



مروری بر کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) در مدیریت ریسک‌های HSE

مریم رضازاده^۱، فروزان فرخیان^{۲*}

۱. گروه محیط زیست و HSE، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اهواز، اهواز، ایران

* مسئول مکاتبات: foroz.farrokhan@iau.ac.ir

چکیده

مدیریت ریسک در حوزه ایمنی، بهداشت شغلی و محیط‌زیست (HSE) به عنوان یکی از ارکان اساسی پایداری و بهره‌وری در صنایع پرخطر شناخته می‌شود. پیچیدگی، چندوجهی بودن و گاه تعارض معیارها در ارزیابی ریسک‌ها، ضرورت بهره‌گیری از رویکردهای تصمیم‌گیری پیشرفته را بیش از پیش نمایان ساخته است. پژوهش حاضر با هدف بررسی نظام‌مند مطالعات مرتبط با به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در مدیریت ریسک‌های HSE انجام شد. این مرور نظام‌مند با استفاده از چارچوب ساختاریافته روش SLR و تحلیل محتوای کیفی، به بررسی منابع علمی منتشرشده در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ در پایگاه‌های معتبری همچون ScienceDirect، Scopus، SpringerLink و IEEE Xplore پرداخت. در مرحله ابتدایی، ۹۰۴۷ مقاله شناسایی شد که پس از غربالگری و اعمال معیارهای حذف، ۱۰ مقاله با بیشترین انطباق مفهومی انتخاب و مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل‌هایی مانند AHP و TOPSIS و ابزارهای تحلیل نظیر FMEA و تکنیک دلفی، در ترکیب با منطق فازی، در شرایط عدم قطعیت، می‌توانند عملکرد قابل توجهی در فرایند اولویت‌بندی ریسک‌ها و تصمیم‌گیری ایفا نمایند. تحلیل‌ها نشان داد که مدل‌های MCDM فازی، با فراهم آوردن بستری برای ترکیب نظر خبرگان، لحاظ کردن همزمان معیارهای کمی و کیفی، و پردازش عدم قطعیت‌ها، به ابزاری قدرتمند برای تصمیم‌گیری در فضای پیچیده صنعتی بدل شده‌اند. همچنین، شکاف‌هایی نظیر عدم یکپارچگی روش‌ها، کمبود مطالعات بین‌رشته‌ای، و ضعف در بومی‌سازی مدل‌ها برای صنایع خاص، از جمله چالش‌هایی هستند که در مسیر توسعه این حوزه شناسایی شد. یافته‌های این پژوهش می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای طراحی مدل‌های نوآورانه و راهبردهای بهینه مدیریت ریسک در محیط‌های صنعتی آینده مورد استفاده قرار گیرد.

واژگان کلیدی: مدیریت ریسک HSE، تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، ارزیابی ریسک، مدل‌سازی.

مقدمه

با رشد سریع فناوری، پیچیده‌تر شدن فرآیندهای صنعتی و افزایش نگرانی‌های اجتماعی و زیست‌محیطی، ضرورت اتخاذ رویکردهای علمی و نظام‌مند در مدیریت ریسک، به‌ویژه در حوزه HSE (ایمنی، بهداشت شغلی و محیط‌زیست)، بیش از پیش احساس می‌شود (Khalilzadeh *et al.*, 2021). مدیریت ریسک در این حوزه، مستلزم شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی طیف وسیعی از خطرات بالقوه و بالفعل است که از عوامل متعددی همچون شرایط فنی، انسانی، محیطی و قانونی تأثیر می‌پذیرد. به‌علاوه، تصمیم‌گیری در این زمینه اغلب با عدم قطعیت، داده‌های کیفی، و تعارض بین معیارهای مختلف همراه است، که استفاده از روش‌های سنتی ارزیابی ریسک را با محدودیت‌هایی جدی مواجه می‌سازد (La Fata *et al.*, 2021).

