



رتبه بندی تأمین کنندگان صنایع ساخت و ساز با تمرکز بر شاخص های تاب آوری و بهداشت، ایمنی و محیط زیست (مطالعه موردی: شرکت سازه پیوند)

مهناز زارعی*

وحید قره بیگی

مهدی عباسی

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

گروه مهندسی ایمنی، بهداشت و محیط زیست، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

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

چکیده مبسوط

مقدمه: مدیریت زنجیره تأمین در دهه های اخیر با چالش های متعددی روبه رو بوده است که یکی از مهم ترین آن ها، تأمین پایدار و تاب آور منابع در شرایط متغیر محیطی است. رتبه بندی تأمین کنندگان یکی از تصمیمات استراتژیک و حیاتی در این حوزه محسوب می شود، چراکه بخش عمده ای از هزینه ها و کیفیت نهایی محصولات وابسته به عملکرد تأمین کنندگان است. در صنایع ساخت و ساز، این موضوع از اهمیت بیش تری برخوردار است، زیرا تأمین کنندگان نه تنها نقش مستقیمی در تحویل به موقع و کیفیت مواد اولیه دارند، بلکه از منظر رعایت اصول بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) نیز می توانند بر پایداری و کاهش اثرات زیست محیطی پروژه ها اثرگذار باشند. هدف این پژوهش، رتبه بندی تأمین کنندگان صنایع ساخت و ساز با تمرکز بر شاخص های تاب آوری و بهداشت، ایمنی و محیط زیست است.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۰

مواد و روش ها: این تحقیق از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی-پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش شامل مدیران و کارشناسان فعال در حوزه زنجیره تأمین و HSE شرکت ساخت و ساز سازه پیوند می باشند. به منظور انتخاب خبرگان از روش نمونه گیری گلوله برفی استفاده شد و نهایتاً پنج نفر از مدیران و کارشناسان خبره در این حوزه به عنوان کمیته خبرگی انتخاب شدند. با بررسی پیشینه پژوهش و بهره گیری از نظرات خبرگان، ۱۸ شاخص اصلی در دو بعد HSE و تاب آوری شناسایی گردید. در مرحله بعد، برای رتبه بندی بعدها، شاخص ها، و تأمین کنندگان از رویکرد اولویت ترتیبی (OPA) استفاده شد. با کمک نرم افزار حل کننده تحت وب، اوزان نهایی شاخص ها و تأمین کنندگان و سپس رتبه ها تعیین شدند.

نتایج و بحث: یافته های پژوهش نشان داد که از میان شاخص های شناسایی شده، کنترل مؤثر آلاینده های محیطی با وزن ۰/۲۶۵۲ برترین رتبه در ارزیابی تأمین کنندگان دارد. این موضوع بیانگر حساسیت بالای مدیران نسبت به اثرات زیست محیطی و ضرورت به کارگیری تأمین کنندگانی است که از فناوری های سبز و راهکارهای پیشرفته کنترل آلودگی استفاده می کنند. پس از آن، طراحی سازگار با محیط زیست (۰/۱۳۸۴) و پیاده سازی سیستم مدیریت HSE (۰/۱۲۷۸) به ترتیب در رتبه های دوم و سوم قرار گرفتند که اهمیت فرآیندهای تولید سبز و استقرار نظام های ایمنی و بهداشتی را برجسته می سازند. هم چنین، توانایی های فناوری (۰/۰۷۴۸) و سوابق حوادث (۰/۰۵۳۲) به ترتیب در رتبه های چهارم و پنجم قرار گرفتند.

واژه های کلیدی:

رتبه بندی تأمین کنندگان، پایداری، شاخص های HSE (بهداشت، ایمنی و محیط زیست)، کاهش اثرات زیست محیطی.

نتیجه گیری: نتایج نشان می دهد که رتبه بندی تأمین کنندگان در صنایع ساخت و ساز بر اساس ابعاد تاب آوری و HSE می تواند نتایج مناسبی حاصل نماید. علاوه بر این مدیران برای افزایش پایداری و کاهش اثرات زیست محیطی باید تأمین کنندگانی را انتخاب کنند که علاوه بر رعایت الزامات ایمنی و بهداشتی، از فناوری های بروز و طراحی های سبز بهره می برند. کاربرد نتایج تحقیق حاضر می تواند به بهبود استراتژی های انتخاب تأمین کنندگان در شرکت سازه پیوند و ارتقای سطح تاب آوری و پایداری زنجیره تأمین کمک کند. هم چنین، این الگو قابلیت تعمیم به سایر صنایع پر ریسک را داشته و می تواند مبنای تصمیم گیری های مدیریتی و سیاست گذاری های ملی در حوزه توسعه پایدار قرار گیرد.

نویسنده مسئول: مهناز زارعی

نشانی: گروه مهندسی صنایع، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران

تلفن: ۰۹۱۷۷۱۶۱۲۹۸

پست الکترونیکی: mahnaz.zarei@iau.ac.ir

استاد: زارعی مهناز، قره بیگی وحید، عباسی مهدی. رتبه بندی تأمین کنندگان صنایع ساخت و ساز با تمرکز بر شاخص های تاب آوری و بهداشت، ایمنی و محیط زیست (مطالعه موردی: شرکت سازه پیوند). پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۴؛ ۱۰(۱): ۸۷-۷۳.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0> در فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

در دنیای رقابتی امروز، مدیریت زنجیره تأمین اهمیتی بی‌سابقه یافته است و مدیران شرکت‌ها دریافته‌اند که بدون داشتن یک برنامه کارآمد در این حوزه، حضور آن‌ها در بازار دوام نخواهد داشت. یکی از ارکان اصلی در این زمینه، مسئله رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان است که بر اساس شاخص‌های مشخص برای تأمین مواد اولیه و خدمات مورد نیاز سازمان صورت می‌پذیرد. طی دو دهه گذشته، صنایع و کسب‌وکارها تحولات گسترده‌ای را تجربه کرده‌اند که جهانی شدن و پیچیدگی بازارها از مهم‌ترین آن‌هاست (خان و همکاران ۲۰۲۳). این شرایط دست‌یابی به اهداف پایداری زنجیره تأمین را دشوارتر ساخته و مدیران را ملزم می‌کند تا زنجیره‌ای طراحی کنند که علاوه بر کارآمدی، دارای تاب‌آوری در برابر اختلالات باشد (گیو و همکاران ۲۰۲۴). اهمیت این موضوع زمانی بیش‌تر می‌شود که آمارها نشان می‌دهد ۶۵ تا ۷۵ درصد از هزینه‌های سرمایه‌ای سازمان‌ها به خرید مواد خام اختصاص دارد. از سوی دیگر، زنجیره‌های جهانی بیش از پیش در معرض تهدیدات طبیعی و فناورانه‌ای مانند سیل، زلزله، حوادث حمل‌ونقل، اعتصابات کارگری، حملات تروریستی و بیماری‌های همه‌گیر قرار دارند (میرزایی و آشتاب ۲۰۲۴) که می‌توانند منجر به کاهش بهره‌وری، از دست دادن مزیت رقابتی و افت سودآوری شرکت‌ها شوند (بانومیونگ و همکاران ۲۰۲۵). بنابراین موفقیت در مدیریت زنجیره تأمین امروز نیازمند برنامه‌ریزی دقیق، تاب‌آوری بالا و آمادگی برای مواجهه با اختلالات متعدد است. علاوه بر تاب‌آوری، نگرانی‌های فزاینده‌ای در خصوص عملکرد تأمین‌کنندگان از منظر بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست (HSE) وجود دارد. تغییر ماهیت نیروی کار و افزایش مشارکت پیمانکاران در فعالیتهای پرریسک، اهمیت بیش‌تری به انتخاب تأمین‌کنندگان واجد شرایط می‌دهد. به گونه‌ای که ارزیابی دقیق براساس معیارهای HSE تضمین می‌کند تأمین‌کنندگان با استانداردهای ایمنی و زیست‌محیطی همسو بوده و در کاهش ریسک‌های شغلی و زیست‌محیطی نقش‌آفرین باشند (توحیدی و همکاران ۲۰۲۴). این موضوع به‌ویژه در صنایع پرریسک مانند ساخت‌وساز اهمیت دوچندان دارد، زیرا تأمین‌کنندگان در بسیاری موارد مسئول اجرای فعالیت‌های کنترلی هستند که هرگونه نقص در آن‌ها می‌تواند منجر به تعطیلی تأسیسات یا بروز ناهنجاری‌های سیستمی شود (خو و همکاران ۲۰۲۳). از این‌رو، ایجاد یک زنجیره تأمین امن‌تر ضروری است، چرا که شرکت‌ها نه تنها در قبال اقدامات خود بلکه در برابر اثرات منفی شرکای تجاری خود نیز مسئولیت دارند.

