Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 16, No.4, Winter 2025
Pages: 1-17

فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۱۶ ، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳
صفحه: ۱۷-۱

شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر جانمایی نقاط تجمع ایمن با استفاده از روش Best-Worst Method

فاطمه آزاد [۱]، مهناز میرزا ابراهیم طهرانی [۲*]، سیدعلی جوزی [۳]، سید محمدرضا میری لواسانی [۴]

چکیده

مقدمه: جانمایی نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری یکی از مهم‌ترین اقدامات در مدیریت شرایط اضطراری در صنایع مختلف، بویژه نفت و گاز و پتروشیمی می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف استخراج معیارهای مؤثر بر جانمایی نقاط تجمع ایمن و اولویت‌بندی این معیارها برای استفاده صنایع فرآیندی کشور طراحی و اجرا شد.

روش بررسی: این مطالعه بصورت توصیفی- اکتشافی در شرکت ملی پتروشیمی اجرا شد. در فاز اول، با بررسی متون و مقالات علمی، استانداردها، راهنماها و دستورالعمل‌های ملی و بین المللی، معیارهای مؤثر بر جانمایی نقاط تجمع ایمن استخراج و در قالب یک مطالعه دلفی توسط ۱۵ متخصص مدیریت شرایط اضطراری لیست نهایی معیارها تعیین شد. سپس، در فاز دوم؛ اولویت‌بندی و رتبه‌بندی این معیارها با استفاده از یک رویکرد تصمیم‌گیری چندمعیاره و روش بهترین- بدترین انجام شد.

نتایج: نهایتاً، مطالعه دلفی پس از اجرای ۲ راند با تعیین ۱۰ معیار داخلی و ۷ معیار بیرونی و مجموعاً ۱۷ معیار مؤثر برای تعیین نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری در صنایع فرآیندی پایان یافت. در بین معیارهای داخلی، سهولت دسترسی با وزن ۰/۱۹۴۸ رتبه اول، پتانسیل اثرپذیری از حادثه با وزن ۰/۱۵۴۳ رتبه دوم و مدت‌زمان پیمایش با وزن ۰/۱۱۰۹ رتبه سوم را کسب کرد. در بین معیارهای بیرونی، فاصله از مراکز خطرزای اطراف با وزن ۰/۲۱۸۱ رتبه اول، ماهیت سناریوهای محتمل با وزن ۰/۲۰۸۱ رتبه دوم و امکانات اضطراری اطراف با وزن ۰/۱۴۶۲ رتبه سوم را کسب کردند.

نتیجه‌گیری: جانمایی نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری در صنایع فرآیندی بایستی با توجه به معیارهای فاصله از مراکز خطرزای اطراف، ماهیت سناریوهای محتمل، سهولت دسترسی، پتانسیل اثرپذیری از حادثه، امکانات اضطراری اطراف و شرایط باد غالب انجام پذیرد تا بیشترین حفاظت از جان شاغلین صورت پذیرد.

واژه‌های کلیدی: تصمیم‌گیری چندمعیاره، نقطه تجمع ایمن، مطالعه دلفی، صنایع فرآیندی، روش بهترین- بدترین

[*] دانشجوی دکتری، گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] دانشیار، گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۳] استاد، گروه محیط زیست، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۴] استادیار، گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
* (نویسنده مسئول)؛ تلفن تماس: ۰۹۱۲۴۰۲۶۶۱۵، پست الکترونیک: Tehrani_mah@gmail.com
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۴

CC BY- NC 4.0

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

مقدمه

در سیستم‌های صنعتی، عوامل خطرناکی مانند انتشار مواد سمی، آتش‌سوزی، انفجار، و بخارات سمی به‌طور بالقوه وجود دارند. این خطرات می‌توانند زمینه‌ساز وقوع حوادث شدید و بحران‌آفرین شوند و ممکن است به جراحات، مرگ و میر در محل کار، آسیب به اموال، خسارت اقتصادی، و آلودگی زیست‌محیطی منجر شوند (۱). در این بین، صنایع فرآیندی که در حوزه‌های نفت، گاز، پتروشیمی و انرژی و بسیاری از واحدهای تولیدی کاربرد دارند، به دلیل اهمیت بالای اقتصادی و اشتغال‌زایی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (۲). این صنایع دارای سیستم‌های پیچیده‌ای بوده و به علت کار با مواد خطرناک در شرایط عملیاتی با دما و فشار بالا مستعد وقوع حوادث فاجعه‌بار هستند (۳). صنایع فرآیندی دارای چهار ویژگی اصلی شامل کیفیت و کمیت بالای انرژی‌های مورد استفاده، انعطاف‌پذیری محدود، پیچیدگی زیاد و ارزش بالای اقتصادی هستند که این عوامل گاهی منجر به وقوع حوادث فاجعه‌بار می‌شود (۴). مطالعات نشان داده است که حوادث در این صنایع دارای احتمال وقوع پایین ولی شدت بسیار بالا بوده و در صورت وقوع منجر به ایجاد خسارات جبران‌ناپذیری از نظر انسانی، زیست محیطی، مالی و کاهش اعتبار سازمان خواهد شد (۵, ۶). با افزایش تعداد این حوادث و نگرانی‌های زیست‌محیطی، بسیاری از دولت‌ها صنایع را ملزم به مطالعه سناریوهای محتمل در ایجاد حادثه کرده‌اند تا با مدیریت شرایط اضطراری، بتوانند ریسک حوادث و پیامدهای مخرب زیست‌محیطی، اقتصادی و انسانی آن‌ها را کنترل نمایند (۷, ۸).

برای مقابله با این خطرات، داشتن یک سیستم مدیریت شرایط اضطراری کارآمد ضروری است. این سیستم باید شامل فرآیندهای مشخص برای شناسایی سناریوهای خطرناک، ارزیابی ریسک‌ها، آماده‌سازی برای واکنش سریع و مؤثر، مدیریت بحران و بازیابی پس از حادثه باشد (۹, ۱۰). طبق تعریف اداره ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آمریکا (OSHA)، شرایط اضطراری عبارت است از: یک شرایط غیرمنتظره تهدیدکننده کارکنان، مشتریان یا جامعه که فعالیت‌های کاری و عملیاتی را مختل یا متوقف کرده یا باعث آسیب‌های محیطی یا فیزیکی شده یا ثبات تجاری اقتصادی سازمان را مختل کرده و یا اینکه تصور مردم از سازمان را تهدید نماید (۱۱). در صورت عدم کنترل فوری و مؤثر چنین حوادثی، پتانسیل گسترش و تشدید اثرات آن‌ها وجود داشته و می‌تواند عواقب وخیمی را برای سازمان‌ها و بخصوص صنایع فرآیندی داشته باشد (۱۲).

جانمایی نقاط تجمع ایمن یکی از مهم‌ترین اقدامات در مدیریت شرایط اضطراری در صنایع و محیط‌های مختلف است. این نقاط به‌عنوان مکان‌های امنی در نظر گرفته می‌شوند که در صورت وقوع حوادث، افراد می‌توانند به آنجا پناه ببرند تا از خطرات احتمالی دور شوند. انتخاب مکان مناسب برای این نقاط تأثیر مستقیم بر کاهش تلفات انسانی و خسارات مالی دارد (۱۳). از این رو، انتخاب نقاط تجمع ایمن که بتواند بیشترین حفاظت را برای کارکنان و سایر افراد حاضر در محل فراهم کند، ضروری است (۱۴). انتخاب مکان مناسب برای نقاط تجمع ایمن نیازمند در نظر گرفتن معیارهای مختلفی است که می‌تواند بر ایمنی افراد تأثیر بگذارد. برخی از این معیارها شامل فاصله از محل حادثه، دسترسی آسان، ظرفیت مکان، و مقاومت در برابر خطرات محیطی است. به عنوان مثال، اگر نقطه تجمع ایمن در نزدیکی محل حادثه قرار داشته باشد، ممکن است خود این نقطه نیز در معرض خطر باشد و به جای حفاظت از افراد، خطرات بیشتری را برای آن‌ها به همراه داشته باشد (۱۵). همچنین؛ دسترسی آسان به نقطه تجمع از اهمیت بالایی برخوردار است. در شرایط اضطراری، افراد باید بتوانند به‌سرعت و بدون مواجهه با موانع و خطرات احتمالی در مسیر به نقطه تجمع برسند. این موضوع به‌ویژه در محیط‌های پیچیده مانند صنایع فرآیندی که دارای تأسیسات و لوله‌کشی‌های متعددی هستند، چالش‌برانگیز است. علاوه بر این، ظرفیت نقطه تجمع نیز باید متناسب با تعداد افراد حاضر در محل باشد تا از تجمع بیش‌ازحد و ایجاد خطرات جدید جلوگیری شود (۱۶).

برای انتخاب و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر جانمایی نقاط تجمع ایمن، می‌توان از روش‌های متنوعی استفاده کرد که هر کدام دارای معایب و مزایای منحصر به فردی هستند. یکی از روش‌های نوین و کارآمد در این زمینه، روش بهترین- بدترین (BWM-Best-Worst Method) است که توسط Rezaei در 2015 ارائه شده است (۱۷). این روش به تصمیم‌گیرندگان این امکان را می‌دهد که با مقایسه معیارهای مختلف، بهترین و بدترین معیارها را شناسایی کنند و سپس سایر معیارها را نسبت به این دو معیار اصلی ارزیابی نمایند. روش BWM دارای مزایای متعددی است که آن را به یک ابزار مؤثر در اولویت‌بندی معیارها تبدیل می‌کند. این روش به دلیل نیاز به مقایسه‌های کمتر نسبت به روش‌های دیگر مانند فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) دارای

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

دقت بالاتری بوده و نتایج به‌دست‌آمده از آن نیز به‌طور کلی پایدارتر است. علاوه بر این، این روش به دلیل نیاز به مقایسه‌های کمتری، از نظر زمان و هزینه نیز بهینه‌تر است و برای تصمیم‌گیری‌های پیچیده و چندمعیاره مناسب‌تر می‌باشد (۱۸).

