JOHE
Journal of Occupational Hygiene Engineering
J Occup Hyg Eng, 2022; 9(3): 153-165. Doi: 10.52547/johe.9.3.153
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

Original Article

# Representation of a Framework for Determining Emergency Muster Points in Process Industries Using Integrated FAHP-FTOPSIS Methods

Ardalan Ebrahimi[1], Omid Kalatpour[1,*], Iraj Mohammadfam[1]

[1] Department of Health, Safety and Environment Management, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

**Article history:**
**Received:** 15 September 2021
**Revised:** 11 October 2021
**Accepted:** 12 October 2021
**ePublished:** 15 November 2022

***Corresponding author:** Omid Kalatpour, Department of Health, Safety and Environment Management, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.
Email: kalatpour@umsha.ac.ir

## Abstract

**Background and Objective:** Emergency evacuation planning is one of the most central protective measures in emergency situations. Determination of the emergency muster points is one of the principal requirements of emergency evacuation planning. In this regard, this study aimed to represent a framework for determining emergency muster points in process industries.

**Materials and Methods:** After examining various texts, the effective criteria for determining emergency muster points were identified, and the relative weight of each criterion was calculated using the fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) method. Finally, the fuzzy technique for order preference by the similarity of an ideal solution (FTOPSIS) method was utilized to prioritize and determine optimal emergency muster points.

**Results:** According to the calculations by the FAHP method, from the total 12 criteria surveyed in this study, the first eight criteria from any factors with the highest weight were introduced as the most significant factors. The criteria of external factors affected relative weights, dis-tances from the hazard centers, prevailing wind conditions, nature of probable scenarios, and the presence of vulnerable groups. On the other hand, the criteria of internal factors included the potential impact of the accident, easy accessibility, visibility, and monitoring, as well as travel time.

**Conclusion:** Identification and evaluation of emergency muster points shall be made based on distances from the hazard centers, prevailing wind conditions, nature of probable scenarios, presence of vulnerable groups, the potential impact of the accident, easy accessibility, visibility, and monitoring, as well as travel time.

**Keywords:** Emergency Evacuation, Emergency Muster Points, FAHP, FTOPSIS, Process Industries

**Please cite this article as follows:** Ebrahimi A, Kalatpour O, Mohammadfam I. Representation of a Framework for Determining Emergency Muster Points in Process Industries using Integrated FAHP-FTOPSIS Methods. *J Occup Hyg Eng*. 2022; 9(3): 153-165. DOI: 10.52547/johe.9.3.153

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

**Copyright** © 2022 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

JOHE
مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
دوره ۹، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۱، صفحات: ۱۶۵-۱۵۳
https://johe.umsha.ac.ir
UMSHA Press

مقاله پژوهشی

# ارائه الگویی به‌منظور تعیین محل‌های تجمع اضطراری در صنایع فرایندی با استفاده از روش ترکیبی FAHP-FTOPSIS

اردلان ابراهیمی[۱]، امیدکلات‌پور[۱*]، ایرج محمدفام[۱]

[۱] گروه مدیریت سلامت ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان،همدان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۶/۲۴
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۱۹
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۷/۲۰
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۱/۰۸/۲۴

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

* نویسنده مسئول: امید کلات پور، گروه مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، ایران.
ایمیل: kalatpour@umsha.ac.ir

## چکیده

**سابقه و هدف:** طرح‌ریزی تخلیه اضطراری یکی از مهم‌ترین اقدامات حفاظتی در شرایط اضطراری است. تعیین محل تجمع اضطراری استاندارد نیز یکی از الزامات اصلی طرح‌ریزی تخلیه اضطراری است. انتخاب مکان تجمع استاندارد ملاحظات فنی و مدیریتی مشخصی دارد. لذا پژوهش حاضر در این راستا و با هدف ارائه الگویی به‌منظور تعیین محل‌های تجمع اضطراری در صنایع فرایندی انجام شد.

**مواد و روش‌ها:** ابتدا با بررسی متون مختلف، معیارهای مؤثر در تعیین محل‌های تجمع اضطراری شناسایی و در دو گروه عوامل داخلی و بیرونی تقسیم‌بندی شدند. سپس وزن هریک از معیارها با استفاده از روش FAHP محاسبه شد. درنهایت، تعدادی از اماکن به‌منظور تعیین محل تجمع اضطراری با روش FTOPSIS ارزیابی و محل‌های بهینه مشخص شدند.