در این راستا، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multi-Criteria Decision Making - MCDM) به‌عنوان ابزارهایی توانمند برای تحلیل مسائل پیچیده و چندبعدی، جایگاه ویژه‌ای در مدیریت ریسک‌های HSE یافته‌اند (Maček *et al.*, 2020). این مدل‌ها امکان ارزیابی هم‌زمان چندین گزینه براساس مجموعه‌ای از معیارهای گاه متعارض را فراهم می‌سازند و به تصمیم‌گیرندگان اجازه می‌دهند تا با بهره‌گیری از رویکردی ساختارمند، بهترین گزینه یا راهبرد را در مواجهه با ریسک‌های متنوع شناسایی کنند. مزیت کلیدی این روش‌ها، انعطاف‌پذیری در ترکیب داده‌های کمی و کیفی، و نیز قابلیت به‌کارگیری در شرایط عدم قطعیت و ابهام است (Gul *et al.*, 2023). روش‌هایی مانند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، روش نزدیکی به راه‌حل ایده‌آل (TOPSIS)، روش توافق اکثریت (VIKOR)، رویکرد



رتبه‌بندی MOORA و سایر تکنیک‌های MCDM، به‌ویژه در ترکیب با ابزارهای فازی، به‌طور گسترده در ارزیابی و اولویت‌بندی خطرات، انتخاب راهکارهای کنترل ریسک، ارزیابی عملکرد ایمنی و بهداشت پیمانکاران، و نیز طراحی نظام‌های مدیریت ریسک در صنایع پرخطر همچون نفت و گاز، پتروشیمی، معادن و صنایع شیمیایی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Rajabi et al., 2020). این تکنیک‌ها، همچنین در ارزیابی آثار زیست‌محیطی، مدیریت بحران و برنامه‌ریزی پیشگیرانه در برابر سوانح نیز نقشی فزاینده ایفا می‌کنند (Korkusuz et al., 2020). ادبیات پژوهشی این حوزه در سال‌های اخیر رشد قابل‌توجهی داشته و مقالات متعددی به بررسی تجربی و نظری کارایی مدل‌های MCDM در مدیریت ریسک‌های HSE پرداخته‌اند. این مقالات علاوه بر معرفی مدل‌های مختلف، بر مزایا، محدودیت‌ها، کاربردها و روندهای نوین این تکنیک‌ها تمرکز دارند و تحلیل‌های مقایسه‌ای بین روش‌های موجود را نیز در بر می‌گیرند. از سوی دیگر، گسترش استفاده از مدل‌های هیبریدی (ترکیبی) با بهره‌گیری از الگوریتم‌های هوش مصنوعی، منطق فازی و تکنیک‌های یادگیری ماشین نیز افق‌های جدیدی را در این زمینه گشوده است (Pouyakian et al., 2022).

بنابراین، هدف از مطالعه حاضر، ارائه یک مرور جامع و تحلیلی از کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت ریسک‌های HSE است. این مطالعه با بررسی سیستماتیک منابع معتبر، به شناسایی روندهای پژوهشی، نقاط قوت و ضعف مدل‌های به‌کار رفته، و شفاف‌سازی قابلیت‌های این ابزارها در ارتقاء سطح تصمیم‌گیری در حوزه ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست می‌پردازد. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به مدیران اجرایی، مهندسان ایمنی، مشاوران HSE و پژوهشگران در انتخاب روش‌های مناسب برای مدیریت بهینه ریسک‌ها کمک نماید و زمینه‌ساز توسعه چارچوب‌های تصمیم‌گیری دقیق‌تر، علمی‌تر و کارآمدتر در این حوزه گردد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با هدف مرور نظام‌مند مطالعات انجام‌شده پیرامون کاربرد مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در مدیریت ریسک‌های HSE طراحی شده است. این مطالعه در چارچوب روش Systematic Literature Review (SLR) و با رویکردی ساختاریافته به منظور شناسایی، انتخاب، ارزیابی و تحلیل منابع علمی مرتبط با موضوع، صورت پذیرفته است.

در مرحله گردآوری داده‌ها، جستجوی هدفمند در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر بین‌المللی شامل IEEE، SpringerLink، ScienceDirect، PubMed، Scopus، Xplore و Google Scholar انجام شد. انتخاب این پایگاه‌ها به دلیل پوشش گسترده آن‌ها در حوزه‌های مهندسی ایمنی، بهداشت حرفه‌ای، تصمیم‌گیری چندمعیاره و مدیریت ریسک بوده است. بازه زمانی جستجو از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵ تعیین گردید تا مقالات مرتبط با تحولات فناوریانه و روندهای نوین در این حوزه نیز مدنظر قرار گیرند.