در تدوین برنامه‌های اضطراری و تعیین نقاط تجمع ایمن، بهره‌گیری از استانداردها و دستورالعمل‌های معتبر ضروری است. با اینکه استانداردها و راهنماهای مختلف معیارهای متعددی را ارائه می‌دهند، اما تعیین و جانمایی این نقاط در صنایع فرآیندی کشور اغلب بر اصول علمی منطبق نبوده و از معیارهای دقیقی برای این منظور استفاده نمی‌شود. یکی از دلایل این موضوع تنوع و تعدد بالای مستندات موجود است که باعث می‌شود انتخاب محل تجمع اضطراری بیشتر بر اساس اصول سنتی و سلیقه‌ای انجام شود (۱۵). علاوه براین، تعدد بالای معیارهای موجود برای تعیین نقاط تجمع ایمن گاهی اوقات منجر به دشواری در تعیین نقاط تجمع بهینه می‌گردد و نیاز است که از بین معیارهای موجود، مواردی با اولویت بالاتر، بیشتر مورد توجه قرار گیرد. بنابراین، انجام مطالعه‌ای جامع برای تعیین معیارهای مؤثر بر جانمایی نقاط تجمع ایمن که در آن هم از استانداردها و دستورالعمل‌های موجود و هم از نظرات خبرگان در قالب یک مطالعه نظام‌مند استفاده شده باشد و نهایتاً اولویت‌بندی این معیارها با روش‌های علمی تصمیم‌گیری انجام گرفته باشد، ضروری بنظر می‌رسد. از این‌رو، مطالعه حاضر با هدف استخراج معیارهای مؤثر بر جانمایی نقاط تجمع ایمن و اولویت‌بندی این معیارها برای استفاده صنایع فرآیندی طراحی و اجرا شد.

روش بررسی

این مطالعه بصورت توصیفی- اکتشافی در شرکت ملی پتروشیمی اجرا شد. مطالعه حاضر توسط کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال با کد اخلاق IR.IAU.TNMB.REC.1403.156 مورد تأیید و تصویب قرار گرفت. خبرگان شرکت‌کنندگان در مطالعه فرم رضایت آگاهانه را مطالعه و امضاء نمودند. این پژوهش در دو فاز انجام پذیرفت. در فاز اول، معیارهای مؤثر بر جانمایی نقاط تجمع ایمن از طریق بررسی کتابخانه‌ای و مطالعه استانداردها، راهنماها، دستورالعمل‌ها و مقالات علمی استخراج و با تکنیک دلفی غربال و پالایش شد. پس از تعیین معیارهای نهایی در مرحله قبل، در فاز دوم اولویت‌بندی و رتبه‌بندی معیارهای تعیین‌شده با استفاده از روش BWM انجام پذیرفت. مدل مفهومی مورد استفاده در مطالعه و فازها و مراحل مختلف در شکل ۱ نمایش داده شده است. در ادامه مراحل اجرای مطالعه تشریح می‌گردد.

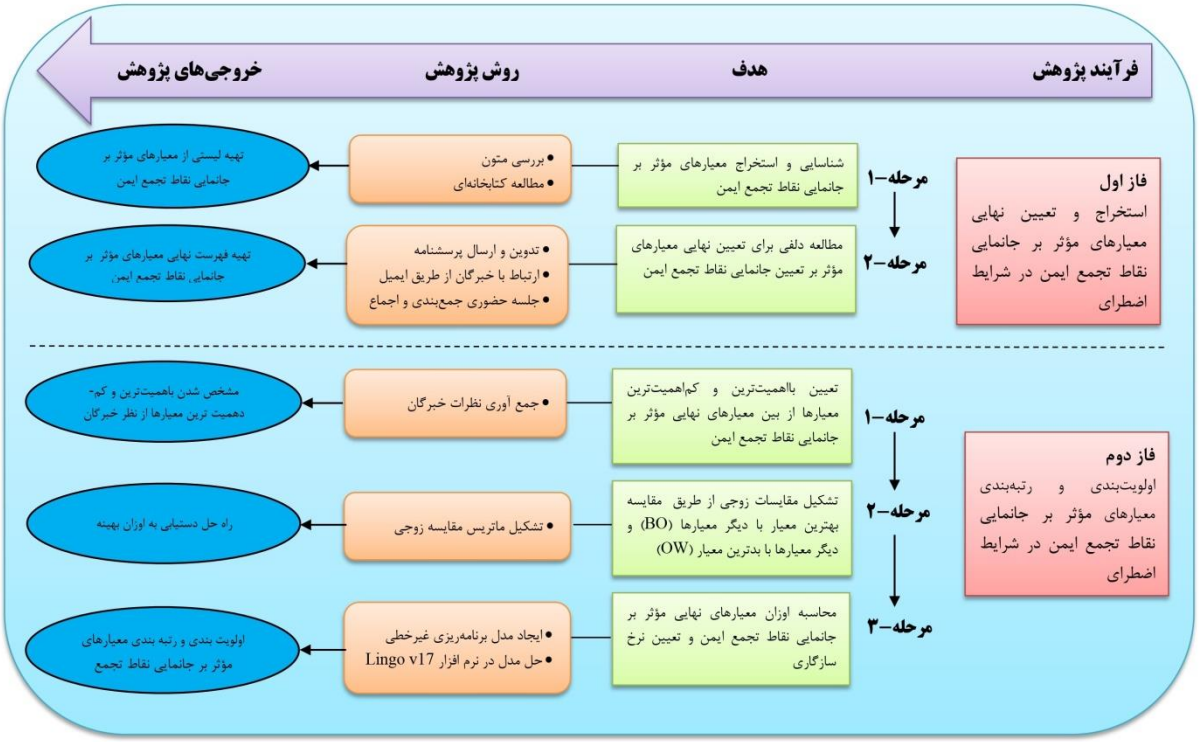
فاز اول: استخراج و تعیین معیارهای مؤثر در انتخاب و جانمایی محل تجمع ایمن

مرحله اول- در مرحله نخست، معیارهای مؤثر بر مکان‌یابی نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری شناسایی و استخراج شدند. برای این منظور، از منابع علمی استفاده شد و طی یک مطالعه کتابخانه‌ای، مقالات، استانداردها، راهنماها و سایر منابع علمی مورد بررسی قرار گرفتند تا این معیارها شناسایی شوند. برای یافتن مطالعات مرتبط، یک بررسی غیرسیستماتیک در پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر داخلی از جمله SID، Magiran، Irandoc با کلیدواژه‌های فارسی مرتبط با مدیریت شرایط اضطراری، خروج اضطراری، محل امن، پناهگاه موقت، اسکان اضطراری، تخلیه اضطراری، عوامل تأثیرگذار و صنایع فرآیندی، و همچنین در پایگاه‌های بین‌المللی انگلیسی‌زبان مانند Science Direct، Google Scholar، Scopus، Springer، PubMed و IEEE با کلیدواژه‌های انگلیسی مانند Emergency Assembly Point، Emergency Evacuation، Emergency Management، Safe Area، Chemical Process Industry، Muster Point، Chemical Accident، Emergency Plan، Shelter و Disaster Managementبرای بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ انجام شد و مدارک علمی مرتبط استخراج شدند. با توجه به اینکه در سطح ملی و بین‌المللی، راهنماها و استانداردهای مختلفی برای مدیریت شرایط اضطراری تدوین شده‌اند، علاوه بر مطالعات موجود در پایگاه‌های اطلاعاتی فوق، برخی از اطلاعات و معیارها از استانداردهای NFPA 1616 ، NFPA 1600، NFPA 1620، NFPA 1660، NFPA 101و OSHA 1910.38 نیز استخراج شد. همچنین، استاندارد ISO 15544 از میان استانداردهای سازمان بین‌المللی استاندارد انتخاب و بررسی شد. راهنماهای AS 3745و GS EP SAF 351 نیز جهت شناسایی معیارهای احتمالی مطالعه شدند. بمنظور شفافیت و افزایش دقت خبرگان در تعیین معیارهای مؤثر بر تعیین نقاط تجمع ایمن درشرایط اضطراری، معیارهای شناسایی‌شده با مطالعه کتابخانه‌ای به تفکیک در ۲ گروه معیارهای داخلی و معیارهای بیرونی تقسیم‌بندی و در اختیار خبرگان قرار گرفت. معیارهای داخلی به عواملی اشاره داشت که در تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاص محل تجمع اضطراری دخالت دارند. معیارهای بیرونی به عواملی اشاره داشت که از محیط اطراف محل تجمع اضطراری نشأت می‌گیرند.

CC BY- NC 4.0

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]



شکل ۱: چارچوب مفهومی و مراحل انجام مطالعه

مرحله دوم- برای نهایی کردن معیارهای مؤثر بر تعیین نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری، از روش دلفی استفاده شد. این روش ساختاریافته و گروهی، به منظور جمع‌آوری و سازماندهی دانش از گروهی از خبرگان به کار می‌رود. فرآیند دلفی از طریق توزیع پرسشنامه و دریافت بازخوردهای کنترل شده از خبرگان انجام می‌شود و در چند مرحله تکرار می‌گردد (۱۹). در این مطالعه، تیمی از متخصصان با سابقه و تجربه بالا در زمینه ایمنی و مدیریت شرایط اضطراری انتخاب شدند. معیار شرکت افراد پنل خبرگان این مطالعه عبارت بود از: آشنایی و تخصص در زمینه ایمنی و مدیریت شرایط اضطراری، سابقه کار بیش از ۱۰ سال در رابطه با موضوع مورد مطالعه، انگیزه و علاقه لازم برای شرکت در مطالعه. تمایل افراد برای خروج از مطالعه نیز بعنوان معیار خروج در نظر گرفته شد و خبرگان هر زمان که تمایل داشتند می‌توانستند از فرآیند مطالعه خارج شوند. با توجه به معیارهای بیان شده، ۱۵ نفر با تخصص‌های مختلف متشکل از ۷ نفر متخصص در زمینه HSE، ۵ نفر متخصص در زمینه ایمنی فرآیند، ۱ متخصص در زمینه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای و ۲ متخصص در زمینه پدافند غیرعامل موافقت کردند که در پنل خبرگان ما شرکت نمایند. محدوده تجربه خبرگان مطالعه از ۱۰ تا ۲۵ سال بود که نشان‌دهنده سطح بالای تجربه در صنایع فرآیندی است. در این مرحله، تیم تحقیق پس از بررسی متون، ساختار اولیه معیارها را تدوین کرد. سپس در راند اول مطالعه دلفی از خبرگان خواسته شد نظرات خود را درباره تأیید یا رد معیارهای مؤثر بر تعیین نقاط تجمع ایمن در دو گروه معیارهای داخلی و بیرونی، که در کاربرگ دلفی مشخص شده بود، ارائه دهند. همچنین از خبرگان خواسته شد در صورت لزوم چنانچه معیاری بجز معیارهای موجود در کاربرگ مدنظرشان است به هر یک از این گروه‌ها اضافه نمایند. در ادامه، این معیارها بعنوان معیارهای جدید نامگذاری شد. بمنظور نمره‌دهی معیارهای موجود در کاربرگ دلفی از مقیاس ۹ نقطه‌ای لیکرت استفاده شد (گزینه ۱ = کاملاً نامناسب و گزینه ۹ = کاملاً مناسب). معیار پذیرش شامل میانگین نمره ۷ و بالاتر و توافق بالای ۷۰ درصد بود (۲۰). سپس، اولین جلسه حضوری جهت تجمیع نظرات با اعضای پنل برگزار شد تا نتایج راند اول کاربرگ دلفی مورد بحث و بررسی قرار گیرد. در این جلسه، معیارهای جدید نیز به کاربرگ اولیه اضافه شد. در راند دوم دلفی، کاربرگ دوم شامل معیارهای پذیرفته‌شده، اصلاح‌شده و جدید به خبرگان ارسال

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]
[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

شد تا ارزیابی نهایی صورت گیرد. پس از جمع‌آوری نظرات و تجزیه و تحلیل داده‌ها، با توجه به توافق بیش از ۷۰ درصد و میانگین نمره بالاتر از ۷ برای همه معیارها، مطالعه دلفی پس از ۲ راند به پایان رسید و بر اساس نتایج آن، معیارهای مؤثر بر تعیین نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری در صنایع فرآیندی مشخص شد.