**یافته‌ها:** بر اساس محاسبات روش FAHP، از مجموع ۱۲ معیار بررسی‌شده، ۸ معیار از هر دو عوامل که بیشترین وزن را به خود اختصاص دادند، به‌عنوان مهم‌ترین مؤلفه‌ها معرفی شدند. مهم‌ترین معیارهای عوامل بیرونی اثرگذار به ترتیب فاصله از مراکز خطر اطراف، شرایط باد غالب، ماهیت سناریوهای محتمل، وجود افراد آسیب‌پذیر و مهم‌ترین معیارهای عوامل داخلی به ترتیب پتانسیل اثرپذیری از حادثه، سهولت دسترسی، قابلیت دید و پایش و مدت‌زمان پیمایش بودند.

**نتیجه‌گیری:** شناسایی و ارزیابی محل‌های تجمع اضطراری باید بر اساس معیارهای فاصله از مراکز خطر اطراف، شرایط باد غالب، ماهیت سناریوهای محتمل، وجود افراد آسیب‌پذیر، پتانسیل اثرپذیری از حادثه، سهولت دسترسی، قابلیت دید و پایش و مدت‌زمان پیمایش انجام شود.

**واژگان کلیدی:** FAHP، FTOPSIS، تخلیه اضطراری، صنایع فرایندی، محل تجمع اضطراری

**استناد:** ابراهیمی، اردلان؛ کلات پور، امید؛ محمدفام، ایرج. ارائه الگویی به‌منظور تعیین محل‌های تجمع اضطراری در صنایع فرایندی با استفاده از روش ترکیبی FAHP-FTOPSIS. مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای، پاییز ۱۴۰۱؛۹(۳): ۱۶۵-۱۵۳.

## مقدمه

صنایع نقش بسیار مهم و انکارناپذیری در اقتصاد کشورها دارند. به نسبت رشد روزافزون صنایع، خطرات تولید، فرآوری و نگهداری محصولات آن‌ها به‌طور چشم‌گیری در حال افزایش است. در صنایع فرایندی شیمیایی یعنی صنایع نفت، گاز و پتروشیمی به علت ماهیت مواد، تجهیزات و فرایندها، خطر زیادی برای بروز حوادث وجود دارد [۱،۲]. پیامدهای جانی و مالی حوادث این صنایع بسیار سهمگین و متفاوت‌تر از سایر صنایع است [۳]. تاریخ حوادث صنایع مزبور شاهدی بر تعدد وقوع حوادث و تکثر تلفات جانی است. حادثه بوپال هند (بیش از ۵۰۰۰)، مکزیکوسیتی در سال ۱۹۸۴ (۵۰۰ کشته)، فیزین فرانسه در سال ۱۹۹۶ (۲۰ کشته)، سکوی نفتی پایپر آلفا در سال ۱۹۸۸ (۱۶۷ کشته)، فلیپس ۶۶ پاسادانا در سال ۱۹۸۹(۲۳ کشته) و بی پی تگزاس سیتی در سال ۲۰۰۵ (۲۳ کشته) مواردی از حوادث فرایندی هستند. در ایران نیز می‌توان به حادثه آتش‌سوزی پتروشیمی بندرامام در سال ۱۳۹۱ (۸ کشته) و پالایشگاه تهران در سال ۱۳۹۶ (۶ کشته) اشاره کرد [۴-۷].

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

بر اساس تئوری حادثه نرمال (Normal Accident Theory) Charles Perrow بروز حادثه در صنایع فرایندی عادی است و با وجود تلاش‌هایی که برای مدیریت خطرات انجام می‌شود، عمدتاً گریزناپذیر است [۸]. لذا ماهیت پرخطر صنایع درگیر ایجاب می‌کند برنامه‌های اضطراری برای پاسخ مناسب تنظیم کنند [۹]. با وقوع برخی از حوادث در صنایع ذکرشده، شرایطی در محل ایجاد می‌شود که کنترل حادثه با استراتژی‌های موجود امکان‌پذیر نیست و باید در راستای کاهش آسیب‌پذیری و جلوگیری از تلفات جانی، اقداماتی سنجیده و در کمترین زمان ممکن با تبعیت از برنامه‌ریزی قبلی انجام شود. تخلیه اضطراری ساکنان ازجمله این اقدامات مناسب و تنها راه کمک و تضمین ایمنی جان افراد حاضر در محل است. سه عامل اصلی وجود دارد که نیازمند تخلیه اضطراری در وضعیت خطرناک هستند که عبارت‌اند از: وجود افراد در مرزهای خطر، میزان تهدید برای جان آن‌ها و مدت‌زمان محدود برای فرار.

