گیری چندشاخصه فازی برابر است. همچنین توانسته نتایج قابل اعتمادتر و سازگارتری ارائه دهد چراکه در روش‌های کلاسیک فقط رتبه‌بندی ارائه شده است؛ اما در روش معرفی شده علاوه بر رتبه‌بندی میزان مطلوبیت هر گزینه هم مشخص گردیده است. همانطور که در جدول ۷ مشخص است رتبه یک مرتبط با تامین کننده A5 می‌باشد که در نظر تصمیم‌گیرنده در حالت عادی بهترین شرایط را برخوردار است ولی با بررسی نتایج مشخص شد که میزان مطلوبیت این گزینه ۰/۷۱ است و هنوز تا مطلوبیت کامل مقداری فاصله دارد. بنابرین به صورت محتاطانه و دقیق‌تر به تصمیم‌گیری می‌پردازد. در ادامه به منظور بررسی همبستگی نتایج از روش ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده گردید. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی بین نتایج رویکرد ترکیبی پیشنهادی با روش‌های ویکور فازی برابر یک هست که می‌توان نشان داد بین نتایج بدست آمده همبستگی بالایی وجود دارد و روش پیشنهادی جهت مطلوبیت‌سنجی تامین‌کنندگان پایدار صنعت ساخت و ساز بسیار پایدار و توانسته در بهبود روش‌های کلاسیک گام موثرتری بردارد.

۵- بحث پیرامون یافته‌های تحقیق

پژوهش حاضر به ارائه یک رویکرد ترکیبی جدید در شرایط عدم قطعیت به منظور مطلوبیت‌سنجی تامین‌کنندگان پایدار صنعت ساخت و ساز پرداخته است. رویکرد ترکیبی جدید، ضمن گرفتن کمترین اطلاعات از تصمیم‌گیرنده قادر است مطلوب‌ترین گزینه را برای تصمیم‌گیرنده ارائه دهد. با به دست آوردن تابع مطلوبیت می‌توان میزان مطلوبیت هر تامین کننده را محاسبه نمود و این که حل مدل در ابعاد وسیع نیازمند به محاسبات پیچیده دارد. می‌توان با نرم افزاری محاسبات پیچیده را تسهیل نمود. باید توجه داشت که رتبه‌بندی گزینه‌های مرجع باید به دقت انجام گیرد تا تابع مطلوبیت به دست آمده کارایی لازم را داشته باشد. بنابر نتیجه حاصل در جدول ۷ می‌توان نتیجه گرفت که نتایج حاصل از توسعه مدل مطلوبیت تجمعی ستاره در شرایط عدم قطعیت در راستای دستیابی به سه هدف عمده زیر می‌باشد:

الف) انتخاب مناسب‌ترین گزینه: زمانی که فرد تصمیم‌گیرنده دو یا چند تأمین‌کننده پایدار را مدنظر دارد و می‌خواهد بداند با توجه به شاخص‌های تأمین‌کننده پایدار که برای وی دارای اهمیت است، کدام یک از این تأمین‌کننده‌ها می‌توانند به عنوان بهترین تأمین‌کننده پایدار برای شرکت باشند. در این مرحله کاربر اطلاعات مورد نیاز در مورد تأمین‌کنندگان را وارد نموده و مدل بهترین و مناسب‌ترین تأمین‌کننده را به وی معرفی می‌نماید. بر این اساس، با توجه به تحلیل‌های مندرج در جدول ۷ مشخص گردید که گزینه A5 با داشتن

مطلوبیت ۰/۷۱ به عنوان مطلوبیت‌ترین و مناسب‌ترین گزینه انتخاب شرکت ساخت و ساز می‌باشد و هنوز تا مطلوبیت کامل مقداری فاصله دلرد. بنابرین به صورت محتاطانه و دقیق‌تر به تصمیم‌گیری می‌پردازد.

ب) نتیجه‌گیری در مورد یک تأمین‌کننده خاص: چنانچه فرد تصمیم‌گیرنده به دنبال اتخاذ این تصمیم باشد که یک تأمین‌کننده تا چه حد می‌تواند تأمین‌کننده مناسبی برای شرکت باشد، این مدل آن را مشخص می‌نماید. به عبارت دیگر مدل یک سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری ارائه می‌نماید که به کمک آن می‌توان مطلوبیت هر تأمین‌کننده را برآورد نمود. در واقع در این جا، با انجام محاسبات گسترده و پیچیده، تصمیم‌گیرنده می‌تواند در مورد یک تامین کننده خاص تصمیم قطعی بگیرد. همانطور که نتایج مشخص است گزینه A5 به عنوان مطلوب‌ترین گزینه تصمیم‌گیری می‌باشد ولی در صورت نبودن شرایط می‌توان از گزینه‌های دیگر همچون A3 ، A6، A1 استفاده کرد. سایر گزینه‌ها به دلیل مطلوبیت پائین مناسب تصمیم‌گیری و انتخاب برای شرکت ساخت و ساز نیستند.