فاز دوم: اولویت‌بندی و رتبه‌بندی معیارهای مؤثر در انتخاب و جانمایی محل تجمع ایمن

پس از تعیین معیارهای مؤثر در انتخاب محل تجمع اضطراری از طریق مطالعه دلفی، برای تعیین وزن هریک از معیارها از روش BWM استفاده شد. این روش یکی از تکنیک‌های نوین تصمیم‌گیری چند معیاره است که جزء رویکردهای تصمیم‌گیری چند شاخصه قرار می‌گیرد و توسط جعفر رضایی در سال ۲۰۱۵ ارائه‌شده است (۱۷). در این روش بهترین و بدترین شاخص توسط تصمیم‌گیرنده (در مطالعه حاضر منظور خبرگان است) مشخص می‌شود و مقایسه زوجی بین هر یک از این دو شاخص (بهترین و بدترین) و دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد؛ سپس یک مسأله حداکثر- حداقل برای مشخص کردن وزن شاخص‌های مختلف فرموله و حل می‌شود؛ همچنین در این روش فرمولی برای محاسبه نرخ ناسازگاری به‌منظور بررسی اعتبار مقایسات در نظر گرفته‌شده است. ازجمله ویژگی‌های برجسته این روش نسبت به سایر روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه عبارت است از: الف) به داده‌های مقایسه‌ای کمتر نیاز دارد ب) این روش به مقایسه‌های استوارتر منجر می‌شود؛ بدین معنا که جواب‌های قابل‌اطمینان‌تری می‌دهد. در این تکنیک ما با مقایسات زوجی معیارها سروکار داریم وقتی از مقایسه زوجی aij استفاده می‌شود، تصمیم‌گیرنده جهت و استحکام عملکرد i را نسبت به j بیان می‌کند. در بیشتر موارد، تصمیم‌گیرنده مشکلی در بیان جهت ندارد درحالی‌که بیان استحکام عملکرد یک وظیفه مشکل است که اغلب باعث ناسازگاری‌ها است (۱۸). مراحل BWM به‌صورت زیر می‌باشد:

مرحله اول- تعیین بااهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین معیارها

در این مرحله از مطالعه از خبرگان خواسته شد تا بهترین (به‌عنوان مثال مطلوب‌ترین، مهم‌ترین) و بدترین (به‌عنوان‌مثال کم‌اهمیت‌ترین، ناپسندترین) معیار را از بین معیارهای تعیین-شده در خروجی مطالعه دلفی تعیین نمایند. در این مرحله هیچ مقایسه‌ای انجام نمی‌شود.

مرحله دوم- تشکیل مقایسات زوجی

در این مرحله از مطالعه از خبرگان خواسته شد تا مقایسات زوجی خود را از طریق مقایسه بهترین معیار با دیگر معیارها (Best with Others) و دیگر معیارها با بدترین معیار (Others with Worst) انجام دهد. مطابق با متدولوژی BWM، ارجحیت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها با استفاده از اعدادی بین ۱ تا ۹ مشخص گردید. بردار بهترین نسبت به سایرین می‌تواند به شکل رابطه ۱ باشد:

(رابطه ۱)

$$A_B = (a_{B1}, a_{B2}, \dots, a_{Bn})$$

که در آن aBj برتری بهترین معیار B را برای معیار j نشان می‌دهد. بدیهی است که رابطه aBB = 1 برقرار است.

ارجحیت تمامی معیارها نسبت به بدترین معیار نیز با استفاده از اعداد بین ۱ تا ۹ مشخص شد. بردار برتری سایرین به بدترین معیار به شرح رابطه ۲ خواهد بود:

$$A_w = (a_{1w}, a_{2w}, \dots, a_{nw})^T$$ رابطه ۲)

که در آن ajw برتری معیار j را بر بدترین معیار یعنی W نشان می‌دهد. بدیهی است که رابطه aww =1 برقرار است.

در ادامه نیاز است تا معادله‌ای برای تعیین مقادیر بهینه وزن‌ها تدوین شود. وزن بهینه برای معیارها ، وزنی که در آن ، برای هر زوج $\frac{w_b}{w_j}$ و $\frac{w_j}{w_w}$، رابطه ۳ برقرار باشد.

$$\frac{w_j}{w_w} = a_{jw} \text{ و } \frac{w_b}{w_j} = a_{Bj}$$ رابطه ۳)

برای برقراری این شرایط برای تمامی j ها، باید راه حلی را بیابیم که در آن حداکثر تفاوت‌های مطلق یعنی $|\frac{w_b}{w_j} - a_{Bj}|$ و $|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}|$ برای تمامی j ها حداقل باشد. با در نظر گرفتن منفی نبودن مقادیر و شرایط جمع اوزان، رابطه ذیل حاصل می‌گردد:

(رابطه ۴)

$$\min \max_j \{|\frac{w_b}{w_j} - a_{Bj}|, |\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}|\}$$

s.t.

$$\sum_j w_j = 1$$

$$W_j \geq 0, \quad \text{برای تمام j ها}$$

مسئله مدل رابطه ۴ را می‌توان به مسئله ذیل تبدیل نمود:

(رابطه ۵)

$$\min \xi$$

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

s.t.

$|\frac{w_b}{w_j} - a_{Bj}| \leq \xi$ برای تمامی j ها

$|\frac{w_j}{w_w} - a_{jw}| \leq \xi$ برای تمامی j ها

$\sum_j w_j = 1$

$W_j \geq 0,$ برای تمامی j ها

با حل مسئله فوق ، اوزان بهینه $(w_1^*, w_2^*, \ldots, w_n^*)$ و نرخ سازگاری (ξ^*) یا CR به دست می‌آیند.

مرحله سوم- محاسبه اوزان معیارها و نرخ سازگاری

پس از پاسخگویی و مقایسات زوجی و فرموله کردن مسأله مطابق با رابطه ۵، وزن نهایی و CR معیارها با استفاده از نرم‌افزار Lingo v17 محاسبه شد. نرم‌افزار لینگو از نرم‌افزارهای قدرتمند برای حل مدل‌های بهینه‌سازی است. بعبارتی، با حل مسئله ارائه‌شده در رابطه ۵، اوزان بهینه $(w_1^*, w_2^*, \ldots, w_n^*)$ و ξ^* به دست می‌آیند. در خروجی مدل، مقادیر W ها وزن معیارهای مختلف می‌باشد و Z نیز نرخ سازگاری مقایسات زوجی خبره مورد نظر است که عددی بین ۰ تا ۱ بوده و هرچقدر این عدد به صفر نزدیک‌تر باشد نشان از سازگاری بالاتر مقایسه زوجی دارد. قابل ذکر است که مقادیر وزن معیارها و CR برای هر خبره بصورت جداگانه محاسبه شد و نهایتاً، وزن نهایی معیارها از طریق میانگین اوزان تمامی خبره‌ها حاصل شد. از این طریق، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی معیارهای مؤثر بر انتخاب و جانمایی محل تجمع ایمن در شرایط اضطراری در صنایع فرآیندی مشخص شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

بمنظور رسم جداول و نمودارها از نرم افزار Excel ویرایش ۲۰۱۶ استفاده شد. توصیف داده‌ها و تعیین مقادیر میانگین برای معیارهای مورد بررسی نیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد. تعیین وزن معیارهای با استفاده از روش BWM و محاسبات مربوط به این روش نیز با استفاده از نرم افزار Lingo v17 انجام شد.

نتایج

نتایج توصیفی ویژگی‌های جمعیت شناختی خبرگان شرکت‌کننده در مطالعه نشان داد که ۴۰ درصد دارای سن ۳۰ تا ۴۰ سال، ۴۶/۶۷ درصد دارای سن ۴۰ تا ۵۰ سال و ۱۳/۳۳ درصد دارای سن بالاتر از ۵۰ سال بودند. ۴۰ درصد از خبرگان شرکت‌کننده در مطالعه لیسانس، ۲۶/۶۷ درصد فوق‌لیسانس و ۳۳/۳۳ درصد دارای مدرک دکترا بودند. همچنین، ۴۰ درصد از پاسخ‌دهندگان دارای سابقه ۱۰ تا ۱۵ سال، ۴۰ درصد دیگر دارای سابقه ۱۵ تا ۲۰ سال و ۲۰ درصد سابقه بالاتر از ۲۰ سال داشتند.

نتایج مطالعه دلفی برای انتخاب معیارهای مؤثر بر تعیین نقطه تجمع ایمن در جدول ۱ ارائه گردیده است. پس از بررسی جامع متون، در راند اول دلفی ابزاری شامل ۲۱ معیار ایجاد و در دو گروه معیارهای داخلی (۱۲ فاکتور) و معیارهای بیرونی (۹ فاکتور) طبقه‌بندی و برای خبرگان ارسال شد. نتایج حاصل از مطالعه دلفی بصورت زیر می‌باشد:

معیارهای داخلی: در راند اول مطالعه ۱۲ فاکتور در گروه معیارهای داخلی تعیین و در قالب کاربرگ دلفی برای خبرگان ارسال شد. از بین این معیارها، ۳ معیار به علت عدم کسب نمره و توافق لازم با توجه به معیار مشخص‌شده از مطالعه دلفی حذف شدند. در این راند برخی از خبرگان پیشنهاداتی را بعنوان فاکتورهای جدید ارائه کرده بودند که تصمیم‌گیری در رابطه با این معیارها در جلسه اجماع و تصمیم‌گیری انجام شد. در این جلسه تصمیم‌گرفته‌شد که ۳ عامل بعنوان معیارهای مؤثر جدید به راند دوم مطالعه دلفی اضافه شوند. در نتیجه در انتهای راند اول و جلسه تصمیم‌گیری و اجماع، با حذف ۳ معیار موجود در کاربرگ و اضافه شدن ۳ معیار پیشنهادی خبرگان، ۱۲ معیار در کاربرگ راند دوم دلفی برای معیارهای داخلی گنجانده شد. در راند دوم مطالعه دلفی، ۲ معیار به دلیل عدم کسب امتیاز لازم از مطالعه حذف شدند. با توجه به عدم پیشنهاد معیار جدیدی توسط خبرگان برای این گروه در این مرحله، مطالعه دلفی پس از اجرای ۲ راند با تعیین ۱۰ معیار نهایی بعنوان معیارهای داخلی پایان یافت.