برای ارتقای دقت بازایی و افزایش جامعیت جستجو، از ترکیب واژگان کلیدی اصلی و فرعی به‌صورت هدفمند استفاده شد. کلیدواژه‌های مورد استفاده عبارت بودند از: مدیریت ریسک، ایمنی و بهداشت شغلی، تصمیم‌گیری چندمعیاره، روش‌های فازی، تحلیل ریسک، AHP، TOPSIS، FMEA، ارزیابی عملکرد، بهداشت حرفه‌ای، ایمنی صنعتی، صنایع نفت و گاز، تحلیل تصمیم، ارزیابی پیمانکاران، مدل‌سازی ریسک، تصمیم‌گیری ترکیبی، و مدیریت HSE.

در گام نخست، جستجوی اولیه منجر به شناسایی 9047 عنوان مقاله گردید. در ادامه، با اعمال فیلترهای موضوعی، زمانی (۲۰۱۰ تا ۲۰۲۵)، نوع منبع (مقالات علمی پژوهشی، مرور نظام‌مند، و مقالات کنفرانسی)، و محدودیت زبانی (زبان انگلیسی)، تعداد مقالات به 620 مقاله کاهش یافت. در مرحله بعد، با بررسی عناوین، چکیده‌ها و کلیدواژه‌های مقالات، میزان انطباق آن‌ها با اهداف پژوهش ارزیابی شد و در نتیجه، 47 مقاله که دارای بیشترین ارتباط مفهومی بودند، جهت بررسی محتوای کامل انتخاب شدند.

در مرحله نهایی، مقالات مورد بررسی براساس معیارهای حذف شامل فقدان روش‌شناسی علمی شفاف، عدم ارائه داده‌های قابل اعتماد، کاربرد محدود یا غیرقابل تعمیم مدل‌ها، و فقدان ارتباط مستقیم با حوزه HSE پالایش شدند. نهایتاً 10 مقاله برتر که دارای بیشترین تطابق با اهداف پژوهش بودند، به‌عنوان منابع نهایی برای تحلیل‌های تفصیلی انتخاب شدند.



تحلیل نهایی با بهره‌گیری از رویکرد تحلیل موضوع (Thematic Analysis) و چارچوب تحلیل محتوای کیفی صورت گرفت. این رویکرد امکان طبقه‌بندی، مقایسه، و استخراج مضامین کلیدی مرتبط با به‌کارگیری مدل‌های MCDM در مدیریت ریسک‌های HSE را فراهم ساخت. یافته‌های حاصل از این مرور نظام‌مند، مبنایی برای تبیین شکاف‌های موجود، شناسایی روندهای نوین و معرفی نوآوری‌های موجود در ادبیات بین‌المللی فراهم می‌سازد.

نتایج

بررسی و تحلیل مطالعات موجود در زمینه به‌کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در مدیریت ریسک‌های HSE (ایمنی، بهداشت شغلی، و محیط‌زیست) نشان‌دهنده اهمیت و کاربرد وسیع این مدل‌ها در ارزیابی و مدیریت ریسک‌ها در صنایع مختلف است. از آنجا که صنایع متعدد و پیچیده‌ای مانند صنایع نفت و گاز، شیمیایی، و ساخت و ساز با ریسک‌های فراوان و متنوعی روبه‌رو هستند، استفاده از روش‌های MCDM به‌عنوان یک ابزار تحلیلی کلیدی جهت شناسایی، اولویت‌بندی و مدیریت این ریسک‌ها به‌شدت توصیه می‌شود.

- کاربرد مدل‌های MCDM در مدیریت ریسک‌های HSE

یکی از ویژگی‌های برجسته مدل‌های MCDM در حوزه HSE توانایی آن‌ها در تحلیل و ارزیابی معیارهای متعدد و پیچیده است. در محیط‌های صنعتی که فاکتورهای زیادی مانند شرایط فیزیکی، محیطی، و انسانی باید مورد بررسی قرار گیرند، این مدل‌ها به تصمیم‌گیرندگان امکان می‌دهند که تصمیمات بهتری اتخاذ کنند. برای مثال، روش‌های AHP (تحلیل سلسله‌مراتبی) و TOPSIS (تکنیک اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل) به‌ویژه در ارزیابی و اولویت‌بندی خطرات و ریسک‌ها از کارایی بالایی برخوردار هستند. این روش‌ها به تصمیم‌گیرندگان کمک می‌کنند تا در شرایطی که معیارهای مختلف از نظر اهمیت با یکدیگر تفاوت دارند، بتوانند یک تحلیل جامع و مبتنی بر اولویت‌های مشخص ارائه دهند.