گروه صنعتی سازه پیوند با نگاهی آینده‌نگرانه در حوزه ساخت تجهیزات مرتبط با صنایع فولاد، نفت و گاز فعالیت می‌کند و امیدوار است این صنعت بیش‌از پیش به سمت استانداردسازی، استفاده از روش‌های نوین ساخت‌وساز و بهره‌گیری از مصالح مرغوب حرکت نماید. این شرکت با اتکا به توان فنی و اجرایی نیروهای متخصص خود تلاش می‌کند پروژه‌های مرتبط را با کیفیت مطلوب و در کم‌ترین زمان به انجام برساند و در همین راستا، برای تأمین مواد اولیه با تأمین‌کنندگان معتبر داخلی و خارجی همکاری دارد. از آنجا که انتخاب این تأمین‌کنندگان می‌تواند نقش کلیدی در موفقیت پروژه‌ها داشته باشد، لازم است عملکرد آن‌ها پیش از عقد قرارداد براساس معیارهای تاب‌آوری و HSE ارزیابی گردد. انتخاب تأمین‌کننده یک تصمیم چندمعیاره است که شامل شاخص‌هایی مانند قیمت، کیفیت، زمان تحویل، انعطاف‌پذیری و همچنین معیارهای نوین نظیر تاب‌آوری و HSE می‌شود. تجربه‌های جهانی از جمله زلزله و سونامی ژاپن در سال ۲۰۱۱ نشان داده‌اند که اتکا به یک منبع تأمین می‌تواند ریسک‌های جدی به همراه داشته باشد، در حالی که تقسیم سفارش بین چند تأمین‌کننده می‌تواند استمرار جریان تأمین را تضمین نماید (جدیدی و همکاران ۲۰۲۴). افزون بر این، تاب‌آوری تأمین‌کننده به معنای توانایی مقاومت در برابر اختلالات و بازگشت سریع به شرایط عادی است که با عواملی مانند تنوع جغرافیایی، ظرفیت مازاد و انعطاف‌پذیری عملیاتی تقویت می‌شود (شونهر و همکاران ۲۰۲۳). همچنین رعایت اصول HSE توسط تأمین‌کنندگان به عنوان یک معیار نوین انتخاب مطرح است، چرا که حوادث شغلی نه تنها هزینه‌های سنگینی بر اقتصاد جهانی تحمیل می‌کنند بلکه بر کیفیت و اعتبار سازمان‌ها نیز اثر منفی دارند (حاجی‌پور و همکاران ۲۰۲۱). استقرار سیستم‌های مدیریت HSE افزون بر کاهش ریسک‌های ایمنی و ارتقای سلامت کارکنان، به کاهش اثرات زیست‌محیطی و تحقق توسعه پایدار نیز کمک می‌کند.

به‌طور کلی، انتخاب تأمین‌کننده در فضای رقابتی و پرریسک امروز دیگر صرفاً بر پایه معیارهای سنتی مانند قیمت و کیفیت انجام نمی‌شود، بلکه نیازمند رویکردی جامع است که معیارهای اقتصادی، تاب‌آوری در برابر بحران‌ها و پایبندی به اصول HSE را به‌طور همزمان مدنظر قرار دهد. در چنین شرایطی، سازمان‌ها باید تأمین‌کنندگانی را برگزینند که علاوه بر توانمندی در ارائه محصول یا خدمت باکیفیت و به‌موقع، قابلیت مقابله با اختلالات غیرمنتظره را داشته و در رعایت الزامات ایمنی، بهداشتی و

زیست‌محیطی نیز عملکرد مطلوبی ارائه دهند. از این رو، پژوهش حاضر با بهره‌گیری از رویکرد اولویت‌ترتیبی (OPA)^۲ و با تمرکز بر شرکت‌سازه‌پیوند، به ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان براساس شاخص‌های ترکیبی تاب‌آوری و HSE می‌پردازد.

در زمینه انتخاب و ارزیابی تأمین‌کنندگان در سالیان اخیر تحقیقات متعددی ارائه شده‌اند. حسینی و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به بررسی مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار در صنعت ساخت‌وساز از طریق به‌کارگیری رویکرد ترکیبی فازی روش بهترین-بدترین و سیستم استنتاج فازی پرداختند. براساس نتایج کسب شده از پژوهش ایشان بعد اقتصادی مهم‌ترین جنبه پایداری و زیرمعیارهای هزینه، کیفیت، کنترل آلودگی، پسماندهای خطرناک و قرارداد کارگران به‌عنوان با اهمیت‌ترین عوامل ارزیابی تأمین‌کنندگان در شرکت‌های ساخت‌وساز نتیجه شدند. حداد و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به بررسی کاربرد روش تاپسیس (Topsis) فازی در انتخاب تأمین‌کننده با تمرکز بر معیارهای ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست در صنعت نفت و گاز پرداختند. مطابق با پژوهش ایشان مؤلفه‌های سوابق حوادث، سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست، برنامه‌ها و رویه‌ها، محدوده مشخصات به‌عنوان مهم‌ترین معیارها در ارزیابی تأمین‌کنندگان شناخته شدند. افراسیابی و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار-تاب‌آور با توجه به تأثیر همه‌گیری کووید-۱۹ در یک شرکت ساخت‌وساز در زمینه صنعت شیرآلات پرداختند. ایشان از رویکرد ترکیبی فازی بهترین-بدترین و تاپسیس توسعه‌یافته استفاده نمودند. مطابق با نتایج شاخص‌های کنترل آلودگی، سیستم مدیریت زیست‌محیطی و آگاهی از ریسک تأثیرگذارترین عوامل در مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار تاب‌آور هستند. فلاح‌پور و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیقی به شناسایی و انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار و تاب‌آور در صنعت روغن پالم پرداختند. ایشان از رویکرد ترکیبی مبتنی بر دیمتل فازی، روش بهترین-بدترین فازی، فرآیند تحلیل شبکه‌ای فازی و سیستم استنتاج فازی برای دستیابی اوزان معیارها و ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان استفاده کردند. یافته‌های پژوهش نشان داد که چارچوب پیشنهادی از کارایی بالایی در انتخاب تأمین‌کنندگان برخوردار است و معیارهای کلیدی شناسایی‌شده شامل هزینه در بعد عمومی، مصرف منابع در بعد پایداری و چابکی» در بعد تاب‌آوری می‌باشند.

تیوشر و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی به بررسی مسئله انتخاب تأمین‌کننده دوار در صنعت ساخت‌وساز پرداختند و ایشان از روش‌های فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی، نسخه دوم پروموتی

استفاده نمودند. همچنین جهت اعتباریابی یافته‌های پژوهش، نتایج حاصله از روش پروموتی نیز با روش واسپاس مقایسه گردید. مطابق با نتایج کسب‌شده از پژوهش ایشان تحویل به‌موقع، انطباق با مشخصات و سیستم مدیریت کیفیت به‌عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌های ارزیابی تأمین‌کننده دوار در صنعت ساخت‌وساز نتیجه شدند. محمودی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی اندازه‌گیری عملکرد تأمین‌کنندگان ساخت‌وساز تحت معیارهای بومی‌سازی، چابکی و دیجیتالی‌سازی از طریق به‌کارگیری روش OPA فازی پرداختند. یافته‌های پژوهش ایشان نشان می‌دهد که مهم‌ترین معیار برای مطالعه موردی دیجیتالی‌سازی است. این معیار زیرشاخص‌های خودکارسازی زنجیره تأمین و مجازی‌سازی و غیرمادی‌سازی خدمات/محصولات را پوشش می‌دهد. مداح و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی چارچوبی یکپارچه برای ارزیابی رتبه‌بندی و انتخاب تأمین‌کنندگان با تأکید بر شاخص‌های تاب‌آوری، پایداری زیست‌محیطی و مسائل ایمنی و بهداشت شغلی در صنعت خودروسازی ارائه کردند. ایشان در این مطالعه از رویکرد ترکیبی مبتنی بر روش بهترین-بدترین و تاپسیس فازی برای وزن‌دهی به معیارها و رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در میان شاخص‌های اصلی، تعهد مدیریت بیش‌ترین اهمیت را دارا است و در سطح زیرشاخص‌ها نیز عواملی هم‌چون تخصیص بودجه مناسب برای اقدامات HSE، آگاهی از ریسک، استقرار سیستم‌های مدیریتی و اقدامات کنترلی ریسک به ترتیب مهم‌ترین معیارها در ارزیابی تأمین‌کنندگان محسوب می‌شوند. وانگ و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی روش‌های OPA و مارکوس را تحت محیط فازی برای مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار با لحاظ ارزیابی فناوری نسل چهارم صنعتی به‌کار گرفتند. نتایج پژوهش ایشان نشان می‌دهد که تصویر سبز، نوآوری محصول سبز، محاسبات ابری، سطح خدمات و بلاک‌چین مهم‌ترین معیارها در ارزیابی شیوه‌های پایدار در زنجیره تأمین از دیدگاه فناوری صنعت هستند.