معیارهای بیرونی: در راند اول مطالعه ۹ معیار در گروه معیارهای بیرونی تعیین و در قالب کاربرگ دلفی برای خبرگان ارسال شد. از بین این معیارها، ۳ معیار به علت عدم کسب نمره و توافق لازم با توجه به معیارهای مشخص‌شده از مطالعه دلفی حذف شدند. در این راند برخی از خبرگان پیشنهاداتی را بعنوان معیارهای جدید ارائه کرده بودند که تصمیم‌گیری در رابطه با این معیارها در جلسه تصمیم‌گیری و اجماع انجام شد. در این جلسه تصمیم‌گرفته‌شد که ۳ عامل بعنوان معیارهای مؤثر جدید بیرونی به راند دوم مطالعه دلفی اضافه شوند. در نتیجه در انتهای راند اول و جلسه تصمیم‌گیری و اجماع، با حذف ۳ معیار موجود در کاربرگ و اضافه شدن ۳ معیار پیشنهادی خبرگان،

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

۹ معیار در کاربرگ مرحله دوم دلفی برای معیارهای بیرونی گنجانده شد. در راند دوم مطالعه دلفی، ۲ معیار به دلیل عدم کسب امتیاز لازم از مطالعه حذف شدند. با توجه به عدم پیشنهاد معیار جدیدی توسط خبرگان برای این گروه در این راند، مطالعه دلفی پس از اجرای ۲ راند با تعیین ۷ معیار نهایی بعنوان معیارهای بیرونی پایان یافت. نهایتاً، مطالعه دلفی پس از اجرای ۲ راند با تعیین ۱۰ معیار داخلی و ۷ معیار بیرونی و مجموعاً ۱۷ معیار مؤثر برای تعیین نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری در صنایع فرآیندی پایان یافت.

جدول ۱: نتایج مطالعه دلفی برای تعیین معیارهای مؤثر در جانمایی و انتخاب محل تجمع ایمن در شرایط اضطراری

گروه‌بندی		معیارهای مورد بررسی	راند اول		تصمیم‌گیری جلسه	مرحله دوم		تصمیم نهایی
			میانگین	توافق (٪)		میانگین	توافق (٪)	
معیارهای داخلی (A)	۱	مساحت یا گنجایش پذیرش افراد (A1)	۹	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۲	پتانسیل اثرپذیری از حادثه (A2)	۸/۸	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۳	سهولت دسترسی (A3)	۹	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۴	مدت‌زمان پیمایش (A4)	۹	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۵	قابلیت دید و پایش (A5)	۹	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۶	محل تجمع اضطراری جایگزین در داخل سایت (A6)	۸/۵	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۷	تعداد محل های تجمع ایمن در داخل سایت (A7)	۸/۲	۱۰۰	پذیرفته-شده	۷/۸	۸۰	انتخاب-شده
	۸	دسترسی به درمانگاه سایت (A8)	NP	NP	اضافه‌شده	۷/۶	۷۳	انتخاب-شده
	۹	نزدیکی محل نقطه تجمع ایمن به سیستم اطفای حریق (A9)	9	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۱۰	شرایط ساختمان‌های اطراف (A10)	NP	NP	اضافه‌شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۱۱	امکانات داخلی (A11)	۸/۲	۱۰۰	پذیرفته-شده	۵/۹	۷۳	حذف‌شده
	۱۲	امکانات ارتباطی داخلی (A12)	۵/۲	۶۶	حذف‌شده	×	×	×
	۱۳	تجهیزات ایمنی و پزشکی داخلی (A13)	NP	NP	اضافه‌شده	۷/۲	۶۴	حذف‌شده
	۱۴	تهویه مناسب (A14)	۵/۲	۶۶	حذف‌شده	×	×	×
	۱۵	دسترسی به منابع آب و غذا (A15)	۴/۲	۶۰	حذف‌شده	×	×	×
معیارهای بیرونی (B)	۱	فاصله از مراکز خطرزای اطراف (B1)	۹	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۲	شرایط باد غالب (B2)	۸/۶	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۳	امکانات اضطراری اطراف (B3)	۹	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده
	۴	وجود افراد آسیب پذیر (B4)	۹	۱۰۰	پذیرفته-	۹	۱۰۰	انتخاب-

CC BY- NC 4.0

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

۵	ماهیت سناریوهای محتمل (B5)	۹	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده	شده
۶	محل تجمع اضطراری جایگزین در خارج سایت (B6)	۹	۱۰۰	پذیرفته-شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده	
۷	تعداد محل های تجمع ایمن در خارج از سایت (B7)	NP	NP	اضافه‌شده	۹	۱۰۰	انتخاب-شده	
۸	دسترسی به راه‌های خروج و تخلیه (B8)	۴/۲	۶۰	حذف‌شده	×	×	×	
۹	شرایط جوی و محیطی (B9)	۲/۶	۳۳	حذف‌شده	×	×	×	
۱۰	محیط پیرامون و امنیت (B10)	۵/۲	۶۰	حذف‌شده	×	×	×	
۱۱	تاثیرات همسایگی (B11)	NP	NP	اضافه‌شده	۵/۴	۶۴	حذف‌شده	
۱۲	دسترسی به حمل و نقل عمومی (B12)	NP	NP	اضافه‌شده	۳/۸	۵۳	حذف‌شده	

×= حذف شده در راند اول (میانگین <۷ و توافق <۷۰درصد)

NP= این معیار در راند اول در کاربرگ وجود نداشت اما توسط خبرگان در راند اول اضافه شد و در راند دوم برای اولین بار توسط خبرگان مورد بررسی قرار گرفت.

در اولین گام روش بهترین بدترین باید بااهمیت‌ترین (بهترین) و کم‌اهمیت‌ترین (بدترین) شاخص مشخص شود. در این پژوهش با استفاده از نظرات خبرگان در بخش معیارهای داخلی و بیرونی، بااهمیت‌ترین (بهترین) و کم‌اهمیت‌ترین (بدترین) شاخص مشخص شدند که نتایج آن در جدول ۲ و جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج تعیین بااهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین معیارهای داخلی توسط خبرگان

کم‌اهمیت‌ترین معیار داخلی	بااهمیت‌ترین معیار داخلی	خبره
تعداد محل های تجمع ایمن در داخل سایت	پتانسیل اثرپذیری از حادثه	خبره ۱
محل تجمع اضطراری جایگزین در داخل سایت	پتانسیل اثرپذیری از حادثه	خبره ۲
دسترسی به درمانگاه سایت	سهولت دسترسی	خبره ۳
مساحت یا گنجایش پذیرش افراد	سهولت دسترسی	خبره ۴
قابلیت دید و پایش	مدت‌زمان پیمایش	خبره ۵
محل تجمع اضطراری جایگزین در داخل سایت	پتانسیل اثرپذیری از حادثه	خبره ۶
شرایط ساختمان‌های اطراف	پتانسیل اثرپذیری از حادثه	خبره ۷
قابلیت دید و پایش	پتانسیل اثرپذیری از حادثه	خبره ۸
محل تجمع اضطراری جایگزین در داخل سایت	پتانسیل اثرپذیری از حادثه	خبره ۹
قابلیت دید و پایش	سهولت دسترسی	خبره ۱۰
تعداد محل های تجمع ایمن در داخل سایت	سهولت دسترسی	خبره ۱۱
شرایط ساختمان‌های اطراف	سهولت دسترسی	خبره ۱۲
قابلیت دید و پایش	سهولت دسترسی	خبره ۱۳
تعداد محل های تجمع ایمن در داخل سایت	مدت‌زمان پیمایش	خبره ۱۴
قابلیت دید و پایش	سهولت دسترسی	خبره ۱۵

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

جدول ۳: نتایج تعیین بااهمیت‌ترین و کم‌اهمیت‌ترین معیارهای بیرونی توسط خبرگان

کم‌اهمیت‌ترین معیار بیرونی	بااهمیت‌ترین معیار بیرونی	خبره
تعداد محل های تجمع ایمن در خارج از سایت	فاصله از مراکز خطرزای اطراف	خبره ۱
وجود افراد آسیب پذیر	فاصله از مراکز خطرزای اطراف	خبره ۲
وجود افراد آسیب پذیر	ماهیت سناریوهای محتمل	خبره ۳
امکانات اضطراری اطراف	فاصله از مراکز خطرزای اطراف	خبره ۴
محل تجمع اضطراری جایگزین در خارج از سایت	امکانات اضطراری اطراف	خبره ۵
تعداد محل های تجمع ایمن در خارج از سایت	ماهیت سناریوهای محتمل	خبره ۶
ماهیت سناریوهای محتمل	فاصله از مراکز خطرزای اطراف	خبره ۷
محل تجمع اضطراری جایگزین در خارج از سایت	فاصله از مراکز خطرزای اطراف	خبره ۸
محل تجمع اضطراری جایگزین در خارج از سایت	فاصله از مراکز خطرزای اطراف	خبره ۹
شرایط باد غالب	ماهیت سناریوهای محتمل	خبره ۱۰
ماهیت سناریوهای محتمل	امکانات اضطراری اطراف	خبره ۱۱
شرایط باد غالب	وجود افراد آسیب پذیر	خبره ۱۲
شرایط باد غالب	ماهیت سناریوهای محتمل	خبره ۱۳
محل تجمع اضطراری جایگزین در خارج از سایت	ماهیت سناریوهای محتمل	خبره ۱۴
شرایط باد غالب	ماهیت سناریوهای محتمل	خبره ۱۵

نتایج وزن هر یک از معیارهای داخلی و بیرونی با توجه به نظرات کلیه خبرگان و وزن نهایی معیارها که از طریق میانگین اوزان تمامی خبره‌ها حاصل شد در جدول ۴ و ۵ به ترتیب برای معیارهای داخلی و بیرونی ارائه‌شده است. همچنین اولویت‌بندی نهایی معیارهای داخلی و معیارهای بیرونی به تفکیک در شکل ۲ و ۳ ارائه شده است.

بر این اساس در بین معیارهای داخلی، سهولت دسترسی با وزن ۰/۱۹۴۸ رتبه اول را کسب کرده است. پتانسیل اثرپذیری از حادثه با وزن ۰/۱۵۴۳ رتبه دوم و مدت‌زمان پیمایش با وزن ۰/۱۱۰۹ رتبه سوم را کسب کرده است. مقدار CR نهایی نیز برای معیارهای داخلی برابر با ۰/۰۲۱۳ می‌باشد که نشان از سازگاری قابل‌قبول دارد.