صنایع فرایندی بسترگاه و زمینه‌ساز عوامل اشاره‌شده هستند. تحقیقات نشان می‌دهند بیشترین علت تخلیه اضطراری، حوادث صنایع فرایندی است [۱۰-۱۵]. فرایند تخلیه اضطراری به مجموعه اقداماتی اطلاق می‌شود که برای جابه‌جایی جمعیت ساکنان از نواحی آسیب‌پذیر به‌منظور فرار از حادثه و اثرات آن به مکانی دیگر انجام می‌شود [۱۶،۱۷]. در فرایند تخلیه اضطراری همواره یکی از نگرانی‌ها و چالش‌های بزرگ در جریان فعالیت‌ها، انتخاب محلی ایمن به‌عنوان مقصد تخلیه برای تجمع کوتاه‌مدت ساکنان و در صورت نیاز ارائه خدمات اورژانسی و دیگر موارد مرتبط است. محل تجمع اضطراری (Emergency Muster Point: EMP) به محل یا مکان امنی گفته می‌شود که افراد در صورت نیاز به خروج اضطراری قبل یا حین حادثه در آن گرد هم می‌آیند. محل‌های تجمع اضطراری یکی از مهم‌ترین راه‌های جمع‌آوری افراد، اطمینان از سلامتی و تخلیه آن‌ها از صحنه حادثه است. محل‌های تجمع اضطراری به‌عنوان یکی از مقاصد تخلیه اضطراری از نظر موقعیتی باید در شعاع ایمن قرارگرفته باشد تا اثربخشی لازم را داشته باشد [۱۸-۲۱].

روند یافتن و انتخاب محل تجمع اضطراری برای استفاده در زمان تخلیه اضطراری باید به صورت اصولی و با دخالت دادن عوامل مرتبط صورت گیرد [۲۲-۲۵] و در صورتی که بر مبنای اصول مشخص انتخاب و تعیین نشده باشد، عوامل غیرمنتظره به اشکال مختلفی بر آن تأثیر می‌گذارد و فاجعه‌ای به مراتب بدتر رخ می‌دهد [۲۶،۲۷]. مرور حادثه سکوی نفتی پایپر آلفا دلیلی بر این مدعاست. مطابق با گزارش حادثه مزبور، یکی از عواملی که سبب محبوس و سپس کشته شدن تعدادی از خدمه در همان لحظات اولیه حادثه شد، انتخاب نادرست و نامناسب محل تجمع اضطراری بود [۲۸]. بنابراین، قرارگیری محل‌های تجمع اضطراری در موقعیت خاصی از سایت‌ها و تأسیسات، مستلزم تبعیت از ارزیابی جامع و لحاظ کردن عوامل و شرایطی است که در انتخاب آن‌ها از قضاوت‌ها و ارزیابی عینی خبرگانی استفاده شده است که تجارب مختلفی در این زمینه دارند تا درنهایت نقش اساسی در اثربخشی تخلیه اضطراری و حفظ جان ساکنان ایفا کند. عموماً این مهم در تدوین برنامه‌های شرایط اضطراری مورد کم‌توجهی قرار می‌گیرد و حساسیت چندانی نسبت به موضوع وجود ندارد [۲۹].

در خصوص تعیین محل پناهگاه‌های امن در صورت وقوع حوادث مختلف تحقیقات گسترده‌ای با استفاده از روش‌های مختلف انجام شده است که در بیشتر موارد با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System: GIS) و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی همچون فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy Analytic Hierarchy Process: FAHP)، روش نزدیکی به حالت ایدئال فازی (Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution: FTOPSIS)، دیمتل فازی (Fuzzy Decision making trial and evaluation laboratory: FDEMATEL) و فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی (Fuzzy Analytic Network Process: FANP) انجام شده‌اند که ابتدا با شناسایی معیارهای مؤثر، تعیین وزن معیارها و رتبه‌بندی مکان‌ها بر اساس قضاوت و ارزیابی خبرگان انجام می‌شوند و بهترین گزینه را انتخاب می‌کنند. مطابق با مطالعه Nappi و Souza، نبود معیارهای پشتیبانی از برنامه‌ریزی و اجرای پناهگاه‌های موقت ممکن است منجر به عوامل غیرقابل پیش‌بینی شود که عملیات لجستیک در شرایط اضطراری را به‌طورکلی به خطر می‌اندازد.