هایلیانگ و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای به استفاده از روش بهترین-بدترین فازی دوزنقه‌ای جهت ارزیابی عملکرد تأمین‌کنندگان نسبت به جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی در صنایع نفت و گاز پرداختند. براساس نتایج کسب‌شده از پژوهش ایشان جنبه اقتصادی از اهمیت بسیاری برخوردار است و از بین تأمین‌کنندگان نیز گزینه اول بهترین عملکرد را کسب نموده است. در جدیدترین پژوهش علایی و همکاران (۲۰۲۴) به ارزیابی تأمین‌کنندگان شرکت تولید موتور دیزل ایران با به‌کارگیری از تکنیک‌های دیمتل و تاپسیس پرداختند. نتایج

نشان داد مدل پیشنهادی می‌تواند انتخاب مصالح و تأمین‌کنندگان را بر پایه معیارهایی چون هزینه، زمان و اثرات زیست‌محیطی بهینه کند. ییلدیریم سولمز و همکاران (۲۰۲۵) در پژوهشی به اولویت‌بندی و تحلیل روابط میان معیارهای زیست‌محیطی در ارزیابی تأمین‌کنندگان صنعت نساجی پرداختند. با به‌کارگیری روش ترکیبی دیمتل فازی-فرآیند تحلیل شبکه‌ای روابط و وزن معیارها را تعیین کردند و نتایج نشان داد معیارهایی مانند محصولات سبز و سیستم مدیریت محیط‌زیست بیش‌ترین اهمیت را دارند.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که مطالعات متعددی در زمینه ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان در زنجیره تأمین انجام شده است. با این‌حال، بسیاری از این تحقیقات به‌طور خاص به صنایع ساخت‌وساز توجه نکرده‌اند. در عوض، بیش‌تر پژوهش‌ها به ابعاد عمومی‌تر مانند انتخاب تأمین‌کنندگان در سایر صنایع و یا تمرکز بر توسعه پایدار پرداخته‌اند. این در حالی است که صنایع ساخت‌وساز به‌دلیل ویژگی‌های خاص خود، نیازمند رویکردهای ویژه در ارزیابی تأمین‌کنندگان هستند که تاب‌آوری و همچنین معیارهای HSE را در نظر گیرد. علی‌رغم اینکه تاب‌آوری در انتخاب تأمین‌کنندگان یکی از شاخص‌های کلیدی در مدیریت ریسک در زنجیره تأمین است، تمرکز عمده تحقیقات بر مسائل مربوط به توسعه پایدار بوده است و جنبه‌های تاب‌آوری و HSE در کنار یکدیگر به‌طور گسترده مورد بررسی قرار نگرفته‌اند. در این زمینه، مطالعاتی که به بررسی هم‌زمان این جنبه‌ها پرداخته و به‌ویژه در زمینه صنایع ساخت‌وساز و نیازهای خاص آن‌ها متمرکز شوند، کم‌تر به چشم می‌خورند. از طرفی، در مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره که در ارزیابی و انتخاب تأمین‌کنندگان کاربرد دارند، اغلب به تحلیل‌های توسعه پایدار، اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی پرداخته شده، اما به‌طور مشخص به تاب‌آوری و معیارهای HSE در فرآیند انتخاب تأمین‌کنندگان توجه کافی نشده است. جدول ۱ شاخص‌های منتخب این مطالعه با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری را که بر پایه پیشینه پژوهش‌ها و نظرات خبرگان شرکت استخراج شده است، ارائه می‌کند.

پژوهش ایشان نشان داد که شاخص برنامه‌ریزی بیش‌ترین وزن را به خود اختصاص داده است هم‌چنین کارخانه قطعات موتور ایده‌آل بالاترین رتبه را نسبت به سایر گزینه‌ها به خود اختصاص داده است. به‌طور کلی یافته‌های ایشان نشان می‌دهد که براساس مدل مرجع عملیات زنجیره تأمین این کارخانه بهترین شرایط را نسبت به سایر گزینه‌ها داشته است. کوکلو و بوران (۲۰۲۵) در مطالعه‌ای به بررسی مسئله انتخاب تأمین‌کننده پایدار و تاب‌آور در شرایط بروز اختلالات ناشی از بلایای طبیعی و انسانی پرداختند. ایشان از رویکرد ترکیبی فرآیند تحلیل سلسه مراتبی مبتنی بر اعداد D به‌همراه روش دیمتل برای تعیین وزن شاخص‌ها استفاده نمودند. نتایج تحقیق نشان داد که مدل پیشنهادی نسبت به قضاوت‌های ذهنی کارشناسان حساسیت کم‌تری دارد و روشی پایدار و کارآمد برای انتخاب تأمین‌کننده تاب‌آور و پایدار محسوب می‌شود.

وانگ و همکاران (۲۰۲۵) رویکردی علمی و منطقی برای انتخاب تأمین‌کننده اضطراری در شرایط بحرانی ارائه کردند که با عدم قطعیت اطلاعات و حضور ذی‌نفعان متعدد مواجه است. ایشان در این پژوهش، روش OPA جزئی را بر پایه برنامه‌ریزی خطی و تحلیل پارتو-بهینه پیشنهاد کردند. نتایج نشان داد این روش تصمیم‌گیری سریع‌تر، پایدارتر و شناسایی دقیق گزینه‌های بهینه را در شرایط پیچیده و اضطراری ممکن می‌سازد. سیتی و همکاران (۲۰۲۵) چارچوبی جامع برای انتخاب تأمین‌کنندگان پایدار در صنعت نساجی با در نظر گرفتن ابعاد اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی توسعه دادند. ایشان از ترکیب روش‌های سوارا و تاپسیس بهره گرفتند. نتایج نشان داد معیارهایی چون کیفیت شیمیایی، قیمت، قابلیت اطمینان تحویل، مدیریت زیست‌محیطی و ایمنی کارکنان بیش‌ترین اهمیت را دارند. در رتبه‌بندی نهایی، تأمین‌کننده A پایدارترین گزینه شناخته شد که نشانگر نقش حیاتی پایداری در تصمیم‌گیری خرید است. غفوری و عبدالله (۲۰۲۵) مدلی برای انتخاب مصالح و تأمین‌کنندگان در صنعت ساخت‌وساز ارائه کردند که ویژگی‌های پروژه، تأمین‌کننده و مصالح را به‌صورت هم‌زمان در نظر می‌گیرد. برای رتبه‌بندی گزینه‌ها از روش تاپسیس استفاده کردند و نتایج

جدول ۱- شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده شرکت سازه پیوند با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری

علائم	شاخص	بعد
C ₁	حداد و همکاران (۲۰۲۱)	HSE
C ₂	حداد و همکاران (۲۰۲۱)	سوابق حوادث
C ₃	حداد و همکاران (۲۰۲۱)	پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE
C ₄	ورچندی و همکاران (۲۰۲۴)	برنامه‌ها و رویه‌ها
C ₅	نظرات خبرگان	بکارگیری استانداردهای بهداشت و ایمنی کار
C ₆	نظرات خبرگان	کنترل مؤثر آلاینده‌های محیطی
C ₇	نظرات خبرگان	طراحی سازگار با محیط‌زیست
C ₈	نظرات خبرگان	انجام بازرسی‌های ایمنی دوره‌ای
C ₉	نظرات خبرگان	تخصیص بودجه برای اقدامات HSE
C ₁₀	نظرات خبرگان	اقدامات کنترلی مناسب برای ریسک‌های HSE
C ₁₁	نظرات خبرگان	مدیریت پسماند
C ₁₂	افراسیابی و همکاران (۲۰۲۲)، مداح و همکاران (۲۰۲۲)	مدیریت بهینه انرژی
C ₁₃	امین دوست (۲۰۱۸)، افراسیابی و همکاران (۲۰۲۲)، مداح و همکاران (۲۰۲۲)	تاب‌آوری
C ₁₄	امین دوست (۲۰۱۸)، فلاح پور و همکاران (۲۰۲۱)، افراسیابی و همکاران (۲۰۲۲)	تشخیص آسیب‌پذیری و برنامه‌های واکنش
C ₁₅	امین دوست (۲۰۱۸)، افراسیابی و همکاران (۲۰۲۲)	آگاهی از ریسک برای افزایش تاب‌آوری
C ₁₆	نظرات خبرگان	ظرفیت بازسازی
C ₁₇	نظرات خبرگان	توانایی‌های فناوری
C ₁₈	نظرات خبرگان	انعطاف‌پذیری تجهیزات و ماشین‌آلات برای مواجهه با حوادث و شرایط اضطراری
		وجود جایگزین برای اجزای حیاتی سیستم
		توانایی کارکنان در مقابله با حوادث و رویدادهای پیش‌بینی نشده

مواد و روش‌ها

شامل چهار مدیر و یک کارشناس خبره انتخاب گردید. معیارهای انتخاب خبرگان شامل سابقه کاری مرتبط، سطح تحصیلات و جایگاه سازمانی در نظر گرفته شد و مشخصات کامل اعضای این کمیته در جدول ۲ ارائه شده است. پس از گردآوری داده‌ها، تحلیل‌ها با بهره‌گیری از رویکرد اولویت‌ترتیبی (OPA) انجام شد تا تأمین‌کنندگان براساس شاخص‌های تاب‌آوری و HSE ارزیابی و اولویت‌بندی گردند. شایان ذکر است که به‌منظور حل مدل OPA، از نرم‌افزار حل‌کننده تحت وب استفاده گردید.