- توانمندی‌های نسخه‌های فازی MCDM

یکی دیگر از جنبه‌های مهم در استفاده از مدل‌های MCDM در مدیریت ریسک‌های HSE، به‌کارگیری نسخه‌های فازی این مدل‌ها است. این نسخه‌ها زمانی که داده‌ها دارای عدم قطعیت یا ابهام هستند، به‌ویژه در شرایطی که برخی اطلاعات به‌طور کامل در دسترس نباشند یا ماهیت ذهنی داشته باشند، می‌توانند بسیار مؤثر واقع شوند. به‌طور مشخص، استفاده از منطق فازی در ترکیب با روش‌هایی مانند AHP و TOPSIS به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که مدل‌هایی با دقت بالا طراحی کنند که می‌تواند حتی در مواجهه با داده‌های ناپایدار یا مبهم، به تحلیل صحیح‌تری از وضعیت ریسک‌ها منجر شود.

- مدل‌های ترکیبی و پیشرفت‌های نوین

در بسیاری از مطالعات، به‌ویژه در مطالعات اخیر، استفاده از مدل‌های ترکیبی به‌عنوان یک روند نوین در این حوزه مطرح شده است. ترکیب روش‌های مختلف تصمیم‌گیری مانند FMEA (تحلیل حالات و اثرات خرابی) و MCDM، توانسته است بر محدودیت‌های روش‌های سنتی غلبه کرده و دقت بیشتری در شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها به دست آورد. برای مثال، ترکیب نقشه‌های شناختی فازی (FCM) و روش MOORA در برخی از مطالعات، امکان ارزیابی دقیق‌تری از خطرات را فراهم کرده است. این ترکیب‌ها قادرند به‌طور هم‌زمان مزایای هر دو روش را ترکیب کنند و به تصمیم‌گیرندگان کمک کنند تا به تحلیل پیچیده‌تری از ریسک‌ها برسند.

- کاربرد در صنایع خاص

مطالعات موردی در حوزه صنایع خاص نیز نشان‌دهنده کارایی بالای مدل‌های MCDM در مدیریت ریسک‌های HSE است. به‌ویژه در صنایع با خطرات بالای زیست‌محیطی و شغلی، مانند صنایع نفت و گاز، ترکیب مدل‌های MCDM با دیگر روش‌های تحلیلی به طرز چشمگیری به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک کرده است. برای مثال، استفاده از روش‌های AHP، Delphi، و TOPSIS در ارزیابی ریسک‌ها در ساختارهای پشتیبانی صنعت نفت و گاز، به ارزیابی دقیق‌تر شرایط محیطی، فرآیندی و فیزیکی اجزا کمک کرده است و به اتخاذ تصمیمات بهینه در مدیریت ریسک منجر شده است.



- بهبود دقت در ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها

در تمامی مطالعات مرور شده، یکی از نکات برجسته، بهبود دقت ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها از طریق استفاده از مدل‌های MCDM بوده است. این مدل‌ها با توانایی در تجزیه و تحلیل داده‌ها از جنبه‌های مختلف، می‌توانند به شناسایی دقیق‌تر ریسک‌ها و خطرات کمک کنند و در نتیجه اولویت‌بندی آن‌ها را با دقت بالاتری انجام دهند. به‌ویژه در صنایع پیچیده‌ای مانند صنایع شیمیایی و ساخت و ساز، که انواع مختلفی از خطرات (مانند خطرات فیزیکی، شیمیایی، و زیست‌محیطی) وجود دارند، این مدل‌ها می‌توانند به تعیین اولویت‌های درست در مقابله با ریسک‌ها کمک کنند.