جدول ۴: وزن معیارهای داخلی به تفکیک هر یک از خبرگان و وزن نهایی

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	CR
خبره ۱	۰/۱۰۱۲	۰/۲۷۰۵	۰/۱۵۱۷	۰/۱۰۱۲	۰/۰۷۵۹	۰/۰۷۵۹	۰/۰۲۶۴	۰/۰۶۰۷	۰/۰۶۰۷	۰/۰۷۵۹	۰/۰۳۲
خبره ۲	۰/۰۸۶۴	۰/۲۴۴۰	۰/۱۲۹۶	۰/۱۱۶۹	۰/۰۸۶۴	۰/۰۲۵۴	۰/۱۱۶۹	۰/۰۸۶۴	۰/۰۴۳۲	۰/۰۶۴۸	۰/۰۱۵
خبره ۳	۰/۰۸۳۸	۰/۰۵۵۹	۰/۳۱۸۴	۰/۰۸۳۸	۰/۰۶۷۰	۰/۰۵۵۹	۰/۰۶۷۰	۰/۰۳۳۵	۰/۱۵۰۸	۰/۰۸۳۸	۰/۰۱۶
خبره ۴	۰/۰۳۹۵	۰/۰۸۷۷	۰/۲۳۶۸	۰/۰۶۵۸	۱۰/۱۳۱۶	۰/۱۰۵۳	۰/۰۵۲۶	۰/۱۰۵۳	۰/۰۸۷۷	۰/۰۸۷۷	۰/۰۲۶
خبره ۵	۰/۰۷۱۹	۰/۱۱۹۹	۰/۰۸۹۹	۰/۳۳۰۹	۰/۰۳۳۶	۰/۰۸۹۹	۰/۰۶۰۰	۰/۰۷۱۹	۰/۰۶۰۰	۰/۰۷۱۹	۰/۰۲۸
خبره ۶	۰/۱۱۱۸	۰/۲۲۹۵	۰/۱۲۳۶	۰/۰۸۲۴	۰/۱۲۳۶	۰/۰۲۳۵	۰/۰۴۹۴	۰/۱۱۱۸	۰/۰۶۱۸	۰/۰۸۲۴	۰/۰۱۷
خبره ۷	۰/۰۶۷۲	۰/۳۱۲۵	۰/۰۸۴۱	۰/۰۸۴۱	۰/۰۸۴۱	۰/۰۸۴۱	۰/۰۶۷۳	۰/۰۹۶۲	۰/۰۸۴۱	۰/۰۳۶۱	۰/۰۲۴
خبره ۸	۰/۱۳۳۹	۰/۲۴۱۱	۰/۰۸۹۳	۰/۰۸۰۴	۰/۰۲۶۸	۰/۰۶۷۰	۰/۱۳۳۹	۰/۱۰۷۱	۰/۰۵۳۶	۰/۰۶۷۰	۰/۰۲۶
خبره ۹	۰/۰۸۳۱	۰/۲۷۰۱	۰/۱۴۵۴	۰/۰۹۷۰	۰/۰۵۸۲	۰/۰۳۱۲	۰/۰۷۲۷	۰/۰۹۷۰	۰/۰۷۲۷	۰/۰۷۲۷	۰/۰۲۱
خبره ۱۰	۰/۰۷۰۴	۰/۱۱۷۴	۰/۳۳۱۵	۰/۰۷۰۴	۰/۰۳۴۵	۰/۰۵۸۷	۰/۰۸۸۱	۰/۰۷۰۴	۰/۰۸۸۱	۰/۰۷۰۴	۰/۰۲۱
خبره ۱۱	۰/۱۳۱۲	۰/۰۶۵۶	۰/۲۳۸۶	۰/۰۶۵۶	۰/۰۶۵۶	۰/۰۷۹۵	۰/۰۲۷۸	۰/۰۸۷۵	۰/۱۳۱۲	۰/۱۰۷۴	۰/۰۲۴
خبره ۱۲	۰/۰۹۴۸	۰/۰۹۴۸	۰/۲۶۷۷	۰/۰۷۱۱	۰/۰۷۱۱	۰/۰۹۴۸	۰/۰۴۰۶	۰/۰۹۴۸	۰/۱۴۲۲	۰/۰۲۷۹	۰/۰۱۶
خبره ۱۳	۰/۰۵۹۴	۰/۰۸۹۲	۰/۳۳۷۱	۰/۰۷۱۳	۰/۰۳۵۳	۰/۰۸۹۲	۰/۰۸۹۲	۰/۰۵۹۴	۰/۰۵۱۰	۰/۱۱۸۹	۰/۰۱۹
خبره ۱۴	۰/۱۲۹۷	۰/۰۶۴۹	۰/۰۸۶۵	۰/۲۳۹۵	۰/۰۸۶۵	۰/۰۷۳۲	۰/۰۳۷۱	۰/۱۲۹۷	۰/۰۲۶۶	۰/۱۲۶۴	۰/۰۱۹
خبره ۱۵	۰/۰۷۶۹	۰/۰۵۱۳	۰/۲۹۲۳	۰/۱۰۲۶	۰/۰۳۰۸	۰/۰۷۶۹	۰/۰۶۱۵	۰/۱۵۳۸	۰/۰۷۶۹	۰/۰۷۶۹	۰/۰۱۵
وزن نهایی*	۰/۰۸۹۴	۰/۱۵۴۳	۰/۱۹۴۸	۰/۱۱۰۹	۰/۰۶۷۴	۰/۰۶۷۸	۰/۰۶۶۰	۰/۰۹۱۰	۰/۰۷۹۴	۰/۰۷۸۰	۰/۰۲۱۳**

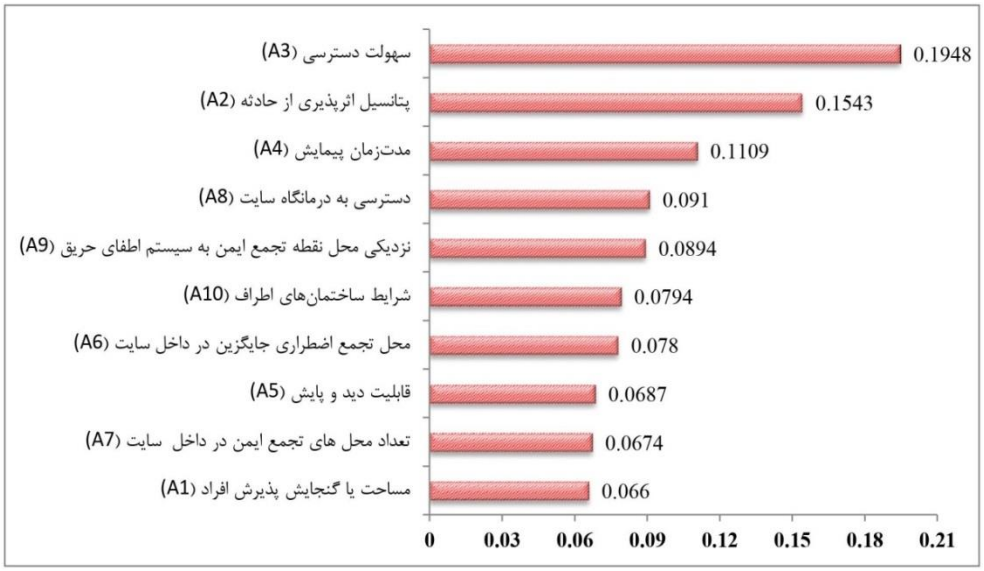
* میانگین اوزان تعیین‌شده برای هر معیار توسط متخصصین

** میانگین CR

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0



شکل ۲: وزن و اولویت معیارهای داخلی مؤثر بر انتخاب محل تجمع ایمن

در بین معیارهای بیرونی، فاصله از مراکز خطرزای اطراف با وزن ۰/۲۱۸۱ رتبه اول را کسب کرده است. ماهیت سناریوهای محتمل با وزن ۰/۲۰۸۱ رتبه دوم و امکانات اضطراری اطراف با وزن ۰/۱۴۶۲ رتبه سوم را کسب کرده است. مقدار CR نهایی نیز برای معیارهای بیرونی برابر با ۰/۰۴۱۸ می‌باشد که نشان از سازگاری قابل‌قبول دارد.

جدول ۵: وزن معیارهای بیرونی به تفکیک هر یک از خبرگان و وزن نهایی

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	CR
خبره ۱	۰/۳۵۴۵	۰/۱۹۰۹	۰/۱۲۷۳	۰/۰۶۳۶	۰/۰۹۵۵	۰/۱۲۷۳	۰/۰۴۰۹	۰/۰۲۷
خبره ۲	۰/۴۲۲۲	۰/۱۱۱۱	۰/۱۱۱۱	۰/۰۴۴۴	۰/۱۴۱۸	۰/۰۷۴۱	۰/۰۸۸۹	۰/۰۲۲
خبره ۳	۰/۰۸۹۰	۰/۱۶۱۰	۰/۱۷۸۰	۰/۰۳۳۹	۰/۳۳۰۵	۰/۱۱۸۶	۰/۰۸۹۰	۰/۲۵۰
خبره ۴	۰/۳۷۶۹	۰/۰۷۹۸	۰/۰۴۴۳	۰/۱۹۹۶	۰/۰۶۶۵	۰/۱۳۳۰	۰/۰۹۹۸	۰/۰۲۲
خبره ۵	۰/۱۶۴۲	۰/۱۶۴۲	۰/۳۰۳۲	۰/۱۰۹۵	۰/۱۳۸۹	۰/۰۳۷۹	۰/۰۸۲۱	۰/۰۲۵
خبره ۶	۰/۱۲۷۹	۰/۱۹۱۸	۰/۱۲۷۹	۰/۰۶۳۹	۰/۳۵۶۲	۰/۰۹۵۹	۰/۳۶۵	۰/۰۲۷
خبره ۷	۰/۳۶۷۷	۰/۱۹۳۵	۰/۰۹۶۸	۰/۰۹۶۸	۰/۰۳۸۷	۰/۰۷۷۴	۰/۱۲۹۰	۰/۰۱۹
خبره ۸	۰/۳۵۶۲	۰/۱۹۱۸	۰/۱۲۷۹	۰/۱۲۷۹	۰/۰۹۵۹	۰/۰۳۶۵	۰/۰۶۳۹	۰/۰۲۷
خبره ۹	۰/۲۸۶۶	۰/۱۳۳۸	۰/۱۵۲۹	۰/۱۳۳۸	۰/۱۵۲۹	۰/۰۳۸۲	۰/۱۰۱۹	۰/۰۱۹
خبره ۱۰	۰/۲۰۵۶	۰/۰۴۰۳	۰/۱۳۷۱	۰/۱۰۲۸	۰/۳۸۷۰	۰/۰۵۸۷	۰/۰۶۸۵	۰/۰۲۴
خبره ۱۱	۰/۰۶۷۳	۰/۰۶۷۳	۰/۳۷۰۰	۰/۰۸۰۷	۰/۰۴۴۸	۰/۲۰۱۸	۰/۱۶۸۲	۰/۰۳۳
خبره ۱۲	۰/۰۷۲۹	۰/۰۴۲۹	۰/۰۹۱۱	۰/۰۳۳۲۳	۰/۱۱۷۹	۰/۱۶۰۸	۰/۱۸۲۲	۰/۰۳۲
خبره ۱۳	۰/۱۳۷۵	۰/۰۴۲۳	۰/۱۳۷۵	۰/۰۸۲۵	۰/۳۸۰۸	۰/۱۰۳۱	۰/۱۱۶۳	۰/۰۳۱
خبره ۱۴	۰/۱۳۴۵	۰/۰۸۰۷	۰/۱۰۰۹	۰/۱۰۰۹	۰/۳۷۰۰	۰/۰۴۴۸	۰/۱۶۸۲	۰/۰۳۳
خبره ۱۵	۰/۱۰۸۵	۰/۰۴۵۲	۰/۰۸۶۸	۰/۱۰۸۵	۰/۳۹۷۸	۰/۱۴۴۷	۰/۱۰۸۵	۰/۰۳۶
وزن نهایی*	۰/۲۱۸۱	۰/۱۱۵۸	۰/۱۴۶۲	۰/۱۱۲۱	۰/۲۰۸۱	۰/۰۹۶۹	۰/۱۰۲۹	۰/۴۱۸**