نویسندگان همچنین تأیید می‌کنند که تصمیمات برنامه‌ریزی برای ایجاد پناهگاه‌های موقت (Temporary shelters) باید با در نظر گرفتن معیارهای اساسی قبل از وقوع بحران باشد. در مطالعه Hoscan و Cetinyokus، معیارهای اصلی و فرعی در تعیین محل تجمع اضطراری به کمک خبرگان انتخاب و با استفاده از روش AHP، وزن نسبی آن‌ها محاسبه شد. درنهایت با توجه به نواحی تعیین‌شده در محدوده تأسیسات و معیارهای اثرگذار، محل تجمع اضطراری انتخاب و مجدداً با روش AHP بر اساس معیارهای فرعی ارزیابی، وزن نسبی آن‌ها تعیین و محل بهینه انتخاب شد. نتایج مطالعه نشان داد رویکرد مطالعه در تعیین محل تجمع اضطراری راهگشا بوده است [۳۰]. Aslan و همکاران در استان دوزچه ترکیه با استفاده از روش FTOPSIS، مناسب‌ترین محل اسکان موقت را از بین چهار محل منتخب تعیین کردند [۳۱].

Ransikarbum و همکاران ابتدا با استفاده از روش IEW معیارهای تأثیرگذار بر محل تجمع اضطراری را وزن‌دهی کردند. سپس محل‌های مناسب را در کارخانه لوازم خانگی با استفاده از روش TOPSIS ارزیابی و محل مناسب را انتخاب کردند [۲۹].

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

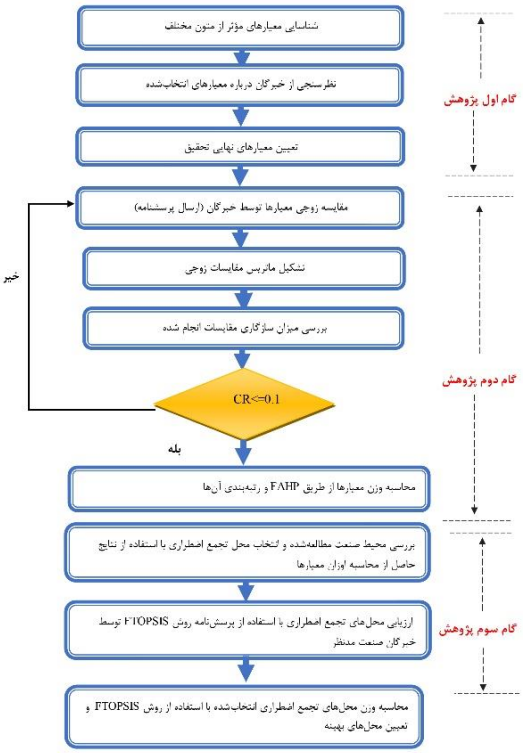
Shaoqing Geng و همکاران جهت انتخاب محل پناهگاه‌های اضطراری در لجستیک بشردوستانه، ۶ معیار که از نظرات خبرگان و استانداردهای بین المللی استخراج شده بودند استفاده کردند. ۱۵ محل برای پناهگاه های اضطراری انتخاب شدند. هریک از محل های انتخابی با روش Fuzzy TOPSIS مورد ارزیابی قرار گرفتند و مناسب ترین منطقه برای پناهگاه های اضطراری انتخاب شدند. [۳۲]. Kim و همکاران معیارهای موجود برای ارزیابی پناهگاه را از ادبیات مربوطه استخراج کردند. سپس معیارهای انتخاب‌شده که شامل فاصله تخلیه، الزامات اصلی پناهگاه، مدت زمان پیمایش، تأمین آب و مساحت سایت را با استفاده از روش AHP به‌منظور تخمین اهمیت نسبی هر حوزه ارزیابی برای محاسبه وزن نسبی پناهگاه منتخب به کار گرفتند. از بین معیارهای مذکور، فاصله تخلیه بیشترین وزن و اهمیت را داشت [۳۳].