در مجموع، مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به‌ویژه در نسخه‌های فازی، در مدیریت ریسک‌های HSE ابزارهای بسیار کارآمد و مؤثری هستند که به شناسایی، تحلیل و اولویت‌بندی دقیق ریسک‌ها کمک می‌کنند. این روش‌ها به ویژه در محیط‌های پیچیده و پرریسک، جایی که معیارهای مختلف باید هم‌زمان ارزیابی شوند، کاربرد گسترده‌ای دارند. همچنین، استفاده از روش‌های ترکیبی و مدل‌های نوین به‌ویژه در صنایعی مانند نفت و گاز، می‌تواند به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک کرده و منجر به اتخاذ تصمیمات بهینه‌تری در زمینه مدیریت ریسک‌های HSE شود.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعاتی که به مرور مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) در مدیریت ریسک‌های HSE پرداخته‌اند، به تفصیل بررسی شده است. در مطالعه‌ای از Gul (2018) با بررسی ۸۰ مقاله مشخص شد که روش‌های MCDM و نسخه‌های فازی آن در ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت شغلی (OHS) کاربرد وسیعی دارند و به دلیل توانایی در مدیریت معیارهای متضاد، موجب بهبود تصمیم‌گیری در این حوزه می‌شوند. Kolios و Okoro (2018) چارچوبی برای ارزیابی ریسک چندمعیاره در صنعت نفت و گاز ارائه دادند که با بهره‌گیری از روش‌هایی مانند Delphi، AHP و TOPSIS به تصمیم‌گیری دقیق‌تری در مورد ریسک اجزا منجر شد. در مطالعه‌ای دیگر، Dabbagh و Yousefi (2019) با ترکیب نقشه‌های شناختی فازی (FCM) و روش MOORA توانستند محدودیت‌های روش سنتی FMEA را کاهش داده و اولویت‌بندی بهتری از ریسک‌ها ارائه دهند. Dizdar و Ünver (2020) نیز تأکید کردند که استفاده از روش‌هایی چون AHP و Delphi می‌تواند در محیط‌های کاری پیچیده، به شناسایی بهتر ریسک‌ها و ارتقای تصمیم‌گیری کمک کند. بررسی ۱۶۹ مقاله توسط Liu و همکاران (2019) نشان داد که ترکیب FMEA با روش‌های MCDM می‌تواند دقت ارزیابی حالت‌های خرابی را افزایش دهد. همچنین Topuz و همکاران (2011) با ترکیب AHP و منطق فازی، مدلی برای ارزیابی همزمان ریسک‌های زیست‌محیطی و سلامت انسانی ارائه دادند که به تصمیم‌گیرندگان محیط‌زیستی در شناسایی منابع ریسک کمک می‌کند. مطالعه Liu و همکاران (2015) نیز نشان داد که ادغام روش‌های MCDM مانند AHP و VIKOR با FMEA می‌تواند به ارزیابی دقیق‌تر و اولویت‌بندی بهتر خطرات منجر شود. Chakraborty و همکاران (2023) در مرور نظام‌مند خود به بررسی ۱۴۰ مقاله پرداختند و مشخص کردند که روش‌های MCDM در حوزه سلامت و درمان، به ویژه در انتخاب تجهیزات و ارزیابی کیفیت خدمات، به‌طور گسترده‌ای به کار می‌روند. در همین راستا، Yazoo-Cabuya و همکاران (2015) نشان دادند که استفاده از MCDM در سیستم‌های مدیریت کیفیت می‌تواند فرآیندهای تصمیم‌گیری را بهبود بخشد. در نهایت Yarahmadi و همکاران (2018) با استفاده از روش‌های AHP و TOPSIS عملکرد HSE پیمانکاران را در مجتمع بندری امام خمینی ارزیابی کرده و دریافتند که وضعیت مطلوب موجود ناشی از استقرار سیستم مدیریت HSE است. این مجموعه مطالعات گواه روشنی بر اهمیت و کارایی مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در مدیریت مؤثر ریسک‌های HSE در حوزه‌های گوناگون است. مدیریت ریسک در حوزه ایمنی، بهداشت شغلی و محیط‌زیست (HSE) همواره یکی از چالش‌های مهم و اساسی در صنایع مختلف به شمار می‌آید. این چالش‌ها به‌ویژه در صنایع با خطرات بالاتر مانند نفت، گاز، پتروشیمی، صنایع شیمیایی، معدن و ساخت‌وساز اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. برای مقابله با این چالش‌ها، تصمیم‌گیری صحیح و به‌موقع در خصوص شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها، به‌ویژه در شرایط



همایش ملی فناوری و نوآوری در آبرزی پروری

امنیت غذایی و حفاظت از محیط زیست



National Conference Technology and Innovation in Aquaculture Food Security and Environmental Protection

زمان برگزاری: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۴

پیچیده و پر از ابهام، ضرورت دارد. در این راستا، استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به‌ویژه در ترکیب با روش‌های فازی، به ابزاری کارآمد و موثر تبدیل شده است که می‌تواند به تحلیل و بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری در مواجهه با ریسک‌های متنوع و پیچیده کمک کند.