ج) بهبود روش کلاسیک تصمیم‌گیری پیرامون ارزیابی و انتخاب تامین کنندگان: به منظور بررسی همبستگی نتایج، از روش ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده گردید. نتایج نشان داد که ضریب همبستگی بین نتایج رویکرد ترکیبی پیشنهادی با روش‌های ویکور فازی برابر یک هست که می‌توان نشان داد بین نتایج بدست آمده همبستگی بالایی وجود دارد و روش پیشنهادی جهت مطلوبیت‌سنجی تامین‌کنندگان پایدار صنعت ساخت و ساز بسیار پایدار و توانسته در بهبود روش‌های کلاسیک گام موثرتری بردارد.

۶- نتیجه‌گیری

اجرای رویکرد ترکیبی پیشنهادی منجر به نتایج مهم ذیل گردید که در ادامه به ترتیب آورده شده است:

۱) شناسایی و غربالگری ۱۱ شاخص تصمیم‌گیری پیرامون انتخاب تامین‌کنندگان پایدار در صنعت ساخت و ساز که در جدول ۲ ارائه شده است.

۲) اجرای فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP): اجرای فرآیند تحلیل شبکه‌ای منجر به اهمیت‌سنجی شاخص‌های تصمیم‌گیری گردید. بدین ترتیب مشخص گردید که شاخص زمان تحویل، رضایت مشتریان، انعطاف‌پذیری، کنترل آلودگی هوا و عدم پذیرش مواد معدوم به ترتیب مهم‌ترین شاخص‌های تصمیم‌گیری هستند.

۳) اجرای روش ویکور فازی: در ادامه از تکنیک ویکور به منظور رتبه‌بندی و ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری بکار گرفته شد. نتایج روش ویکور فازی منجر به تمرکز بر رتبه‌بندی و انتخاب از بین یک مجموعه راه کار در مساله‌ای با داشتن معیارهای مختلف هدف‌گذاری شد. نتایج روش ویکور منجر به یک لیست رتبه‌بندی توافقی به اضافه یک یا چند راه حل توافقی گردید چراکه روش ویکور به دلیل استفاده از توافق جمعی، از بهینه‌سازی بهتری در تصمیم‌گیری‌ها برخوردار است که این موضوع برتری این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است. همچنین نتایج منجر به معرفی و انتخاب بهترین گزینه می‌گردد. بر این اساس همانطور در جدول ۷ مشخص است گزینه‌های A5، A3، A6 به عنوان بهترین رتبه کاندیدای انتخاب تامین کننده پایدار در صنعت ساخت و ساز در شرکت مورد مطالعه بوده‌اند.

۴) در نهایت، با بکارگیری رویکرد مطلوبیت تجمعی ستاره (UTASTAR) به تخمین مطلوبیت رتبه کاندیدای تامین‌کنندگان منتخب در صنعت ساخت مورد مطالعه پرداخته شد و نتایج منجر به ارزیابی و مطلوبیت‌سنجی تامین‌کنندگان پایدار شرکت مورد مطالعه گردید و شرکت با اطمینان بیشتری به انتخاب تامین‌کنندگان خواهد پرداخت.