منظمی تهرانی و همکاران به کمک خبرگان و مطالعات HAZOP، معیارها و زیرمعیارهای مؤثر را در انتخاب محل تجمع در پالایشگاه گازپارس جنوبی شناسایی و سپس وزن هریک را محاسبه کردند. درنهایت محل‌های ایمن را با استفاده از مدل منطق فازی و عملگرهای آن در محیط GIS تعیین کردند [۲۱]. Wang بر اساس سه جنبه اثربخشی، ایمنی و دسترسی، ۹ عامل ارزیابی مناسب بودن پناهگاه اضطراری را انتخاب و از روش AHP برای تعیین وزن شاخص استفاده و سیستم شاخص ارزیابی را طراحی کرد. Wang از روش TOPSIS برای ایجاد یک مدل ارزیابی مناسب پناهگاه اضطراری در تیانجین استفاده کرد و ارزیابی جامعی از ۲۸ پناهگاه اضطراری در تیانجین انجام داد [۳۴]. ابراهیمی و همکاران بر اساس ترکیبی از روش‌های تصمیم‌گیری فازی ازجمله روش‌های TOPSIS و AHP، معیارهای جمعیت منطقه، ترافیک منطقه، تعداد افراد در شرایط اضطراری و تعداد تصادفات جدی را در نظر گرفتند. نتایج مطالعه آنان نشان داد سیستم تصمیم‌گیری فازی پیشنهادی با موفقیت بهترین مکان‌ها را تعیین می‌کند [۳۵].

با این حال، توجه ناچیزی به تعیین محل‌های تجمع اضطراری در صنایع پرخطر و حادثه‌خیز فرایندی با تلفیقی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی شده است [۲۱،۳۰]. همچنین با بررسی نویسندگان مقاله حاضر مشخص شد در حال حاضر در صنایع فرایندی عموماً انتخاب محل تجمع اضطراری با تکیه بر اصول سنتی (سلیقه) است و از الگوی استاندارد منتشرشده یا معیارهای مشخص و یکپارچه‌ای استفاده نمی‌شود. لذا مقاله حاضر برای پوشش این خلأ ابتدا سعی دارد در چارچوب منظم و مشخصی، مجموعه‌ای از معیارهایی را شناسایی کند که در انتخاب چنین محل‌هایی اثرگذار هستند و سپس معیارهای مـزبور را توسط کارشناسان خبره در صنایع فرایندی با استفاده از روش FAHP وزن‌دهی کند و با اولویت‌بندی معیارها و بهره‌گیری از اطلاعات حاصل از آن، محل‌ها را تعیین و سپس با استفاده از روش FTOPSIS محل‌های بهینه را مشخص کند.

## روش کار

پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی بود که در راستای شناسایی، تعیین و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در انتخاب محل‌های تجمع اضطراری و با هدف تعیین آن محل‌ها در دو فاز انجام شد. شماتیک کلی از ترتیب مراحل و روش پژوهش حاضر در شکل ۱ آمده است.




**شکل ۱:** فرایند انجام پژوهش

### *فاز اول پژوهش*

### *شناسایی معیارهای اثرگذار در انتخاب محل تجمع اضطراری*

درگام اول پژوهش، ابتدا معیارهای اثرگذار در انتخاب محل تجمع اضطراری با بررسی متون و استانداردهای مرتبط توسط نویسندگان مقاله حاضر شناسایی شدند. در این مطالعه به‌منظور یافتن مطالعات مرتبط، جست‌وجو از طریق پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر داخلی شامل Irandoc، SID و Magiran با کلیدواژه‌های فارسی محل امن، پناهگاه موقت، مدیریت شرایط اضطراری، اسکان موقت، تخلیه اضطراری، عوامل مؤثر، صنایع فرایندی، فرایند تحلیل سلسله مراتبی و تاپسیس و در پایگاه‌های بین‌المللی انگلیسی زبان شامل Science Direct، Google Scholar، Scopus، Springer، PubMed، IEEE جست‌وجو انجام شد.