مطالعات متعددی که در زمینه کاربرد مدل‌های MCDM در ارزیابی ریسک‌های HSE انجام شده، نشان می‌دهند که این روش‌ها می‌توانند با ارزیابی معیارهای متنوع، پیچیده و گاه متضاد، فرآیندهای تصمیم‌گیری را بهبود بخشند. با توجه به این که در محیط‌های صنعتی، ریسک‌ها و خطرات ممکن است در قالب داده‌های غیرقطعی یا مبهم بروز کنند، ترکیب این مدل‌ها با منطق فازی به‌ویژه در مدیریت ریسک‌های پیچیده و چندوجهی اهمیت بسیاری پیدا می‌کند. مدل‌های AHP، TOPSIS و ... به عنوان روش‌های معتبر و پرکاربرد در این حوزه شناخته شده‌اند و توانسته‌اند در صنایع مختلف با موفقیت به کار گرفته شوند.

در حقیقت، استفاده از مدل‌های MCDM، به‌ویژه در ترکیب با منطق فازی، امکان ارزیابی دقیق‌تر و جامع‌تر ریسک‌ها را فراهم می‌آورد. این ترکیب‌ها به‌ویژه در شرایطی که با عدم قطعیت و داده‌های مبهم مواجه هستیم، می‌توانند به‌طور مؤثری به مدیریت و اولویت‌بندی ریسک‌ها کمک کنند. به‌ویژه در صنایع بزرگ و پیچیده‌ای مانند نفت و گاز، این مدل‌ها قادرند اطلاعات را از ابعاد مختلفی مانند شرایط فیزیکی، محیطی و فرآیندی تحلیل کرده و به تصمیم‌گیرندگان کمک کنند تا با دیدی جامع‌تر و مستندتر، اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی را در راستای بهبود ایمنی و حفاظت از سلامت کارکنان و محیط‌زیست اتخاذ کنند.

یکی از ویژگی‌های برجسته مدل‌های MCDM این است که توانایی دارند ریسک‌ها را از جنبه‌های مختلف مورد بررسی قرار دهند و آنها را به‌طور مؤثری اولویت‌بندی کنند. در نتیجه، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با استفاده از این روش‌ها، منابع محدود را به بهترین نحو در جهت کاهش ریسک‌ها و تهدیدات موجود تخصیص دهند. به‌ویژه در شرایطی که منابع مالی و انسانی محدود است، این مدل‌ها می‌توانند به تصمیم‌گیرندگان کمک کنند تا با شفافیت و دقت بیشتری اولویت‌های خود را تعیین کرده و تصمیمات بهینه‌تری اتخاذ کنند.

همچنین ترکیب این مدل‌ها با تکنیک‌هایی مانند نقشه‌های شناختی فازی (FCM) و روش‌های MOORA به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که داده‌ها و اطلاعات پیچیده را به‌صورت بصری و مدل‌سازی شده تجزیه و تحلیل کنند. این روش‌ها می‌توانند در تسهیل فرآیند تصمیم‌گیری و ارزیابی دقیق‌تر وضعیت موجود بسیار مؤثر باشند. این رویکردهای ترکیبی و مبتنی بر مدل‌های MCDM می‌توانند به‌ویژه در محیط‌های صنعتی پیچیده که با تهدیدات چندگانه و در عین حال متناقض مواجه هستند، به بهبود فرآیندهای تصمیم‌گیری کمک کنند.

علاوه بر این، روش‌های FMEA در ترکیب با مدل‌های MCDM توانسته‌اند دقت ارزیابی ریسک‌ها را به‌طور قابل توجهی افزایش دهند و فرآیند اولویت‌بندی خرابی‌ها و خطرات را بهینه کنند. در این راستا، بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده‌اند که ترکیب این مدل‌ها با تکنیک‌های AHP و VIKOR در فرآیند ارزیابی ریسک‌ها تأثیر زیادی در دقت تصمیم‌گیری‌ها دارد و باعث کاهش خطاهای انسانی و بهبود اقدامات پیشگیرانه می‌شود.