این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر شیوه گردآوری داده‌ها، پیمایشی است و در بازه زمانی اردیبهشت‌ماه تا تیرماه ۱۴۰۴ انجام شده است. ابزار اصلی گردآوری اطلاعات، پرسشنامه می‌باشد که بر اساس ادبیات موضوع و نظرات اولیه خبرگان طراحی گردید. برای تشکیل کمیته خبرگی از روش نمونه‌گیری گلوله برفی استفاده شد. بدین معنا که ابتدا با چند فرد متخصص مصاحبه صورت گرفت و سپس سایر خبرگان از طریق معرفی آن‌ها شناسایی شدند. در نهایت، کمیته خبرگی شرکت سازه پیوند

جدول ۲- اطلاعات اعضای کمیته خبرگی

ویژگی	مشخصه	تعداد	درصد
جنسیت	۴	۱۱	۸۰٪
	۱	۴	۲۰٪
سن (سال)	<۳۰	۱	۲۰٪
	۳۰-۴۰	۲	۴۰٪
	۴۱-۵۰	۱	۲۰٪
	>۵۰	۱	۲۰٪

کارشناسی	۱	۲۰٪
تحصیلات	۳	۶۰٪
کارشناسی ارشد	۱	۲۰٪
دکتری	۲	۴۰٪
مدیر ارشد	۲	۴۰٪
مدیر میانی	۱	۲۰٪
کارشناس	۱	۲۰٪
تجربه (سال)	۲	۴۰٪
	۲	۴۰٪
	۲	۴۰٪

توجهی ارائه دهد. ویژگی بارز روش OPA این است که برخلاف بسیاری از روش‌های سنتی مانند AHP، نیازمند مقایسه‌های دو به دو میان گزینه‌ها نیست و می‌تواند اولویت شاخص‌ها و گزینه‌ها را به صورت همزمان محاسبه نماید. مقایسه‌های انجام شده میان این روش و روش‌های متداولی نظیر AHP، TOPSIS، VIKOR و PROMETHEE نشان داده است که OPA از نظر وزن‌دهی به معیارها و رتبه‌بندی کارآمدتر گزینه‌ها عملکرد مطلوب‌تری داشته است (عطایی و همکاران ۲۰۲۰). در جدول ۳ مجموعه‌ها، متغیرها و پارامترهای مربوط به این روش ارائه شده است.

در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های چشم‌گیری در حوزه تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌ویژه در زمینه تعیین وزن معیارها و انتخاب بهترین گزینه‌ها صورت گرفته است. توسعه الگوریتم‌ها و مدل‌های گوناگون موجب پدید آمدن روش‌های متنوعی برای ارزیابی و رتبه‌بندی گزینه‌ها در شرایط پیچیده و چندمعیاره شده است. این روش‌ها از نظر سطح پیچیدگی محاسباتی، شیوه ترکیب داده‌ها و معیارها و مکانیزم وزن‌دهی با یکدیگر متفاوت هستند. به همین دلیل، هر یک کاربردهای خاص خود را در مسائل گوناگون تصمیم‌گیری دارند. در این میان، OPA که توسط عطایی و همکاران (۲۰۲۰) معرفی گردید، توانسته است در شرایطی که نیاز به مقایسه همزمان چندین گزینه و شاخص وجود دارد، نتایج قابل

جدول ۳- مجموعه‌ها، متغیرها و پارامترهای OPA

$i \in I$	مجموعه‌ی خبرگان
$j \in J$	مجموعه‌ی شاخص‌ها
$k \in K$	مجموعه‌ی گزینه‌ها
i	اندیس خبرگان $(1, 2, \dots, p)$
j	شاخص‌ها اندیس ارجحیت شاخص‌ها $(1, 2, \dots, n)$
k	اندیس گزینه‌ها $(1, 2, \dots, m)$
Z	تابع هدف
W_{ijk}^r	وزن (میزان اهمیت) گزینه k براساس شاخص j ام توسط شخص خبره‌ی i ام در رتبه r ام
A_{ijk}^r	گزینه k ام براساس شاخص j توسط شخص خبره i در رتبه‌ی r

گام ۲- رتبه‌بندی خبره‌ها: در این مرحله، خبرگان یا متخصصانی که در فرآیند انتخاب تامین‌کنندگان شرکت ساخت‌وساز سازه پیوند با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری مشارکت دارند، براساس تخصص، تجربه و سطح تحصیلات رتبه‌بندی می‌شوند. رتبه‌بندی افراد می‌تواند بر اساس عواملی نظیر جایگاه سازمانی و سابقه کار انجام شود.

مراحل OPA جهت محاسبه رتبه و وزن خبرگان، بعدها، شاخص‌ها و تامین‌کنندگان شرکت سازه پیوند به شرح زیر است:

گام ۱- شناسایی شاخص‌ها با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری: در این مرحله، با توجه به نظرات و تجربیات کارشناسان، شاخص‌های کلیدی برای انتخاب تامین‌کنندگان شرکت ساخت‌وساز سازه پیوند با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری تعیین می‌شوند.

توسط هر یک از اعضای تیم خبره مشخص می‌شود. امکان احتساب رتبه یکسان گزینه‌ها نیز در نظر گرفته می‌شود.

گام ۵- حل مدل و رتبه‌بندی گزینه‌ها: پس از انجام گام‌های اول تا چهارم، مدل برنامه‌ریزی ریاضی خطی OPA به صورت معادلات ۱ تشکیل می‌گردد.

$$\text{Max } Z$$

$$S. t:$$

$$Z \leq i \left(j \left(r \left(W_{ijk}^r - W_{ijk}^{r+1} \right) \right) \right) \quad \forall i, j, k, r$$

$$Z \leq ijm W_{ijk}^m \quad \forall i, j, k \quad (۱)$$

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m W_{ijk} = 1$$

$$W_{ijk} \geq 0 \quad \forall i, j, k$$

شاخص j ام براساس نظر خبره i ام که در رتبه r قرار گرفته است نشان می‌دهد. با حل مدل ۱، W_{ijk} ها تعیین می‌شود. در نهایت نیز وزن گزینه‌ها (تأمین‌کنندگان)، شاخص‌ها و خبرگان به ترتیب از طریق روابط ۲ الی ۴ تعیین می‌گردند.

به‌طوری‌که $A_{ijk}^{(r)}$ امین گزینه نسبت به شاخص j براساس نظر خبره i در رتبه r است. همچنین متغیر تصمیم‌گیری مدل ریاضی فوق است که وزن اصلی گزینه k ام را نسبت به

$$W_k = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n W_{ijk} \quad \forall k \quad (۲)$$

$$W_j = \sum_{i=1}^p \sum_{k=1}^m W_{ijk} \quad \forall j \quad (۳)$$

$$W_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m W_{ijk} \quad \forall i \quad (۴)$$

وزن ابعاد تاب‌آوری و HSE با جمع وزن شاخص‌های هر بعد بدست می‌آید.

نتایج و بحث

شود. در این پژوهش، رتبه‌بندی اعضا براساس «سابقه کار» آن‌ها صورت گرفت. بدین صورت که فردی که سابقه اجرایی بیش‌تری دارد، در رتبه پایین‌تری نسبت به دیگران قرار می‌گیرد. همچنین، در صورتی که افراد دارای سوابق کاری مشابهی باشند، رتبه‌ها به‌طور یکسان به آن‌ها تخصیص داده می‌شود. جدول ۴ رتبه‌بندی هر یک از اعضای کمیته خبرگی را به نمایش می‌گذارد.

پس از شناسایی و تعیین شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده شرکت سازه پیوند با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری (جدول ۱)، پرسش‌نامه OPA تهیه و توسط اعضای کمیته خبرگی تکمیل شد. در راستای اجرای OPA و با توجه به ماهیت گروهی مسئله تصمیم‌گیری، لازم است که رتبه‌بندی اعضای کمیته خبرگی به‌عنوان یکی از ورودی‌های مدل برنامه‌ریزی خطی در نظر گرفته

جدول ۴- رتبه اعضای کمیته خبرگی شرکت سازه پیوند

رتبه	علائم اختصاری	سابقه اجرایی (سال)	خبرگان	ردیف
۱	E ₁	۲۴	E ₁	۱
۴	E ₂	۱۴	E ₂	۲
۳	E ₃	۱۵	E ₃	۳
۵	E ₄	۹	E ₄	۴
۲	E ₅	۲۱	E ₅	۵

در مرحله بعد نظرات خبرگان در رابطه با رتبه‌های اختصاص یافته نسبت شاخص‌های انتخاب تأمین کنندگان جمع‌آوری شدند که به شرح جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- رتبه شاخص‌های انتخاب تأمین کننده شرکت سازه پیوند با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری

کمیته خبرگی					شاخص
E ₅	E ₄	E ₃	E ₂	E ₁	
۵	۴	۵	۶	۵	سوابق حوادث
۲	۲	۱	۳	۳	پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE
۶	۶	۴	۷	۸	برنامه‌ها و رویه‌ها
۷	۷	۶	۸	۱۲	بکارگیری استانداردهای بهداشت و ایمنی کار
۱	۱	۱	۱	۱	کنترل مؤثر آلاینده‌های محیطی
۳	۳	۱	۲	۲	طراحی سازگار با محیط زیست
۱۰	۸	۳	۵	۶	انجام بازرسی‌های ایمنی دوره‌ای
۱۱	۱۲	۱۰	۱۱	۹	تخصیص بودجه برای اقدامات HSE
۱۲	۱۱	۹	۱۲	۱۴	اقدامات کنترلی مناسب برای ریسک‌های HSE
۱۳	۱۰	۷	۱۰	۱۳	مدیریت پسماند
۱۴	۱۴	۱۲	۱۳	۱۱	مدیریت بهینه انرژی
۸	۹	۸	۹	۷	تشخیص آسیب‌پذیری و برنامه‌های واکنش
۹	۱۳	۱۱	۱۴	۱۰	آگاهی از ریسک برای افزایش تاب‌آوری
۱۷	۱۶	۱۶	۱۷	۱۶	ظرفیت بازسازی
۴	۵	۲	۴	۴	توانایی‌های فناوری
۱۸	۱۸	۱۴	۱۶	۱۸	انعطاف‌پذیری تجهیزات و ماشین‌آلات برای مواجهه با حوادث و شرایط اضطراری
۱۵	۱۵	۱۵	۱۸	۱۷	وجود جایگزین برای اجزای حیاتی سیستم
۱۶	۱۷	۱۳	۱۵	۱۵	توانایی کارکنان در مقابله با حوادث و رویدادهای پیش‌بینی نشده

داشتند، مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور سنجش عملکرد این تأمین کنندگان، رتبه هر یک از آن‌ها نسبت به شاخص‌های مرتبط با HSE و تاب‌آوری، براساس نظرات خبرگان تعیین گردید. نتایج این ارزیابی در جدول ۶ ارائه شده است.

پس از تعیین رتبه‌های مربوط به شاخص‌ها توسط اعضای کمیته خبرگی، در گام بعدی رتبه‌بندی تأمین کنندگان شرکت سازه پیوند انجام گرفت. در این مرحله، پنج تأمین کننده‌ای که در زمان اجرای تحقیق وظیفه تأمین اقلام استراتژیک مورد نیاز شرکت را بر عهده

جدول ۶- رتبه تأمین‌کنندگان شرکت سازه پیوند با تمرکز بر شاخص‌های دو بعد HSE و تاب‌آوری

E ₅	E ₄	E ₃	E ₂	E ₁
تأمین‌کننده	تأمین‌کننده	تأمین‌کننده	تأمین‌کننده	تأمین‌کننده
۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۵ ۴ ۳ ۲ ۱
۴ ۱ ۲ ۵ ۳	۴ ۵ ۱ ۳ ۲	۵ ۴ ۳ ۱ ۲	۲ ۵ ۴ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۱ ۳ C ₁
۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۴ ۵ ۱ ۲ ۳	۴ ۵ ۳ ۱ ۲	۴ ۵ ۲ ۱ ۳	۵ ۴ ۲ ۳ ۱ C ₂
۲ ۵ ۴ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۳ ۲ ۴ ۱	۴ ۱ ۵ ۳ ۲	۵ ۴ ۳ ۲ ۱ C ₃
۴ ۵ ۲ ۱ ۳	۵ ۴ ۳ ۱ ۲	۵ ۳ ۴ ۲ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۴ ۱ ۲ ۳ C ₄
۵ ۴ ۳ ۱ ۲	۴ ۵ ۳ ۱ ۲	۴ ۵ ۱ ۳ ۲	۵ ۴ ۱ ۳ ۲	۲ ۵ ۴ ۳ ۱ C ₅
۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۴ ۱ ۵ ۳ ۲	۴ ۵ ۱ ۲ ۳	۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۴ ۵ ۲ ۱ ۳ C ₆
۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۴ ۱ ۵ ۳ ۲ C ₇
۵ ۴ ۱ ۲ ۳	۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۵ ۴ ۳ ۱ ۲	۵ ۴ ۱ ۳ ۲	۵ ۴ ۲ ۳ ۱ C ₈
۲ ۵ ۴ ۳ ۱	۵ ۳ ۲ ۴ ۱	۴ ۵ ۳ ۱ ۲	۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۵ ۴ ۳ ۱ ۲ C ₉
۴ ۵ ۲ ۱ ۳	۴ ۱ ۲ ۵ ۳	۴ ۱ ۵ ۳ ۲	۴ ۵ ۱ ۳ ۲	۵ ۱ ۴ ۲ ۳ C ₁₀
۴ ۱ ۵ ۳ ۲	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۴ ۱ ۲ ۵ ۳	۵ ۳ ۲ ۴ ۱ C ₁₁
۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۲ ۵ ۴ ۳ ۱	۲ ۵ ۴ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۴ ۱ ۲ ۵ ۳ C ₁₂
۵ ۴ ۳ ۱ ۲	۴ ۵ ۲ ۱ ۳	۴ ۵ ۲ ۱ ۳	۵ ۳ ۲ ۴ ۱	۵ ۳ ۲ ۴ ۱ C ₁₃
۵ ۱ ۴ ۲ ۳	۴ ۱ ۵ ۳ ۲	۴ ۱ ۵ ۳ ۲	۴ ۱ ۲ ۵ ۳	۴ ۱ ۲ ۵ ۳ C ₁₄
۵ ۳ ۲ ۴ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۴ ۲ ۳ ۱ C ₁₅
۴ ۱ ۲ ۵ ۳	۵ ۴ ۱ ۳ ۲	۵ ۴ ۱ ۳ ۲	۲ ۵ ۴ ۳ ۱	۲ ۵ ۴ ۳ ۱ C ₁₆
۵ ۳ ۲ ۴ ۱	۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۵ ۴ ۳ ۲ ۱	۴ ۵ ۲ ۱ ۳	۴ ۵ ۲ ۱ ۳ C ₁₇
۴ ۱ ۲ ۵ ۳	۵ ۴ ۲ ۳ ۱	۵ ۳ ۲ ۴ ۱	۴ ۱ ۵ ۳ ۲	۴ ۱ ۵ ۳ ۲ C ₁₈

ترتیب اوزان نهایی و رتبه‌های مربوط به اعضای کمیته خبرگی، شاخص‌ها و گزینه‌ها (تأمین‌کنندگان) محاسبه گردید. در گام نخست، نتایج مربوط به ضرایب وزنی اعضای کمیته خبرگی شرکت سازه پیوند در جدول ۷ ارائه شده است.

پس از جمع‌آوری و تجمیع نظرات اعضای کمیته خبرگی در خصوص رتبه‌بندی شاخص‌های HSE و تاب‌آوری و همچنین ارزیابی تأمین‌کنندگان نسبت به این شاخص‌ها، پارامترهای ورودی مدل برنامه‌ریزی خطی OPA تعیین گردید. در ادامه، مدل مورد نظر با استفاده از نرم‌افزار حل‌کننده تحت وب حل شد و بدین

جدول ۷- ضرایب وزنی اعضای کمیته خبرگی شرکت سازه پیوند از حل مدل OPA

ردیف	خبرگان	وزن	رتبه
۱	E ₁	۰/۰۴۰۶۰	۱
۲	E ₂	۰/۱۰۱۵	۴
۳	E ₃	۰/۲۰۸۳	۳
۴	E ₄	۰/۰۸۱۲	۵
۵	E ₅	۰/۲۰۳۰	۲

پس از حل مدل خطی OPA وزن و رتبه نهایی بعدها و شاخص‌ها نیز به شرح جدول ۸ نتیجه گردید.