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

کلیدواژه‌های انگلیسی Emergency assembly Point، Emergency Evacuation، Emergency management، Safe area، Chemical Process *Industry* accident، Chemical Muster point، Emergency Plan، Shelter، Disaster Management، AHP، و TOPSIS از بازه زمانی ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ انجام شد. پس از جست‌وجو، ۳۰۵ چکیده مقاله یافت شد. ۱۰۰ عنوان مقاله به دلیل اینکه در راستای اهداف مطالعه نبودند، حذف شدند. پس از بررسی ۲۰۵ چکیده به صورت مستقل، ۸۰ متن مقاله انتخاب و با مطالعه دقیق آن‌ها، درنهایت ۴۰ مقاله در راستای کامل موضوع مطالعه انتخاب شدند. از سه استاندارد AS 3745، GS EP SAF 351 و ISO15544 نیز استفاده شد.

### *انتخاب خبرگان*

از شروط اولیه و مهم استفاده از تئوری فازی، استفاده از قضاوت و نظرات خبرگان است که از مزایای مطالعات مربوطه است. خبره در این پژوهش به فردی اطلاق می‌شد که تخصص HSE و آتش‌نشانی داشت و حداقل در صنایع فرایندی (نفت، گاز و پتروشیمی) سابقه فعالیت داشت. ۲۵ خبره با مدنظر قرار دادن ویژگی‌های فردی و تخصصی انتخاب شدند.

### *شناسایی و بررسی معیارهای اثرگذار در انتخاب محل تجمع اضطراری به کمک خبرگان*

تعداد معیارهای اثرگذار در انتخاب محل تجمع اضطراری حاصل از گام اول پژوهش، ۱۹ مورد بود که با نظرخواهی از خبرگان انتخاب‌شده، تعدادی از این معیارها که خبرگان بر آن‌ها اتفاق نظر داشتند، ادغام و تقلیل شدند. درنهایت ۱۲معیار مؤثر انتخاب و به دو گروه عوامل داخلی و بیرونی تقسیم شدند (جدول ۱). عوامل داخلی به عواملی اشاره دارد که در تعیین ویژگی‌های فیزیکی خاص محل تجمع اضطراری دخالت دارند. عوامل بیرونی به عواملی اشاره دارد که از محیط اطراف محل تجمع اضطراری نشأت می‌گیرند. توضیحات هریک از عوامل مؤثر در زیر داده شده است.

۱. شرایط باد غالب: بادی که از یک جهت به تناوب و با سرعت‌های متفاوتی می‌وزد، باد غالب نامیده می‌شود.

۲. فاصله از مراکز خطر اطراف: به میزان دوری از شرایط و منابع محیطی که پتانسیل آسیب‌رسانی دارند گفته می‌شود. در پژوهش حاضر از فاصله حداقل ۷۵ متر برای معیار فاصله از مراکز خطر اطراف استفاده شد.

۳. وجود افراد آسیب‌پذیر: ساکنان (زنان و مردان) ویژگی‌هایی دارند که آن‌ها را در برابر تهدیدات یا خطرات محیطی مستعد پذیرش آسیب و صدمه می‌کند.

۴. ماهیت سناریوهای محتمل: رویدادهایی که با توجه به نوع عملیات و شرایط حاکم بر محیط، امکان وقوع آن‌ها وجود دارد. پربسامدترین سناریوهای محتمل در صنعت نفت، گاز و پتروشیمی، آتش، انفجار و رهایش مواد سمی است.

۵. امکانات اضطراری اطراف: به دسترسی یا نزدیکی به سیستم ارتباطی، واحدهای درمانی، سرویس‌های بهداشتی و سایر ملزومات لازم در شرایط اضطراری گفته می‌شود.

۶. محل تجمع اضطراری جایگزین: محلی که به دلیل مواجهه محل تجمع اضطراری اصلی با حادثه به‌وقوع‌پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۷. پتانسیل اثرپذیری از حادثه: به میزانی از آسیب‌پذیری محل تجمع اضطراری از حادثه به‌وقوع‌پیوسته گفته می‌شود.

۸. سهولت دسترسی: به راحتی دستیابی ساکنان حاضر و نیروهای امدادی به محل تجمع اضطراری، سهولت دسترسی گفته می‌شود.