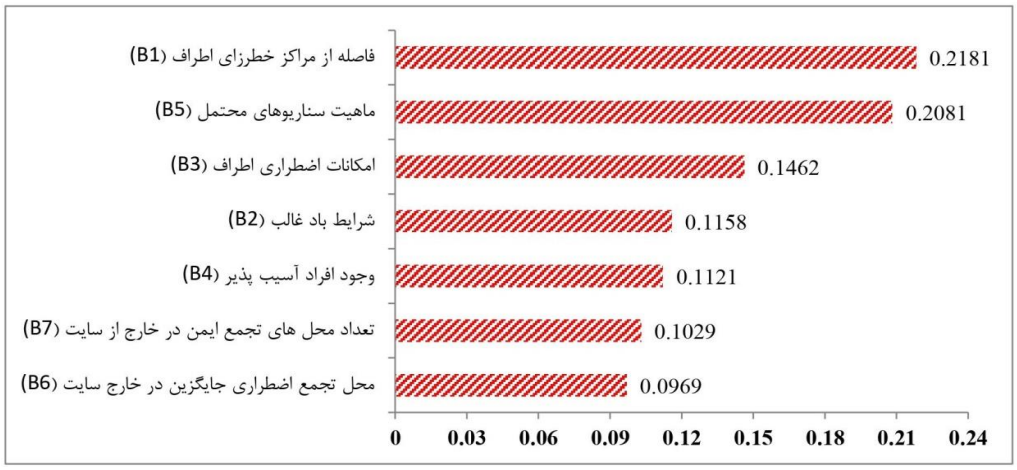
* میانگین اوزان تعیین‌شده برای هر معیار توسط متخصصین

** میانگین CR

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0



شکل ۳: وزن و اولویت معیارهای بیرونی

وزن نهایی زیرمعیارها از ضرب وزن معیار اصلی در وزن زیرمعیارها حاصل می‌شود وزن هر معیار اصلی برابر با ۰/۵ در نظر گرفته شد و با توجه به آن، وزن نهایی زیرمعیارها محاسبه شد. نتایج نهایی در جدول ۶ ارائه شده است. بر این اساس فاصله از مراکز خطرزای اطراف با وزن ۰/۱۰۹۱ رتبه اول را در بین ۱۷ زیرمعیار کسب کرد. ماهیت سناریوهای محتمل با وزن ۰/۱۰۴۰ رتبه دوم و سهولت دسترسی با وزن ۰/۰۹۷۴ رتبه سوم را کسب نمود. پتانسیل اثرپذیری از حادثه، امکانات اضطراری اطراف و شرایط باد غالب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

جدول ۶: وزن و رتبه نهایی زیرمعیارها

نام معیار	وزن معیار	نام زیرمعیار	وزن نسبی زیرمعیار	وزن نهایی زیرمعیار	رتبه نهایی
داخلی	۰/۵	مساحت یا گنجایش پذیرش افراد	۰/۰۸۹۴	۰/۰۴۴۷	۱۲
		پتانسیل اثرپذیری از حادثه	۰/۱۵۴۳	۰/۰۷۷۱	۴
		سهولت دسترسی	۰/۱۹۴۸	۰/۰۹۷۴	۳
		مدت‌زمان پیمایش	۰/۱۱۰۹	۰/۰۵۵۴	۸
		قابلیت دید و پایش	۰/۰۶۷۴	۰/۰۳۳۷	۱۶
		محل تجمع اضطراری جایگزین در داخل سایت	۰/۰۶۷۸	۰/۰۳۴۳	۱۵
		تعداد محل های تجمع ایمن در داخل سایت	۰/۰۶۶۰	۰/۰۳۳۰	۱۷
		دسترسی به درمانگاه سایت	۰/۰۹۱۰	۰/۰۴۵۵	۱۱
		نزدیکی محل نقطه تجمع ایمن به سیستم اطفای حریق	۰/۰۷۹۴	۰/۰۳۹۷	۱۳
		شرایط ساختمان‌های اطراف	۰/۰۷۸۰	۰/۰۳۹۰	۱۴
بیرونی	۰/۵	فاصله از مراکز خطرزای اطراف	۰/۲۱۸۱	۰/۱۰۹۱	۱
		شرایط باد غالب	۰/۱۱۵۸	۰/۰۵۷۹	۶
		امکانات اضطراری اطراف	۰/۱۴۶۲	۰/۰۷۳۱	۵
		وجود افراد آسیب پذیر	۰/۱۱۲۱	/۰۵۶۰	۷
		ماهیت سناریوهای محتمل	۰/۲۰۸۱	۰/۱۰۴۰	۲
		محل تجمع اضطراری جایگزین در خارج سایت	۰/۰۹۶۹	۰/۰۴۸۴	۱۰
		تعداد محل های تجمع ایمن در خارج از سایت	۰/۱۰۲۹	۰/۰۵۱۵	۹

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

بحث

تعیین نقاط تجمع ایمن در صنایع فرآیندی و پالایشگاه‌ها به‌عنوان یکی از اصول اساسی مدیریت شرایط اضطراری، نیازمند بررسی‌های دقیق و علمی است (۲۱). استفاده از روش دلفی و بهره‌گیری از نظرات خبرگان می‌تواند به شناسایی و اعتبارسنجی معیارهای کلیدی کمک کرده و در نتیجه بهبود ایمنی و کاهش تلفات در شرایط بحرانی را فراهم آورد. برای تعیین و جانمایی نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری، لازم است معیارهای مؤثر بر انتخاب و جانمایی این نقاط به‌طور دقیق مشخص شوند. پس از بررسی جامع منابع، در اولین راند دلفی، ابزاری شامل ۲۱ معیار ایجاد شد و این معیارها در دو دسته معیارهای داخلی (۱۲ معیار) و معیارهای بیرونی (۹ معیار) طبقه‌بندی و برای نظرخواهی به خبرگان ارسال شد. در نهایت، این مطالعه دلفی پس از انجام دو راند، با شناسایی ۱۰ معیار داخلی و ۷ معیار بیرونی و در مجموع ۱۷ معیار مؤثر برای تعیین نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری در صنایع فرآیندی به پایان رسید. معیارهای داخلی شامل مواردی همچون مساحت یا ظرفیت پذیرش افراد، پتانسیل تأثیرپذیری از حادثه، سهولت دسترسی، مدت‌زمان پیمایش، قابلیت دیده شدن و پایش، وجود محل تجمع اضطراری جایگزین در داخل سایت، تعداد محل‌های تجمع ایمن در داخل سایت، دسترسی به درمانگاه سایت، نزدیکی محل تجمع ایمن به سیستم اطفای حریق، و شرایط ساختمان‌های اطراف بودند. معیارهای بیرونی نیز شامل فاصله از مراکز خطرزا، شرایط باد غالب، امکانات اضطراری اطراف، وجود افراد آسیب‌پذیر، ماهیت سناریوهای محتمل، وجود محل تجمع اضطراری جایگزین در خارج از سایت و تعداد محل‌های تجمع ایمن خارج از سایت بودند.

در مطالعه حاضر پس از تعیین معیارهای انتخاب محل تجمع ایمن در شرایط اضطراری، نیاز بود تا میزان اثرگذاری معیارها و وزن هر یک در انتخاب نقطه تجمع ایمن تعیین شود. برای این منظور، برای هر دسته از معیارهای داخلی و بیرونی، یک ماتریس مقایسات زوجی تهیه شد و مقایسات زوجی با استفاده از تکنیک BWM انجام پذیرفت. در ابتدا هر یک از متخصصین یکی از معیارهای هر دسته را به‌عنوان مهم‌ترین معیار و معیار دیگری را نیز به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین معیار تعیین کردند. مقایسات زوجی به این صورت انجام شد که مهم‌ترین معیار تحت عنوان Best با دیگر معیارها مقایسه شد و تمامی معیارها نیز با کم‌اهمیت‌ترین معیار تحت عنوان Worst مورد مقایسه قرار گرفتند. تکنیک BWM با کاهش تعداد مقایسات، حساسیت بالایی در انجام محاسبات دارد. کاهش تعداد مقایسه‌ها به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد کارشناسان تأثیر می‌گذارد و مقایسه‌ها را دقیق‌تر می‌کند. هر چه تعداد مقایسه‌ها بیشتر باشد، سردرگمی متخصص بیشتر و احتمال خطا بیشتر می‌شود (۲۲, ۲۳).