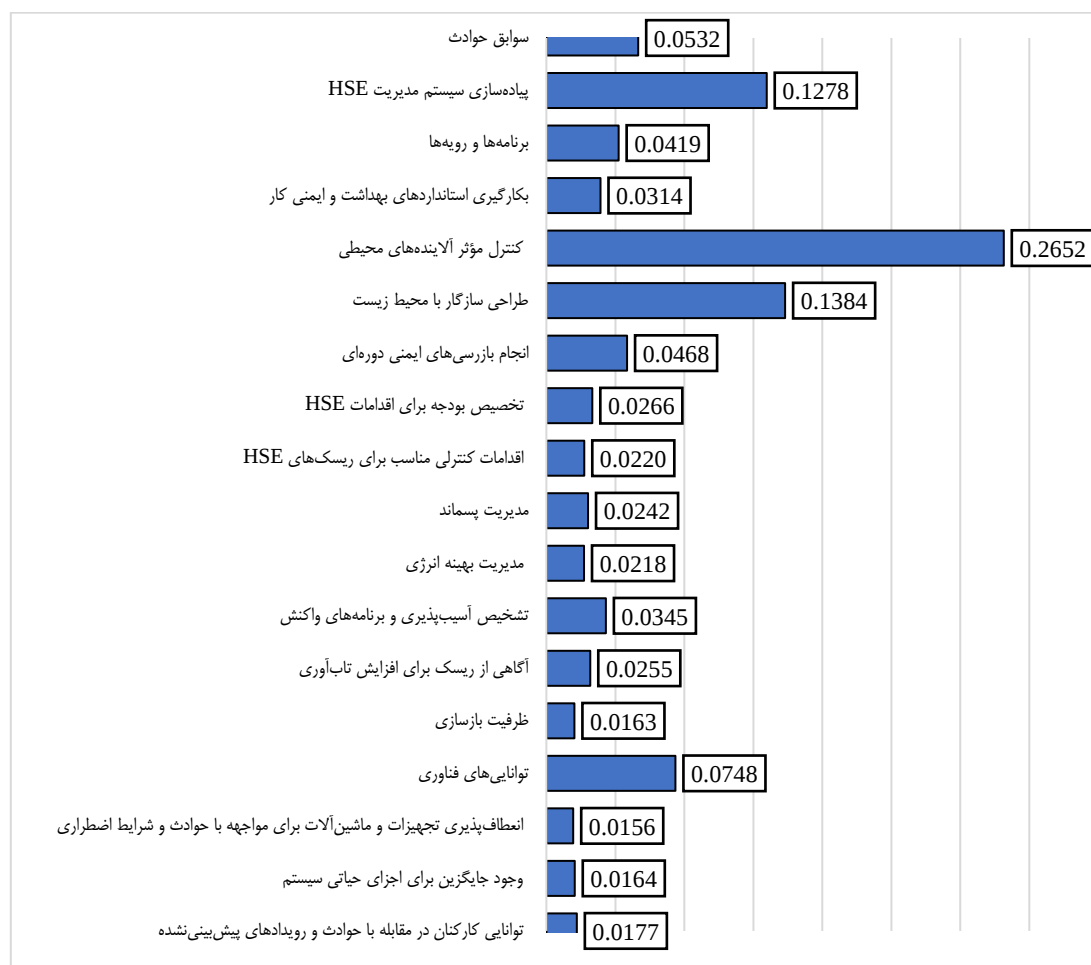
مطابق با نتایج کسب‌شده خبره E₁ با وزن ۰/۴۰۶۰ بیشترین اهمیت را کسب نمود و در رتبه یک قرار گرفت. در رتبه آخر نیز خبره E₄ با ضریب وزن ۰/۰۸۱۲ قرار گرفت. به طریق مشابه نیز

جدول ۸- وزن و رتبه نهایی ابعاد و شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده شرکت سازه پیوند

رتبه	وزن	شاخص	رتبه بعد	وزن بعد	بعد
رتبه شاخص	وزن شاخص	شاخص			
۵	۰/۰۵۳۲	سوابق حوادث			
۳	۰/۱۲۷۸	پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE			
۷	۰/۰۴۱۹	برنامه‌ها و رویه‌ها			
۹	۰/۰۳۱۴	بکارگیری استانداردهای بهداشت و ایمنی کار			
۱	۰/۲۶۵۲	کنترل مؤثر آلاینده‌های محیطی			
۲	۰/۱۳۸۴	طراحی سازگار با محیط‌زیست	۱	۰/۷۹۹۳	HSE
۶	۰/۰۴۶۸	انجام بازرسی‌های ایمنی دوره‌ای			
۱۰	۰/۰۲۶۶	تخصیص بودجه برای اقدامات HSE			
۱۳	۰/۰۲۲۰	اقدامات کنترلی مناسب برای ریسک‌های HSE			
۱۲	۰/۰۲۴۲	مدیریت پسماند			
۱۴	۰/۰۲۱۸	مدیریت بهینه انرژی			
۸	۰/۰۳۴۵	تشخیص آسیب‌پذیری و برنامه‌های واکنش			
۱۱	۰/۰۲۵۵	آگاهی از ریسک برای افزایش تاب‌آوری			
۱۷	۰/۰۱۶۳	ظرفیت بازسازی			
۴	۰/۰۷۴۸	توانایی‌های فناوری	۲	۰/۲۰۰۷	تاب‌آوری
۱۸	۰/۰۱۵۶	انعطاف‌پذیری تجهیزات و ماشین‌آلات برای مواجهه با حوادث و شرایط اضطراری			
۱۶	۰/۰۱۶۴	وجود جایگزین برای اجزای حیاتی سیستم			
۱۵	۰/۰۱۷۷	توانایی کارکنان در مقابله با حوادث و رویدادهای پیش‌بینی‌نشده			

در مقابل، برخی از شاخص‌ها دارای اهمیت کم‌تری هستند. انعطاف‌پذیری تجهیزات و ماشین‌آلات برای مواجهه با حوادث و شرایط اضطراری با وزن ۰/۰۱۵۶ کم‌ترین اهمیت را دارد که نشان می‌دهد سایر عوامل ایمنی و مدیریتی اهمیت بیش‌تری نسبت به انعطاف‌پذیری تجهیزات دارند. ظرفیت بازسازی و وجود جایگزین برای اجزای حیاتی سیستم نیز با وزن‌های ۰/۰۱۶۳ و ۰/۰۱۶۴ در رده‌های بعدی کم‌اهمیت‌ترین شاخص‌ها قرار دارند. به نظر می‌رسد تأکید بیش‌تر بر پیشگیری از حوادث به جای برنامه‌ریزی برای بازیابی پس از وقوع آن‌ها باشد. همچنین، توانایی کارکنان در مقابله با حوادث و رویدادهای پیش‌بینی نشده با وزن ۰/۰۱۷۷ و مدیریت بهینه انرژی با وزن ۰/۰۲۱۸ در بین کم‌اهمیت‌ترین شاخص‌ها قرار گرفته‌اند. این امر می‌تواند به این دلیل باشد که نقش سیستم‌های مدیریتی و فناوری در کنترل شرایط بحرانی نسبت به مهارت‌های فردی کارکنان اولویت بیش‌تری دارد. همچنین، مدیریت انرژی نسبت به سایر الزامات زیست‌محیطی مانند کنترل آلاینده‌ها از اهمیت کم‌تری برخوردار است. به‌طور کلی وزن نهایی شاخص‌های رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان شرکت سازه پیوند در زمینه تاب‌آوری و HSE در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است.

براساس نتایج به‌دست‌آمده از OPA در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان در نظر گرفتن جنبه‌های تاب‌آوری و HSE، برخی از شاخص‌ها اهمیت بیش‌تری دارند، درحالی‌که برخی دیگر تأثیر کم‌تری در تصمیم‌گیری نهایی دارند. از میان ۱۸ شاخص، کنترل مؤثر آلاینده‌های محیطی با وزن ۰/۲۶۵۲ بالاترین اهمیت را دارد. این امر نشان‌دهنده توجه ویژه به مسائل زیست‌محیطی و کاهش اثرات منفی بر محیط است که برای شرکت‌های متعهد به پایداری بسیار مهم است. پس از آن، طراحی سازگار با محیط‌زیست با وزن ۰/۱۳۸۴ قرار دارد که نشان می‌دهد تأمین‌کنندگانی که از فرآیندهای تولید سبز استفاده می‌کنند، امتیاز بالاتری کسب می‌کنند. همچنین، پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE با وزن ۰/۱۲۷۸ در جایگاه سوم قرار دارد، زیرا این سیستم‌ها می‌توانند حوادث و ریسک‌های ایمنی را به حداقل برسانند. علاوه بر این، توانایی‌های فناوری یکی دیگر از معیارهای کلیدی است که با وزن ۰/۷۴۸ در رتبه چهارم قرار گرفته است. استفاده از فناوری‌های پیشرفته می‌تواند به بهبود ایمنی، کاهش خطرات و افزایش تاب‌آوری کمک کند. در نهایت، سوابق حوادث با وزن ۰/۰۵۳۲ پنجمین شاخص مهم محسوب می‌شود، زیرا بررسی حوادث گذشته تأمین‌کنندگان می‌تواند معیاری مناسب برای پیش‌بینی عملکرد آینده آن‌ها در ابعاد ایمنی و HSE باشد.



شکل ۱- وزن شاخص‌های انتخاب تأمین‌کننده شرکت سازه پیوند با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری

در گام آخر نیز به طریق مشابه پس از حل مدل OPA، وزن و رتبه نهایی تأمین‌کنندگان شرکت سازه پیوند نسبت به ابعاد تاب‌آوری و HSE به شرح جدول ۹ نتیجه گردید.

جدول ۹- وزن و رتبه نهایی تأمین‌کنندگان شرکت سازه پیوند با تمرکز بر دو بعد HSE و تاب‌آوری

ردیف	خبرگان	وزن	رتبه
۱	A ₁	۰/۳۲۵۲	۱
۲	A ₂	۰/۲۴۱۴	۲
۳	A ₃	۰/۲۲۶۵	۳
۴	A ₄	۰/۱۱۶۱	۴
۵	A ₅	۰/۰۹۰۸	۵

۰/۰۹۰۸ در رتبه پنجم قرار دارند که نشان‌دهنده عملکرد ضعیف‌تر آن‌ها نسبت به سایر تأمین‌کنندگان است. این رتبه‌بندی نشان می‌دهد که تأمین‌کنندگان A₁ و A₂ نسبت به دیگران عملکرد بهتری در ابعاد تاب‌آوری و HSE دارند، درحالی‌که تأمین‌کنندگان A₄ و A₅ نیازمند بهبود در این حوزه‌ها هستند.