منابع

[1] Ashrafi, M; and Chaharsoghi, Kamal. (2014). Sustainable supplier selection and order allocation with modified benders decomposition. *Journal of Advanced Mathematical Modeling*, *3*(2), 81-102.
[2] Ardavan, M. (2014). EMI risk assessment in a hospital ward with roaming wireless transmitters (Doctoral dissertation, Concordia University).
[3] Shahvand, E., Sebt, M. H., & Banki, M. T. (2014). Supply Chain Management Improvement through Value Engineering Approach in the Construction Industry. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, *45*(2), 31-40. doi: 10.22060/ceej.2014.308
[4] Zingbagba, M., Nunes, R., & Fadairo, M. (2020). The impact of diesel price on upstream and downstream food prices: Evidence from São Paulo. Energy Economis, 85, 104531.
[5] Nimsai, S., Yoopetch, C., & Lai, P. (2020). Mapping the knowledge base of sustainable supply chain management: A bibliometric literature review. Sustainability, 12(18), 7348.
[6] Cantelmi, R., Di Gravio, G., & Patriarca, R. (2020). Learning from Incidents: A Supply Chain Management Perspective in Military Environments. *Sustainability*, *12*(14), 5750.
[7] Muhammad, N., Fang, Z., Shah, S. A. A., Akbar, M. A., Alsanad, A., Gumaei, A., & Solangi, Y. A. (2020). A hybrid multi-criteria approach for evaluation and selection of sustainable suppliers in the avionics industry of Pakistan. Sustainability, 12(11), 4744.
[8] Institue, P. (2017). A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)-(ENGLISH). Project Management Institute.
[9] Kumar, N., et al. (2010). "Reforging construction supply chains: : a source selection perspective." Journal of Retailing 86(2): 148-158.
[10] Kannan, D. 2018. "Role of multiple stakeholders and the critical success factor theory for the sustainable supplier selection process". *International Journal of Production Economics*, 195, 391-418.
[11] Aal, S. I. A. (2024). A Multi-Criteria Decision Making Model for Sustainable and Resilient Supplier Selection and Management. *Neutrosophic Systems with Applications*, *15*, 33-45.
[12] Singh, R. R., Zindani, D., & Maity, S. R. (2024). A Novel Fuzzy-Prospect Theory Approach for Hydrogen Fuel Cell Component Supplier Selection for Automotive Industry. *Expert Systems with Applications*, 123142.
[13] Hoseini, S. A., Fallahpour, A., Wong, K. Y., Mahdiyar, A., Saberi, M., & Durdyev, S. (2021). Sustainable Supplier Selection in Construction Industry through Hybrid Fuzzy-Based Approaches. Sustainability, 13(3), 1413.
[14] Arabsheybani, A., Paydar, M. M., & Safaei, A. S. (2018). An integrated fuzzy MOORA method and FMEA technique for sustainable supplier selection considering quantity discounts and supplier's risk. Journal of cleaner production, 190, 577-591.
[15] Goyal, S., Routroy, S., & Shah, H. (2018). Measuring the environmental sustainability of supply chain for Indian steel industry: a graph theoretic approach. Business Process Management Journal.
[16] Končar, J., Grubor, A., Marić, R., Vučenović, S., & Vukmirović, G. (2020). Setbacks to IoT implementation in the function of FMCG supply chain sustainability during COVID-19 pandemic. Sustainability, 12(18), 7391.
[17] Sánchez-Flores, R. B., Cruz-Sotelo, S. E., Ojeda-Benitez, S., & Ramírez-Barreto, M. E. (2020). Sustainable supply chain management: A literature review on emerging economies. *Sustainability*, *12*(17), 6972.
[18] Tokbolat, S., Karaca, F., Durdyev, S., & Calay, R. K. (2020). Construction professionals' perspectives on drivers and barriers of sustainable construction. Environment, Development and Sustainability, 22(5), 4361-4378.
[19] Carter, C. R., & Washispack, S. (2018). Mapping the path forward for sustainable supply chain management: a review of reviews. Journal of Business Logistics, 39(4), 242-247.
[20] Muhammad, N., Fang, Z., Shah, S. A. A., Akbar, M. A., Alsanad, A., Gumaei, A., & Solangi, Y. A. (2020). A hybrid multi-criteria approach for evaluation and selection of sustainable suppliers in the avionics industry of Pakistan. Sustainability, 12(11), 4744.
[21] Muhammad, J., Rahmanasari, D., Vicky, J., Maulidiyah, W. A., Sutopo, W., & Yuniaristanto, Y. (2020). Pemilihan Supplier Biji Plastik dengan Metode Analitycal Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, *6*(2), 99-106.