بعد از انجام مقایسات زوجی برای هرکدام از معیارها در هر دسته، به ازای هر متخصص یک وزن تعیین شد و برای تعیین وزن نهایی از میانگین وزن‌دهی متخصصین استفاده شد. برای هر معیار مقدار CR نیز محاسبه شد. نتایج نشان داد که در تمامی معیارها CR کمتر از ۰/۱ بود. بر اساس مطالعه رضایی و همکاران میزان CR کمتر از ۰/۱ نشان‌دهنده سازگاری خوب روش می‌باشد (۲۲). نتایج رتبه‌بندی و وزن‌دهی معیارهای مورد بررسی در دسته معیارهای داخلی نشان داد که سهولت دسترسی، پتانسیل اثرپذیری از حادثه و مدت‌زمان پیمایش رتبه‌های اول تا سوم را در تعیین نقطه تجمع ایمن کسب کردند. قابلیت دید و پایش و تعداد محل‌های تجمع ایمن داخل سایت رتبه‌های آخر را کسب کردند. در بین معیارهای بیرونی نیز فاصله از مراکز خطرزای اطراف، ماهیت سناریوهای محتمل، امکانات اضطراری و شرایط بادهای غالب اطراف رتبه‌های بالاتری را به خود اختصاص دادند. محل تجمع جایگزین در خارج سایت نیز رتبه آخر را کسب کرد. این نتایج در برخی موارد همسو با نتایج دیگر مطالعات و در برخی نیز متفاوت است. ابراهیمی و همکاران در ۲۰۲۲ مشابه با این مطالعه پتانسیل اثرپذیری از حادثه را به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای انتخاب نقطه تجمع ایمن گزارش کردند. اما معیار گنجایش پذیرش افراد را به‌عنوان آخرین معیار گزارش کردند که در مطالعه حاضر این معیار در رتبه‌های متوسط قرار داشت. همچنین در معیارهای بیرونی، فاصله از مراکز خطرزای اطراف به‌عنوان رتبه اول گزارش کردند که همسو با این مطالعه است (۱۵). موارد تشابه را می‌توان به علت مشابهت در صنعت عنوان کرد. زیرا هم مطالعه حاضر و هم مطالعه مذکور در صنایع فرآیندی انجام شده است. اما علت تفاوت‌ها را می‌توان تفاوت در سطح تحصیلات، تخصص، تعداد خبرگان و روش تصمیم-گیری چندمعیاره متفاوت عنوان نمود. روش مورد استفاده در

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

مطالعه آنان روش تحلیل سلسله مراتبی بود که نسبت به روش بهترین- بدترین خروجی‌های متفاوتی را در پی دارد.

همانگونه که بیان شد در بین معیارهای بیرونی فاصله از مراکز خطرزای اطراف، ماهیت سناریوهای محتمل، امکانات اضطراری و شرایط بادهای غالب اطراف رتبه‌های بالاتری را به خود اختصاص دادند. محل تجمع جایگزین در خارج سایت نیز رتبه آخر را کسب کرد. چه به لحاظ علمی و چه به دلایل منطقی، فاصله کم تا مراکز خطر در آسیب‌پذیری محل‌های تجمع اضطراری و تشدید آن تأثیر به سزایی دارد و بهمین علت خبرگان نیز با لحاظ این موضوع بالاترین وزن را به این معیار اختصاص داده‌اند. در مطالعه فرقانی و دربندی در سال ۲۰۱۵ که به ارزیابی معیارهای مؤثر در انتخاب مکان‌های اسکان موقت پرداخته بودند، بر اهمیت فاصله از مراکز خطر به‌عنوان اصلی-ترین معیار، تأکید شده است (۲۴). هم‌چنین در پژوهش Songkhla و همکاران در ۲۰۲۱ تاکید شده است که محل‌های تجمع اضطراری باید فاصله کافی از منبع خطر داشته باشند، حتی اگر فاصله پرسنل تا محل تجمع بسیار طولانی باشد و بیش از ۵ دقیقه به طول بینجامد (۲۵).

در این مطالعه، یکی از معیارهایی که بیشترین وزن را در بین معیارهای تأثیرگذار بر انتخاب مکان‌های تجمع اضطراری به خود اختصاص داد، شرایط باد غالب بود. این نتیجه با یافته‌های پژوهش جهانی و همکاران در سال ۲۰۱۹ که به مدل‌سازی پیامدهای نشت از مخازن ذخیره میعانات گازی برای تدوین واکنش در شرایط اضطراری پرداخته بودند، همخوانی دارد. آن‌ها نیز باد غالب را به‌عنوان یکی از پارامترهای کلیدی در انتخاب محل تجمع اضطراری معرفی کرده‌اند (۲۶). همچنین، حاجی‌زاده و همکاران در مطالعه‌ای که با هدف مدل‌سازی نشت هگزان برای تدوین برنامه واکنش در شرایط اضطراری انجام دادند، تأکید داشتند که نقاط تجمع اضطراری کارکنان مجتمع پتروشیمی باید با توجه به شرایط باد غالب منطقه انتخاب شود تا فرآیند تخلیه اضطراری با کمترین آسیب به افراد صورت گیرد (۲۷). در بین معیارهای داخلی مؤثر بر انتخاب محل تجمع اضطراری، سهولت دسترسی، پتانسیل اثرپذیری از حادثه و مدت‌زمان پیمایش بالاترین رتبه‌ها را به خود اختصاص دادند. این نتایج با یافته‌های پژوهش شمس‌الدینی و همکاران همسو است، که در آن‌ها معیار دسترسی به‌عنوان مهم‌ترین معیار در تعیین مکان مناسب برای اسکان اضطراری شناخته شده است (۲۸).

پتانسیل آسیب‌پذیری محل تجمع ایمن در حوادث به‌ویژه در رویدادهایی مانند حادثه نفتی پایپر آلفا، به‌خوبی نمایان است. در این حادثه، علت اصلی مرگ افراد حاضر در محل تجمع، تخریب پل‌های ارتباطی به دلیل دود و شعله‌های ناشی از آتش‌سوزی و آسیب‌پذیری این مکان در برابر حادثه بود (۲۹) این نتایج نشان می‌دهد که اثرات حادثه می‌تواند گسترش یافته و مناطق وسیع‌تری را تحت تأثیر قرار داده و شرایط اضطراری ثانویه‌ای ایجاد کند که موجب افزایش تلفات جانی شود. از این رو، این موضوع باید در تعیین مکان‌های تجمع ایمن مدنظر قرار گیرد. همچنین، در پژوهش Givehchi و همکاران در سال ۲۰۱۷، بر اهمیت بسیار بالای پتانسیل اثرپذیری محل پناهگاه موقت از حادثه، به‌عنوان یک عامل کلیدی در افزایش تلفات تأکید شده است (۳۰). در پژوهش Hoscan و Cetinyokus در سال ۲۰۲۱، که با استفاده از روش AHP به تعیین محل‌های تجمع اضطراری پرداخته‌اند، مطابق با این مطالعه، معیار مشخصات فیزیکی محل تجمع اضطراری (مانند ظرفیت پذیرش افراد) از اهمیت کمتری در قضاوت خبرگان برخوردار بوده است (۳۱).

در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که بهره‌گیری از معیارهای تعیین‌شده در این مطالعه برای شناسایی و جانمایی نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری، بسیار مؤثر بوده و صنایع فرآیندی می‌توانند با رعایت این اصول، نقاط تجمع ایمن را به‌طور علمی و دقیق تعیین کنند. مدیران و مسئولین ایمنی و مدیریت بحران در صنایع فرآیندی با توجه به این معیارها، می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی در بهبود سطح ایمنی و مدیریت شرایط اضطراری نقش داشته و در نتیجه، پیامدهای جانی ناشی از حوادث مهم فرآیندی مانند آتش‌سوزی و انفجار را کاهش دهند. این تحقیق با ارائه چارچوبی جامع و معتبر برای تعیین معیارهای انتخاب نقاط تجمع ایمن، می‌تواند به عنوان مرجعی برای مدیران ایمنی در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرد.

ما در مطالعه حاضر از روش BWM برای اولویت‌بندی معیارها استفاده کردیم که از جدیدترین و کاراترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که به‌منظور وزن‌دهی عوامل و معیارهای تصمیم‌گیری بکار می‌رود. در روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره ازجمله روش AHP شاخص‌ها و معیارهای و زیر معیارهای تصمیم‌گیری را می‌توان توسط مقایسه‌های زوجی و

CC BY- NC 4.0

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

تحلیل نظرات خبرگان رتبه‌بندی نمود و آن‌ها را از ارجح‌ترین و بااهمیت‌ترین به کم‌اهمیت‌ترین مرتب نمود. اما در BWM بهترین و بدترین شاخص‌ها و معیارها توسط تصمیم‌گیرنده مشخص می‌شود و سپس مقایسه زوجی بین هرکدام از این دو شاخص، که بهترین و بدترین هستند، با دیگر شاخص‌ها صورت می‌گیرد. آنگاه مسئله تبدیل به یک مسئله برنامه‌ریزی خطی می‌شود بدین گونه که وزن شاخص‌ها به صورتی به دست آید که تفاوت‌های مطلق اوزان حداقل گردد. استفاده از این روش و رویکرد بعنوان مهم‌ترین نقطه قوت مطالعه، اعتبار نتایج را افزایش می‌دهد. وقتی ادبیات از نظر BWM بررسی می‌شود، مشاهده می‌شود که مطالعات مختلفی وجود دارد که این روش را در مورد موضوعات مختلف اجرا کرده و این روش را جزء بهترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره معرفی کرده‌اند (۲۱, ۳۲, ۳۳). برای تحقیقات آینده پیشنهاد می‌شود با استفاده از معیارهای معرفی شده در این مطالعه، نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری در صنایع فرآیندی بصورت عملی تعیین شده و با استفاده از روش‌های تحلیل پیامد محل قرارگیری اعتبارسنجی گردد. از این طریق می‌توان اهمیت معیارهای معرفی‌شده را بخوبی تعیین نمود.

نتیجه‌گیری

در طی سال‌های اخیر راهنماها و پژوهش‌های مختلفی برای مدیریت شرایط اضطراری ارائه‌شده است، اما هیچ یک از آن‌ها یک رویکرد علمی منظم و سیستماتیک مبتنی بر خبرگان را جهت تعیین نقاط تجمع ایمن در صنایع فرآیندی ارائه نکرده‌اند. مطالعه حاضر نشان می‌دهد که توجه به معیارهایی همچون فاصله از مراکز خطرزای اطراف، ماهیت سناریوهای محتمل، سهولت دسترسی، پتانسیل اثرپذیری از حادثه، امکانات اضطراری اطراف و شرایط باد غالب می‌تواند به ما در جانمایی مناسب نقاط تجمع ایمن در صنایع فرآیندی کمک شایانی نماید. استفاده عملی از این معیارها برای تعیین نقاط تجمع ایمن در صنایع فرآیندی کشور توصیه می‌شود.

محدودیتهای مطالعه

این مطالعه محدودیت‌هایی دارد که باید مدنظر قرار گیرد. در این پژوهش، از روش دلفی برای تعیین معیارهای مؤثر در انتخاب نقاط تجمع ایمن در شرایط اضطراری استفاده شده است. با توجه به اینکه روش دلفی تنها بر نظرات متخصصان برای دستیابی به نتایج تکیه دارد، در صورت وجود ضعف در تخصص خبرگان، ممکن است کیفیت نتایج تحت تأثیر قرار گیرد (۳۴). با این حال، از آنجا که معیارهای اولیه کاربرگ با بررسی جامع منابع علمی و استانداردهای معتبر بین‌المللی شکل گرفته‌اند، نتایج حاصل از این مطالعه قابل‌اعتماد است. همچنین، تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از رویکرد فازی در مطالعات دلفی و فازی‌سازی نظرات خبرگان می‌تواند عدم قطعیت‌های موجود در نظرات خبرگان را کاهش دهد.