با توجه به جدول فوق، تأمین‌کننده A₁ با کسب وزن ۰/۳۲۵۲ بالاترین رتبه را در رعایت ابعاد تاب‌آوری و HSE به‌دست آورده است که نشان‌دهنده عملکرد برتر این تأمین‌کننده است. پس از آن، تأمین‌کننده A₂ با وزن ۰/۲۴۱۴ در رتبه دوم و تأمین‌کننده A₃ با وزن ۰/۲۲۶۵ در رتبه سوم قرار دارند. درحالی‌که تأمین‌کننده A₄ با وزن ۰/۱۱۶۱ در جایگاه چهارم و تأمین‌کننده A₅ با وزن

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

مدیریت زنجیره تأمین در دنیای امروز بیش از هر زمان دیگری در معرض چالش‌های ناشی از جهانی شدن، بحران‌های زیست‌محیطی و اختلالات غیر منتظره قرار دارد. در چنین شرایطی، رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان صرفاً بر اساس معیارهای سنتی همچون قیمت و کیفیت کافی نیست و ضرورت دارد معیارهای نوینی همچون تاب‌آوری و رعایت اصول ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست نیز به‌طور جدی در فرآیند تصمیم‌گیری لحاظ شوند. اهمیت این موضوع به‌ویژه در صنایع پر ریسک نظیر ساخت‌وساز دوچندان است، زیرا هرگونه ناکارآمدی تأمین‌کننده می‌تواند منجر به توقف پروژه‌ها، افزایش هزینه‌ها و بروز خسارات زیست‌محیطی گردد. بر همین اساس، پژوهش حاضر با تمرکز بر شرکت سازه پیوند تلاش کرد تا با بهره‌گیری از رویکرد اولویت‌ترتیبی، به ارزیابی و اولویت‌بندی تأمین‌کنندگان بر اساس معیارهای ترکیبی تاب‌آوری و HSE در راستای کاهش اثرات زیست‌محیطی بپردازد.

نتایج رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان با در نظر گرفتن ابعاد تاب‌آوری و HSE نشان می‌دهد که برخی شاخص‌ها نقش برجسته‌تری در تصمیم‌گیری دارند. در این میان، کنترل مؤثر آلاینده‌های محیطی با وزن ۰/۲۶۵۲ بیش‌ترین اهمیت را دارد که نشان‌دهنده توجه ویژه به مسائل زیست‌محیطی و کاهش اثرات منفی بر محیط است. پس از آن، طراحی سازگار با محیط‌زیست (۰/۱۳۸۴) و پیاده‌سازی سیستم مدیریت HSE (۰/۱۲۷۸) در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند که بر نقش فرآیندهای تولید سبز و سیستم‌های ایمنی در رتبه‌بندی تأمین‌کنندگان تأکید دارند. همچنین، توانایی‌های فناوری (۰/۰۷۴۸) به‌عنوان چهارمین شاخص مهم، اهمیت استفاده از فناوری‌های پیشرفته در بهبود ایمنی و افزایش تاب‌آوری را نشان می‌دهد. در نهایت، سوابق حوادث با وزن ۰/۰۵۳۲ در رتبه پنجم قرار گرفته است، زیرا بررسی حوادث گذشته تأمین‌کنندگان می‌تواند عملکرد آینده آن‌ها در زمینه ایمنی و HSE را منعکس کند.

نتایج این پژوهش با یافته‌های حداد و همکاران (۲۰۲۱) همسو است. هر دو مطالعه بر اهمیت سیستم مدیریت HSE و سوابق حوادث در ارزیابی تأمین‌کنندگان تأکید دارند. همچنین، مشابه با پژوهش افراسیابی و همکاران (۲۰۲۲)، کنترل آلودگی زیست‌محیطی یکی از شاخص‌های کلیدی در انتخاب تأمین‌کنندگان شناسایی شد. افزون بر این، یافته‌های این تحقیق با نتایج توحیدی و همکاران (۲۰۲۴) نیز هم‌راستا است که در آن تعهد به پایداری و رعایت اصول ایمنی و زیست‌محیطی به‌عنوان

معیارهای حیاتی انتخاب تأمین‌کننده معرفی شد. در همین راستا، ییلدیریم سولمز و همکاران (۲۰۲۵) نیز نشان دادند که در صنعت نساجی، «محصولات سبز» و «سیستم‌های مدیریت محیط‌زیست» بیش‌ترین تأثیر را بر ارزیابی تأمین‌کنندگان دارند. موضوعی که با جایگاه بالای شاخص‌های زیست‌محیطی در نتایج این پژوهش همخوانی دارد. همچنین، مطابق نتایج عباسیان و جمیلی (۲۰۲۵)، بهره‌گیری از فناوری‌های دیجیتال و صنعت ۴/۰ موجب افزایش تاب‌آوری و ایمنی در زنجیره تأمین می‌شود، که این یافته با نقش پررنگ شاخص «توانایی‌های فناوری» در تحقیق حاضر تطابق دارد. افزون بر آن، وانگ و همکاران (۲۰۲۵) با استفاده از رویکرد OPA جزئی در انتخاب تأمین‌کنندگان اضطرابی نشان دادند که استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره هوشمند می‌تواند منجر به تصمیم‌گیری سریع‌تر و پایدارتر در شرایط بحرانی شود. در مجموع، پژوهش حاضر با تأکید بر ترکیب شاخص‌های زیست‌محیطی، ایمنی و فناوریانه، تصویری جامع‌تر از ارزیابی تأمین‌کنندگان ارائه می‌دهد که نسبت به مطالعات پیشین دیدگاه سیستمی‌تر و به‌روزتری را در زمینه پایداری و تاب‌آوری زنجیره تأمین ارائه می‌کند.

نتایج این پژوهش نشان داد که معیارهایی همچون کنترل آلاینده‌های محیطی، طراحی سازگار با محیط‌زیست، استقرار سیستم‌های HSE، توانایی‌های فناوری و سوابق حوادث نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب تأمین‌کنندگان دارند. از منظر مدیریتی، سازمان‌ها باید در فرآیندهای خرید و ارزیابی تأمین‌کنندگان به این شاخص‌ها توجه ویژه داشته و همکاری خود را با تأمین‌کنندگانی که از فناوری‌های نوین، سیستم‌های ایمنی و راهکارهای سبز استفاده می‌کنند، تقویت نمایند تا علاوه بر کاهش ریسک‌های عملیاتی، سطح تاب‌آوری و پایداری زنجیره تأمین افزایش یابد. از دیدگاه سیاست‌گذاری نیز تدوین قوانین الزام‌آور در زمینه استقرار سیستم‌های HSE، کنترل آلاینده‌ها و حمایت از شرکت‌هایی که به سمت فناوری‌های سبز و دیجیتال‌سازی حرکت می‌کنند، می‌تواند به ارتقای استانداردهای ایمنی و زیست‌محیطی در سطح ملی منجر شود. در نهایت، برای پژوهشگران آینده پیشنهاد می‌شود که تأثیر فناوری‌های نوظهور نظیر اینترنت اشیاء، بلاک‌چین و هوش مصنوعی بر تاب‌آوری و ایمنی زنجیره‌های تأمین بررسی شود و همچنین با انجام مطالعات تطبیقی در صنایع و کشورهای مختلف، تعمیم‌پذیری نتایج افزایش یابد. ضمن آنکه تحلیل اثرات بحران‌هایی مانند همه‌گیری‌ها و تغییرات اقلیمی نیز می‌تواند مسیرهای جدیدی برای تحقیقات آتی فراهم کند.