۹. مدت‌زمان پیمایش: مدت‌زمانی که طول می‌کشد تا

**جدول ۱:** عوامل مؤثر بر انتخاب محل تجمع اضطراری

| عوامل | ردیف | معیار | منبع |
|---|---|---|---|
| بیرونی | ۱ | فاصله از مراکز خطر اطراف | [۳۶،۳۷،۳۸،۳۹،۴۰،۴۱] |
| | ۲ | شرایط باد غالب | [۳۹،۴۲،۴۳،۴۴،۴۵] |
| | ۳ | امکانات اضطراری اطراف | [۳۰،۴۶،۴۷،۴۸،۴۹] |
| | ۴ | وجود افراد آسیب‌پذیر | [۲۹،۳۷،۵۰] |
| | ۵ | ماهیت سناریوهای محتمل | نظرات خبرگان |
| | ۶ | محل تجمع اضطراری جایگزین | [۳۶،۵۰،۵۱] |
| داخلی | ۱ | پتانسیل اثرپذیری از حادثه | [۴۳] |
| | ۲ | سهولت دسترسی | [۱۹،۴۱،۵۲،۵۳] |
| | ۳ | قابلیت دید و پایش | [۵۴] |
| | ۴ | مدت زمان پیمایش | [۴۲،۴۹،۵۵] |
| | ۵ | امکانات داخلی | [۳۶،۵۶] |
| | ۶ | مساحت یا گنجایش پذیرش افراد | [۲۹،۴۰،۴۲،۵۶] |

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

ساکنان از درب خروجی محل سکونت به محل تجمع اضطراری برسند.

۱۰. قابلیت دید و پایش: قابلیت دید و پایش به‌معنی وضوح رؤیت محل تجمع اضطراری و نظارت مداوم بر آن در موارد اضطراری است.

۱۱. مساحت محل تجمع اضطراری: به گنجایش یا ظرفیت پذیرش ساکنان در محل تجمع اضطراری گفته می‌شود.

۱۲. امکانات داخلی محل تجمع اضطراری: برخورداری محل از امکاناتی همچون دوربین مداربسته CCTV، روشنایی، وسایل ارتباط صوتی، سقف و غیره.

### وزن‌دهی به معیارهای مؤثر با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی

در این مرحله از فاز اول پژوهش، پس از مشخص شدن معیارهای مؤثر در انتخاب محل تجمع اضطراری، برای تعیین وزن هریک از معیارها از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شد. به‌منظور تعیین وزن نسبی معیارها، پرسش‌نامه مربوطه با تشکیل ماتریس زوجی مطابق با روش ذکرشده طراحی شد. برای تعیین روایی پرسش‌نامه، به روایی محتوا اکتفا شد. بدین صورت که ابتدا با تعدادی از خبرگان صنایع فرایندی مشورت و معیارها با نظر آنان بررسی شد. سپس تمامی نقایص و ابهام‌های پرسش‌نامه برطرف و پرسش‌نامه نهایی با ارائه راهنمایی‌های لازم در بین خبرگان صنایع فرایندی توزیع شدند. محاسبات هریک از آن‌ها طبق الگوریتم روش FAHP انجام شد. برای هر پرسش‌نامه به‌منظور بررسی و کنترل سازگاری بین مقایسات زوجی انجام‌شده توسط خبرگان، نرخ ناسازگاری محاسبه شد.

### روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP)

روش FAHP یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره بر اساس نظریه مجموعه فازی است که به‌طور گسترده‌ای استفاده می‌شود. روش‌های FAHP متعددی وجود دارند که پژوهشگران مختلف پیشنهاد داده‌اند. در پژوهش حاضر از روش FAHP آقای *Buckley* به دلیل محدودیت و معایب روش‌های دیگر ازجمله اینکه ممکن است وزن معیارها در محاسبات نهایی منفی یا صفر بشوند، استفاده شد [۵۷]. روش FAHP به دنبال تعیین معیارهای اصلی است که به‌طور بالقوه بر مسئله بررسی‌شده توسط خبرگان تأثیر می‌گذارند.

مراحل روش FAHP بدین شرح است [۵۸]: مرحله اول مقایسات زوجی معیارها و فازی‌سازی اعداد: در ابتدا تمام معیارها به صورت دوبه‌دو توسط پاسخ‌دهندگان (خبرگان) مقایسه زوجی می‌شوند. انجام مقایسات زوجی به‌منظور مشخص کردن درجه ارجحیت معیارها در طیف ۹ تایی است که عناصر هر سطح نسبت به هم مقایسه و اهمیت نسبی عناصر مشخص می‌شود. سپس ارزیابی‌های کارشناسی (اعداد قطعی) با استفاده از جدول ۲ به اعداد فازی تبدیل می‌شود.