سپاس گزاری

نویسندگان از همه‌کسانی که در نگارش این تحقیق یاری کردند، تشکر می‌کنند. همچنین از معاونت تحقیقات و فن‌آوری دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، به دلیل حمایت از این مطالعه کمال تشکر راداریم.

حامی مالی

این پژوهش هیچ‌گونه کمک مالی از سازمان‌های دولتی، خصوصی و غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

تعارض در منافع

بنا بر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

ملاحظات اخلاقی

این پژوهش بدون استفاده از داده‌های انسانی، حیوانی یا سازمانی و با رعایت تمامی اصول اخلاق در پژوهش انجام‌شده است.

مشارکت نویسندگان

تمام نویسندگان در آماده‌سازی این مقاله مشارکت داشتند.

References

1. Yazdi M, Kabir S. Fuzzy evidence theory and Bayesian networks for process systems risk analysis. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. 2020;26(1):57-86.
2. Zarei E, Azadeh A, Aliabadi MM, Mohammadfam I. Dynamic safety risk modeling of process systems using bayesian network. Process Safety Progress. 2017;36(4):399-407.
3. Khakzad N, Khan F, Amyotte P. Dynamic safety analysis of process systems by mapping bow-tie into Bayesian network. Process Safety and Environmental Protection. 2013;91 (2):46-53.
4. Lajevardi SS, Jafari MJ, Mohmmad Fam I. Determining Safety Integrity Level on a Hydrogen Production

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

Unit with Application of the Layers of Protection Analysis Method. Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat (Safety Promotion and Injury Prevention). 2014;2(1):23-30.

5. Arendt JS, Lorenzo DK. Evaluating process safety in the chemical industry: A user's guide to quantitative risk analysis: John Wiley & Sons; 2010.
6. Ouazraoui N, Nait-Said R, Bourareche M, Sellami I. Layers of protection analysis in the framework of possibility theory. Journal of hazardous materials. 2013;262:168-78.
7. Farhadi S, Mohammadfam I, Kalatpour O. Comparative study of usability of two patterns for developing an emergency scenario recommended by international standard organization and homeland security exercise evaluation program. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2016;3(1):8-16.
8. Negahban AR, Ghorbani SF, Rahimpoor R, Jalali M, Rahiminejad S, Soltanian A, et al. Evaluating occupational exposure to carcinogenic volatile organic compounds in an oil-dependent chemical industry: a case study on benzen and epichlorohydrin. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2014;1(1):36-46.
9. Kalatpour O, Farhadi S. The content analysis of emergency scenarios :thematic survey of the context in the process industries. Safety science. 2017;92:257-61.
10. Ebrahemzadih M, Nazari R, Rahimimoghadam S, Jalali M, Foroghinasab F. Human error probability in the emergency evacuation. Sigurnost: časopis za sigurnost u radnoj i životnoj okolini. 2023;65(4):435-43.
11. Majid NDA, Shariff AM, Loqman SM. Ensuring emergency planning & response meet the minimum Process Safety Management (PSM) standards requirements. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2016;40: 248-258
12. Farhadi S, Mohammadfam I, Kalatpur O. Introducing a pattern for developing emergency scenarios in industries and studying the conformity of the exercised scenarios in the process industries with the presented pattern. Iran Occupational Health. 2017;14(2):72-81
13. Soltanzadeh A, Gohari Motlagh M, Ghiyasi S. Assessing the efficiency of muster point in crisis: a case study in tehran city. Archives of Occupational Health. 2020;4(1):516-20.
14. Salehe Nematifard, Katayoun Jahangiri, Alireza Haj Qasem Khan, Hamid Reza Jamshidi Solukloei, Saeed Bahramzadeh Gandeshmin, Ghazaleh Monazami Tehrani. Identification of safe assembly points in emergencies in a gas refinery of the South Pars Gas complex using Fuzzy logic model. Sci J Rescue Relief. 2019;11(486) 275-89.
15. Ebrahimi A, Kalatpour O, Mohammadfam I. Representation of a Framework for Determining Emergency Muster Points in Process Industries Using Integrated FAHP-FTOPSIS Methods. Journal of Occupational Hygiene Engineering. 2022;9(3):153-65.
16. Zhang F, Qiao Q, Wang J, Liu P. Data-driven AI emergency planning in process industry. Journal of loss prevention in the process industries. 2022;76:104740.
17. Rezaei J. Best-worst multi-criteria decision-making method. Omega. 2015;53:49-57.
18. Rezaei J. Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. Omega. 2016;64:126-30.
19. Landeta J. Current validity of the Delphi method in social sciences. Technological forecasting and social change. 2006;73(5):467-82.
20. Fukuma S, Shimizu S, Niihata K, Sada K-e, Yanagita M, Hatta T, et al. Development of quality indicators for care of chronic kidney disease in the primary care setting using electronic health data: a RAND-modified Delphi method. Clinical and experimental nephrology. 2017;21:247-56.
21. Jamshidi Solukloei HR. Identification of Safe Assembly Points in Emergencies in a Gas Refinery of the South Pars Gas Complex Using Fuzzy Logic Model. scientific journal of rescue and relief. 2019;11(4):275-86.
22. Fernández-Muñiz B ,Montes-Peon JM, Vazquez-Ordas CJ. Safety management system: Development

CC BY- NC 4.0

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

and validation of a multidimensional scale. Journal of Loss Prevention in the process Industries. 2007;20(1):52-68.

23. Mortazavi B, Mahdavi S, Asilian H, Arghami S, Gholamnia R. Identification and assessment of human errors in SRP unit of control room of tehran oil refinery using HEIST technique) 2007. Journal of Kermanshah University of Medical Sciences. 2008;12(3): e79969.
24. Forghani MA, Darbandi S. Evaluation of effective factors in site selection of temporary housing after earthquake by using GIS and AHP technique (Case study: Kerman 4th district). Quarterly Scientific Journal of Rescue and Relief. 2015;7(2):54-81.
25. Yong N, Inraksa S, Tongsuk W. An Evaluation of the Evacuation time of Workers Following an Ammonia Leakage in One Seafood Industry, Songkhla Province. Thaksin Procedia. 2020;2:1-10.
26. Movahed AR, Jahani F, Parvini M, Shakib M. Consequence Analysis of Gas Condensate Leakage in a Gas Refinery to Develop an Emergency Response Plan. Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume. 2019;6(2):1-8.
27. Beheshti MH, Hajizadeh R, Mehri A, Borhani M. Modeling the result of hexane leakage from storage tanks and planning an emergency response programm in a petrochemical complex. Iran Occupational Health 2016;13(1):69-79
28. Shamsuddini A, Khodayari A. Locating safe places for emergency resettlement against natural disasters (earthquake) Case study [PhD Thesis]. Marvdasht Branch: Islamic Azad University; 2017.
29. Cullen LW .The public inquiry into the Piper Alpha disaster. Drilling Contractor;(United States). 1993;49(4).
30. Givehchi S, Attar MA. Application of multiple criteria decision making models to site selection for temporary housing after earthquakes. Journal of Emergency Management. 2013;1(2):35-43.
31. Hoscan O, Cetinyokus S. Determination of emergency assembly point for industrial accidents with AHP analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2021;69:104386.
32. Aliabadi MM, Mohammadfam I, Soltanian AR, Najafi K. Human error probability determination in blasting process of ore mine using a hybrid of HEART and best-worst methods. Safety and Health at Work. 2022;13(3):326-35.
33. Malek J, Desai TN. Prioritization of sustainable manufacturing barriers using Best Worst Method. Journal of Cleaner Production. 2019;226:589-600.
34. Jalali M, Habibi E, Khakzad N, Aval SB, Dehghan H. A novel framework for human factors analysis and classification system for medical errors (HFACS-MES)—A Delphi study and causality analysis. Plos one. 2024;19(2):e0298606.

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]

CC BY- NC 4.0

Identification and Prioritization of Criteria Affecting the Location of Safe Assembly Points Using the Best-Worst Method

Azad F [1], Mirzaebrahim Tehrani M [*2], Jozi SA [3], Miri Lavasani SM [4]

[1] PhD. Student in Environmental Management, Faculty of Marine Sciences and Technology, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Associate Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Sciences and Technology, North Tehran Branch, Islamic, Azad University, Tehran, Iran.
[3] Full Professor, Department of Environment, Faculty of Marine Sciences and Technology North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[4] Assistant Professor, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

Introduction: Identifying secure gathering spots during emergencies is a crucial step in emergency management across multiple industries, particularly in oil, gas, and petrochemical fields. This study was designed to identify and rank the factors affecting the placement of safe assembly points for implementation in the country's process industries.

Materials and Methods: This descriptive-exploratory study was conducted at the National Petrochemical Company. During the initial phase, criteria affecting the selection of safe assembly points were determined by examining scientific literature, standards, guidelines, along with national and international directives. A Delphi study involving 15 experts in emergency management experts was subsequently conducted to finalize the criteria list . During the second phase, these criteria were prioritized and ranked through a multi-criteria decision-making method utilizing and the Best-Worst Method.

Results: The Delphi study was completed after two rounds, revealing 10 internal and 7 external criteria, amounting to 17 criteria that affect the determination of safe assembly points during emergencies in processing industries. Within the internal criteria, accessibility was the highest rated (weight: 0.1948), vulnerability to incidents was second (weight: 0.1543), and travel time was third (weight: 0.1109). Among the external criteria, the distance from nearby hazardous centres was the highest (weight: 0.2181), the type of potential scenarios was second (weight: 0.2081), and nearby emergency facilities placed third (weight: 0.1462).

Conclusion: In process industries, the placement of safe assembly points during emergencies must take into account factors like the distance from surrounding hazardous areas, the type of possible incidents, ease of access, vulnerability to incidents, nearby emergency services, and wind patterns to guarantee optimal personnel protection.

Keywords: Multi-Criteria Decision-Making, Safe Assembly Point, Delphi Study, Process Industries, Best-Worst Method

This paper should be cited as:
Azad F, Mirzaebrahim Tehrani M, Jozi SA, Miri Lavasani SM. ***Identification and Prioritization of Criteria Affecting the Location of Safe Assembly Points Using the Best-Worst Method.*** Occupational Medicine Quarterly Journal. 2025:16(4): 1-17.

**** Corresponding Author:***
Email: Tehrani_mah@gmail.com
Tel: +98 912 4026615
Received: 01.09.2024 ***Accepted: 04.11.2024***

CC BY- NC 4.0

[Downloaded from tkj.ssu.ac.ir on 2025-01-21]

[DOI: 10.18502/tkj.v16i4.17557]