علاوه بر مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، استفاده از منطق فازی نیز در بهبود دقت تصمیمات مؤثر بوده است. روش‌های فازی می‌توانند داده‌های مبهم و غیرقطعی را به‌طور مؤثر پردازش کرده و به تصمیم‌گیرندگان این امکان را بدهند تا در شرایطی که داده‌ها به‌طور کامل یا دقیق در دسترس نیستند، همچنان تصمیمات معقول و بهینه‌ای اتخاذ کنند. این ویژگی باعث شده است که در بسیاری از صنایع حساس که با ریسک‌های بالا و داده‌های ناپایدار مواجه هستند، مدل‌های MCDM همراه با منطق فازی به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گیرند.

یکی از مهم‌ترین پیشنهادها در راستای بهبود مدیریت ریسک در حوزه HSE، استفاده نظام‌مند از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به‌عنوان بخشی از ساختار رسمی نظام مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست سازمان‌ها است. بسیاری از صنایع، به‌ویژه صنایع پرریسک، هنوز هم از روش‌های سنتی، شهودی یا تجربی برای ارزیابی ریسک استفاده می‌کنند که این امر منجر به ارزیابی ناقص و تصمیم‌گیری‌های غیرعلمی می‌شود. در حالی که مدل‌های MCDM، با فراهم آوردن چارچوبی دقیق، منطقی و قابل تکرار، امکان تحلیل ریسک‌ها را از زوایای مختلف و با در نظر گرفتن معیارهای متنوع میسر می‌سازند. بنابراین، گنجاندن این مدل‌ها در قالب دستورالعمل‌های رسمی و سامانه‌های نرم‌افزاری مدیریت HSE، می‌تواند اثربخشی اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی را به‌طور چشمگیری افزایش دهد.



از سوی دیگر، ترکیب و هم‌افزایی مدل‌های MCDM با فناوری‌های نوین مانند سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، اینترنت اشیا (IoT)، و هوش مصنوعی (AI) می‌تواند مزیت‌های تحلیلی بسیار قدرتمندی را در اختیار سازمان‌ها قرار دهد. برای مثال، با ترکیب GIS و AHP، می‌توان مناطق پرخطر را به صورت مکانی-زمانی تحلیل کرده و برای تخصیص منابع مقابله با خطرات، تصمیمات هوشمندانه‌تری اتخاذ کرد. همچنین داده‌های لحظه‌ای حاصل از سنسورها در بستر IoT می‌تواند اطلاعات حیاتی و زنده‌ای را به مدل‌های تصمیم‌گیری وارد کرده و تحلیل‌های پویا و بلادرنگ از وضعیت ایمنی و محیطی ارائه دهند. توسعه این رویکردهای ترکیبی، افق‌های جدیدی در مدیریت علمی ریسک‌ها می‌گشاید.

افزایش سطح آموزش، آگاهی و مهارت‌های کارکنان و مدیران مرتبط با HSE در زمینه به‌کارگیری روش‌های نوین تصمیم‌گیری، به‌ویژه مدل‌های MCDM و منطق فازی نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. بسیاری از سازمان‌ها علی‌رغم دسترسی به داده‌های غنی و ابزارهای تصمیم‌گیری، به دلیل کمبود دانش تخصصی و آشنایی ناکافی با این مدل‌ها، قادر به بهره‌برداری مؤثر از آن‌ها نیستند. بنابراین، برگزاری دوره‌های آموزشی، کارگاه‌های تخصصی و توسعه محتوای بومی آموزشی در این زمینه، می‌تواند زمینه‌ساز ارتقاء کیفیت تصمیمات و بهبود عملکرد ایمنی در سطح سازمانی شود.