[21] 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, Part, 1686–1698.
[22] Memari, A., Dargi, A., Jokar, M. R. A., Ahmad, R., & Rahim, A. R. A. (2019). Sustainable supplier selection: A multi-criteria intuitionistic fuzzy TOPSIS method. Journal of manufacturing systems, 50, 9-24.
[23] Khatami Firouz Abadi S M A, Olfat L, Doulabi S. 2015. "Select suppliers on sustainable supply chain using fuzzy multi-criteria decision-making techniques (Case study: parts manufacturing industry)". Journal of Decision Engineering. 1 (3), 7-38.
[24] Jain, N., & Singh, A. R. (2020). Sustainable supplier selection under must-be criteria through Fuzzy inference system. *Journal of Cleaner Production*, *248*, 119275.
[25] Chen, Z., Ming, X., Zhou, T., & Chang, Y. (2020). Sustainable supplier selection for smart supply chain considering internal and external uncertainty: An integrated rough-fuzzy approach. Applied Soft Computing, 87, 106004.
[26] Rezaei, H. R., Taleghani, M., Shafieyan, M., & Nikandam, T. (2019). Supplier selection in the sustainable supply chain: The application of analytic hierarchy process and fuzzy data envelopment analysis. *Iranian Journal of Optimization*, *11*(1), 33-47.
[27] Cheraghalipour, A., & Farsad, S. (2018). A bi-objective sustainable supplier selection and order allocation considering quantity discounts under disruption risks: A case study in plastic industry. *Computers & Industrial Engineering*, *118*, 237-250.
[28] Vahidi, F., Torabi, S. A., & Ramezankhani, M. J. (2018). Sustainable supplier selection and order allocation under operational and disruption risks. Journal of Cleaner Production, 174, 1351-1365.
[29] Awasthi, A., Govindan, K., & Gold, S. (2018). Multi-tier sustainable global supplier selection using a fuzzy AHP-VIKOR based approach. *International Journal of Production Economics*, *195*, 106-117.
[30] Khajeh, M., Amiri, M., Alfat, L., and Zandiyeh, M. (2019). Evaluation and selection of sustainable suppliers in intuitive fuzzy environment with best-worst and VIKOR multi-criteria hybrid approach. Operations Research in its Applications (Applied Mathematics), 17(1 (serial 64)), 25-48. SID. https://sid.ir/paper/164687/fa
[31] Rehman, A. U., Al-Zabidi, A., AlKahtani, M., Umer, U., & Usmani, Y. S. (2020). Assessment of supply chain agility to foster sustainability: fuzzy-DSS for a Saudi manufacturing organization. Processes, 8(5), 577.
[32] Laguna-Salvadó, L., Lauras, M., Okongwu, U., & Comes, T. (2019). A multicriteria Master Planning DSS for a sustainable humanitarian supply chain. Annals of Operations Research, 283(1), 1303-1343.
[33] Tirkolaee, E. B., Mardani, A., Dashtian, Z., Soltani, M., & Weber, G. W. (2020). A novel hybrid method using fuzzy decision making and multi-objective programming for sustainable-reliable supplier selection in two-echelon supply chain design. Journal of Cleaner Production, 250, 119517.
[34] Abdel-Baset, M., Chang, V., Gamal, A., & Smarandache, F. (2019). An integrated neutrosophic ANP and VIKOR method for achieving sustainable supplier selection: A case study in importing field. Computers in Industry, 106, 94-110.
[35] Chakraborty, S., Chatterjee, P., & Das, P. P. (2024). Analytic Network Process (Anp). In *Multi-Criteria Decision-Making Methods in Manufacturing Environments* (pp. 39-61). Apple Academic Press.
[36] Chakraborty, S., Chatterjee, P., & Das, P. P. (2024). Viekriterijumsko Kompromisno Rangiranje (Vikor). In *Multi-Criteria Decision-Making Methods in Manufacturing Environments* (pp. 99-109). Apple Academic Press.
[37] Ehsanifar, Mohammad, David A. Wood, and Arezoo Babaie. 2021 ."UTASTAR method and its application in multi-criteria warehouse location selection." *Operations Management Research* 14.1. 202-215.
[38] Ebrahimi Malekshah, M. E., Mehdiabadi, A., Pourmansouri, R., Spulbar, C., & Birau, R. (2022). Risk Allocation Optimization between Owner and Contractor in Construction Projects by Using the UTA-STAR Method. *Applied Sciences*, *12*(17), 8402.
[39] Makui, A., & Momeni, M. (2012). Using CSW weight's in UTASTAR method. *Decision Science Letters*, *1*(1), 39-46.
[40] Patiniotakis, I., Apostolou, D., & Mentzas, G. (2011). Fuzzy UTASTAR: A method for discovering utility functions from fuzzy data. *Expert Systems with Applications*, *38*(12), 15463-15474.
[41] Rait Pisheh, S., Ahmadi Kohnali, R., & Abbasi, M. (2017). Identification and evaluation of sustainable supply chain indicators in the petrochemical industry with a multi-criteria decision-making approach. Industrial Management Studies, 16(51), 145-180. doi: 10.22054/jims.2019.3955.1556