References

1. Abbasian M, Jamili A. A hybrid machine learning approach to evaluate and select agile-resilient-sustainable suppliers considering Supply Chain 4.0: a real case study. *Process Integr Optim Sustain*. 2025;9:717–35. doi:10.1007/s41660-025-00483-1
2. Afrasiabi A, Tavana M, Di Caprio D. An extended hybrid fuzzy multi-criteria decision model for sustainable and resilient supplier selection. *Environ Sci Pollut Res*. 2022;29(25):37291–304. doi:10.1007/s11356-021-17851-2
3. Alaei MRK, Rostamzadeh R, Adham B. Evaluating of suppliers selection in auto parts manufacturing company using DEMATEL and TOPSIS. *Int J Bus Perform Manag*. 2024;25(2):298–326. doi:10.1504/IJBPM.2024.137017
4. Amindoust A. A resilient-sustainable based supplier selection model using a hybrid intelligent method. *Comput Ind Eng*. 2018;126:122–35. doi:10.1016/j.cie.2018.09.031
5. Ataei Y, Mahmoudi A, Feylizadeh MR, Li DF. Ordinal Priority Approach (OPA) in Multiple Attribute Decision-Making. *Appl Soft Comput*. 2020;86:105893. doi:10.1016/j.asoc.2019.105893
6. Banomyong R, Bhusiri N, Julagasigorn P, Varadejsatitwong P. Assessing supply chain resilience to mitigate disruption: the focus on cross-border suppliers. *Logistics*. 2025;9(1):1. doi:10.3390/logistics9010001
7. Fallahpour A, Nayeri S, Sheikhalishahi M, Wong KY, Tian G, Fathollahi-Fard AM. A hyper-hybrid fuzzy decision-making framework for the sustainable-resilient supplier selection problem: a case study of Malaysian Palm oil industry. *Environ Sci Pollut Res*. 2021;29:1–19. doi:10.1007/s11356-021-12491-y
8. Ghafoori M, Abdallah M. Multi-criteria decision support model for material and supplier selection in the construction industry. *Int J Constr Manag*. 2024;25(4):409–18. doi:10.1080/15623599.2024.2327251
9. Gökler SH, Boran S. A novel resilient and sustainable supplier selection model based on D-AHP and DEMATEL methods. *J Eng Res*. 2025;13(1):57–67. doi:10.1016/j.jer.2023.07.015
10. Guo Y, Liu F, Song JS, Wang S. Supply chain resilience: a review from the inventory management perspective. *Fundam Res*. 2024;5(2):450–63. doi:10.1016/j.fmr.2024.08.002
11. Haddad AN, da Costa BBF, de Andrade LS, Hammad A, Soares CAP. Application of Fuzzy-TOPSIS Method in Supporting Supplier Selection with Focus on HSE Criteria: A Case Study in the Oil and Gas Industry. *Infrastructures*. 2021;6(8):105. doi:10.3390/infrastructures6080105
12. Hailiang Z, Khokhar M, Islam T, Sharma A. A model for green-resilient supplier selection: fuzzy best–worst multi-criteria decision-making method and its applications. *Environ Sci Pollut Res*. 2023;30(18):54035–58. doi:10.1007/s11356-023-25749-4
13. Hajipour V, Amouzegar H, Gharaei A, Gholami Abarghoei MS, Ghajari S. An integrated process-based HSE management system: A case study. *Saf Sci*. 2021;133:104993. doi:10.1016/j.ssci.2020.104993
14. Hoseini SA, Fallahpour A, Wong KY, Mahdiyar A, Saberi M, Durdyev S. Sustainable Supplier Selection in Construction Industry through Hybrid Fuzzy-Based Approaches. *Sustainability*. 2021;13(3):1413. doi:10.3390/su13031413
15. Jadidi O, Firouzi F, Loucks JS. A Procedure for Choosing among Different Solutions to the Multi-Criteria Supplier Selection Problem along with Two Solution Methods. *Systems*. 2024;12(6):191. doi:10.3390/systems12060191
16. Khan MM, Bashar I, Minhaj GM, Wasi AI, Hossain NUI. Resilient and sustainable supplier selection: an integration of SCOR 4.0 and machine learning approach. *Sustainable Resilient Infrastruct*. 2023;8(5):453–69. doi:10.1080/23789689.2023.2165782
17. Maddah S, Bidhendi GN, Borhani F, Taleizadeh AA. Resilient-sustainable supplier selection considering health-safety-environment performance indices: a case study in automobile industry. Preprint [version 1]. *Research Square*. 2022;1–43. doi:10.21203/rs.3.rs-2046543/v1
18. Mahmoudi A, Sadeghi M, Deng X. Performance measurement of construction suppliers under localization, agility, and digitalization criteria: Fuzzy Ordinal Priority Approach. *Environ Dev Sustain*. 2022;1–26. doi:10.1007/s10668-022-02301-x
19. Mirzaee H, Ashtab S. Sustainability, resiliency, and artificial intelligence in supplier selection: a triple-themed review. *Sustainability*. 2024;16(19):8325. doi:10.3390/su16198325
20. Schoenherr T, Mena C, Vakil B, Choi TY. Creating resilient supply chains through a culture of measuring. *J Purch Supply Manag*.

- 2023;29(4):100824.
doi:10.1016/j.pursup.2023.100824
21. Sithi SS, Ara MA, Dhrubo AT, Rahman MM. Sustainable supplier selection in the textile industry using triple bottom line and SWARA-TOPSIS approaches. *Discov Sustain*. 2025;6:344. doi:10.1007/s43621-025-01206-9
 22. Tohidi M, Homayoun S, RezaHoseini A, Ehsani R, Bagherpour M. Sustainability-driven supplier selection: insights from supplier life value and Z-numbers. *Sustainability*. 2024;16(5):2046. doi:10.3390/su16052046
 23. Tushar ZN, Bari ABMM, Khan MA. Circular supplier selection in the construction industry: A sustainability perspective for the emerging economies. *Sustain Manuf Serv Econ*. 2022;1:100005.
doi:10.1016/j.smse.2022.100005
 24. Varchandi S, Memari A, Jokar MRA. An integrated best-worst method and fuzzy TOPSIS for resilient-sustainable supplier selection. *Decis Anal J*. 2024;11:100488. doi:10.1016/j.dajour.2024.100488
 25. Wang C-N, Nguyen TTT, Dang T-T, Nguyen N-A-T. A Hybrid OPA and Fuzzy MARCOS Methodology for Sustainable Supplier Selection with Technology 4.0 Evaluation. *Processes*. 2022;10(11):2351. doi:10.3390/pr10112351
 26. Wang R, Shen R, Cui S, Shao X, Chi H, Gao M. Multi-attribute decision-making approach for improvisational emergency supplier selection: partial ordinal priority approach. *Expert Syst Appl*. 2025;288:128196.
doi:10.1016/j.eswa.2025.128196
 27. Xu J, Cheung C, Manu P, Ejohwomu O, Too J. Implementing safety leading indicators in construction: toward a proactive approach to safety management. *Safety Sci*. 2023;157:105929. doi:10.1016/j.ssci.2022.105929
 28. Yıldırım Söylemez E, Kayabaşı A, Demirağ F. Prioritization and relational analysis of green supplier evaluation criteria in the textile industry. *J Enterp Inf Manag*. 2025;38(3):849–71. doi:10.1108/JEIM-01-2024-0060



Ranking Construction Industry Suppliers focusing on Resilience and Safety, Health and Environment criteria (Case Study: Sazeh Peyvand Company)

Mahnaz Zarei*
Vahid Gharehbeigi

Department of Industrial Engineering, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran
Department of Health, Safety, and Environmental Engineering, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Mehdi Abbasi

Department of Industrial Engineering, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Extended Abstract

Received: 21 Jul 2025

Accepted: 01 Sep 2025

Keywords: Supplier Ranking, Sustainability, HSE Criteria, Environmental Impact Reduction

Introduction: In recent decades, supply chain management has faced numerous challenges, the most significant of which is ensuring sustainable and resilient sourcing under dynamic environmental conditions. Supplier ranking is considered one of the most strategic and vital decisions in this field, as a large portion of costs and the final quality of products depend on supplier performance. In the construction industry, this issue is even more critical since suppliers not only play a direct role in the timely delivery and quality of raw materials but also, through compliance with health, safety, and environmental (HSE) standards, can significantly influence sustainability and the reduction of environmental impacts of projects. This study aims to rank suppliers in the construction industry with a focus on resilience and safety, health, and environmental criteria.

Materials and Methods: This study is applied in purpose and descriptive in nature. The statistical population includes managers and experts engaged in supply chain and HSE activities in the construction Sazeh Peyvand Company (SPC). Using the snowball sampling method, five experts were ultimately selected to form the expert committee. Based on literature review and expert opinions, 18 key indicators were identified in two dimensions: HSE and resilience. Subsequently, the Ordinal Priority Approach (OPA) was applied to rank the dimensions, criteria, and suppliers. The collected data were used as input parameters in the OPA linear programming model, and the final weights were calculated through implementation in GAMS software (version 24.8). By using the OPA web-based solver software, the final weights of the criteria and suppliers were determined, and then the rankings were determined.

Results and Discussion: The findings revealed that among the identified criteria, effective control of environmental pollutants, with a weight of 0.2652, holds the highest importance in supplier evaluation. This highlights managers' strong concern regarding environmental impacts and the necessity of engaging suppliers who adopt green technologies and advanced pollution control mechanisms. Following this, eco-friendly design (0.1384) and the implementation of HSE management systems (0.1278) were ranked second and third, respectively, emphasizing the significance of green production processes and structured safety systems. Furthermore, technological capabilities (0.0748) and accident records (0.0532) ranked fourth and fifth, reflecting the importance of advanced technologies and past safety performance in ensuring resilient supply chains.

Conclusion: These results indicate that ranking suppliers in the construction industry based on resilience and HSE dimensions can achieve appropriate results. Moreover, to enhance sustainability and mitigate environmental impacts, managers should prioritize suppliers who, in addition to complying with health and safety requirements, employ advanced technologies and green design practices. The application of the present study's findings can improve supplier selection strategies in SPC and strengthen the resilience and sustainability of its supply chain. Additionally, this model can be extended to other high-risk industries and serve as a basis for managerial decision-making and national policy-making in the field of sustainable development.

Corresponding author: Mahnaz Zarei

Address: Department of Industrial Engineering, Shi.C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran

Tel: +989177161298

Email: mahnaz.zarei@iau.ac.ir

Citation: Zarei M, Gharehbeigi V, Abbasi M. Ranking Construction Industry Suppliers focusing on Resilience and Safety, Health and Environment criteria (Case Study: Sazeh Peyvand Company). Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 3(10): 73-87.



© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.