در نهایت، توصیه می‌شود پژوهشگران، مشاوران و مدیران HSE نسبت به توسعه مطالعات بومی و موردی در صنایع داخلی، با هدف به‌کارگیری و ارزیابی کارایی مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط واقعی اقدام کنند. استفاده از مطالعات موردی، به‌ویژه در محیط‌های پرخطر مانند معادن، پالایشگاه‌ها، کارخانه‌های پتروشیمی و پروژه‌های عمرانی بزرگ، می‌تواند به غنای ادبیات علمی داخلی کمک کرده و مسیر را برای تدوین راهکارهای اجرایی مؤثر و متناسب با شرایط بومی هموار کند. این رویکرد، زمینه را برای تدوین دستورالعمل‌ها و استانداردهای ملی در حوزه مدیریت ریسک فراهم خواهد آورد.

منابع

- Chakraborty, S., Raut, R. D., Rofin, T. M. and Chakraborty, S., 2023.** A comprehensive and systematic review of multi-criteria decision-making methods and applications in healthcare. *Healthcare Analytics*, 4: 100232.
- Dabbagh, R. and Yousefi, S., 2019.** A hybrid decision-making approach based on FCM and MOORA for occupational health and safety risk analysis. *Journal of safety research*, 71: 111-123.
- Dizdar, E. N. and Ünver, M., 2020.** The assessment of occupational safety and health in Turkey by applying a decision-making method; MULTIMOORA. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*.
- Gul, M., Yucesan, M. and Karacahan, M. K., 2023.** A Multi-parameter Occupational Safety Risk Assessment Model for Chemicals in the University Laboratories by an MCDM Sorting Method. In *Advances in Reliability, Failure and Risk Analysis* (pp. 131-149). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Gul, M., 2018.** A review of occupational health and safety risk assessment approaches based on multi-criteria decision-making methods and their fuzzy versions. *Human and ecological risk assessment: an international journal*, 24(7): 1723-1760.
- Khalilzadeh, M., Ghasemi, P., Afrasiabi, A. and Shakeri, H., 2021.** Hybrid fuzzy MCDM and FMEA integrating with linear programming approach for the hea
- Korkusuz, A., Inan, U., Ozdemir, Y. and BAŞLIGİL, H., 2020.** Occupational health and safety performance measurement in healthcare sector using integrated multi criteria decision making methods. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35(1).
- lth and safety executive risks: a case study. Journal of modelling in management**, 16(4): 1025-1053.



La Fata, C. M., Giallanza, A., Micale, R. and La Scalia, G., 2021. Ranking of occupational health and safety risks by a multi-criteria perspective: inclusion of human factors and application of VIKOR. *Safety science*, 138: 105234.

Liu, H. C., Chen, X. Q., Duan, C. Y. and Wang, Y. M., 2019. Failure mode and effect analysis using multi-criteria decision making methods: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 135: 881-897.

Liu, H. C., You, J. X., Ding, X. F. and Su, Q., 2015. Improving risk evaluation in FMEA with a hybrid multiple criteria decision making method. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 32(7): 763-782.

Maček, D., Magdalenic, I. and Redep, N. B., 2020. A systematic literature review on the application of multicriteria decision making methods for information security risk assessment. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 10(2):161-174.

Okoro, U. and Kolios, A., 2018. Multicriteria risk assessment framework for components' risk ranking: Case study of a complex oil and gas support structure. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 25(5-6): 113-129.

Pouyakian, M., Khatabakhsh, A., Yazdi, M. and Zarei, E., 2022. Optimizing the allocation of risk control measures using fuzzy MCDM approach: review and application. *Linguistic methods under fuzzy information in system safety and reliability analysis*, pp.53-89.

Rajabi, F., Molaeifar, H., Jahangiri, M., Taheri, S., Banaee, S. and Farhadi, P., 2020. Occupational stressors among firefighters: application of multi-criteria decision making (MCDM) Techniques. *Heliyon*, 6(4).

Topuz, E., Talinli, I. and Aydin, E., 2011. Integration of environmental and human health risk assessment for industries using hazardous materials: A quantitative multi criteria approach for environmental decision makers. *Environment International*, 37(2): 393-403.

Yazo-Cabuya, E. J., Ibeas, A. and Rey-Caballero, R., 2025. Multi-Criteria Decision Making for Risk Management in Quality Management Systems. *Sustainability*, 17(3): 1092.

Yarahmadi, P., Dashti, S. and Sabzghabaei, G. R., 2018. Assessment and ranking of contractors from the point of view HSE performance using Multi-criteria decision making method (AHP and TOPSIS) in Imam Khomeini port complex. *Journal of occupational hygiene engineering*, 4(4): 70-80.