مرحله دوم محاسبه نرخ ناسازگاری: در این مرحله برای اطمینان از قابل اعتماد بودن مقایسات زوجی انجام‌شده توسط خبرگان، نرخ ناسازگاری محاسبه می‌شود. Gogos و Butcher پیشنهاد دادند برای بررسی مقایسات زوجی انجام‌شده توسط خبرگان، دو ماتریس (عدد میانی و حدود عدد فازی) از هر ماتریس فازی مشتق و سپس سازگاری هر ماتریس محاسبه شود. مراحل محاسبه نرخ سازگاری ماتریس‌های فازی مقایسات زوجی بدین شرح زیر است: ابتدا ماتریس مثلثی فازی به دو ماتریس تقسیم می‌شود. در گام آخر، برای محاسبه نرخ ناسازگاری (Rate Inconsistency)، شاخص (Consistency Index) بر مقدار شاخص تصادفی (Random Index) تقسیم می‌شود. در صورتی که مقدار آن کمتر از ۰/۱ باشد، ماتریس سازگار و مقایسات به‌درستی انجام شده است. در غیر این‌صورت، باید پرسش‌نامه دوباره به خبره مدنظر تحویل داده شود تا در مقایسات تجدیدنظر کند.

مرحله سوم استخراج ماتریس تجمیع نظرات خبرگان، مرحله چهارم تعیین وزن معیارها، مرحله پنجم دیفازی کردن وزن معیارها، مرحله ششم نرمال‌سازی وزن معیارها: درصورتی‌که جمع اعداد دیفازی‌شده معیارها بیشتر از ۱ باشد، باید عمل نرمال‌سازی انجام شود. مرحله هفتم رتبه‌بندی معیارها: بر اساس وزن نهایی محاسبه‌شده حاصل از مراحل فوق، رتبه نهایی هریک از معیارهای تأثیرگذار بر مسئله مشخص می‌شود.

### مطالعه موردی

در اولین گام، معیارهای اولویت‌دار مؤثر در تعیین محل تجمع اضطراری مشخص شدند. یک شرکت پتروشیمی به‌عنوان مطالعه موردی برای اجرای الگوی پیشنهادی انتخاب شد. سپس نقشه‌های محیط شرکت بررسی و بازدید میدانی از آن انجام شد.

با هم‌فکری و مشورت با کارکنان آتش‌نشانی و HSE صنعت مزبور، ۴ محل تجمع اضطراری با بهره‌گیری از معیارهای مشخص‌شده پژوهش در نقاط مختلفی از سایت که ساکنان مشغول به فعالیت بودند و محل‌های مدنظر که تحت تأثیر پیامدهای شرایط اضطراری قرار نگیرند، شناسایی و انتخاب شدند. هریک از محل‌های منتخب با استفاده از طیف ۵تایی لیکرتِ پرسش‌نامه FTOPSIS (جدول ۳) توسط جمع ۵ نفره خبرگان ارزیابی شد. پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها، محاسبات لازم در راستای رتبه‌بندی و تعیین محل‌های تجمع اضطراری بهینه با استفاده روش FTOPSIS انجام شد.

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

**جدول ۲:** سیستم نمره‌دهی در روش FAHP

| عبارت کلامی | درجه اهمیت | اعداد فازی مثلثی | توضیح |
|---|---|---|---|
| اهمیت یکسان | ۱ | (۱، ۱، ۱) | دو معیار i وj ارزش برابر دارند. |
| اهمیت کمی بیشتر | ۳ | (۲، ۳، ۴) | معیار i نسبت به j کمی بهتر است. |
| اهمیت بیشتر | ۵ | (۴، ۵، ۶) | معیار i نسبت به j بهتر یا مهم‌تر است. |
| اهمیت خیلی بیشتر | ۷ | (۶، ۷، ۸) | معیار i نسبت به j خیلی بهتر است. |
| اهمیت مطلق | ۹ | (۹، ۹، ۹) | معیار i نسبت به j خیلی بهتر است و ارجحیت مطلق دارد. |
| بینابین | ۲ | (۱، ۲، ۳) | ارزش‌های بینابین را نشان می‌دهد؛ مثلاً اهمیت ۴ بین ۳ و ۵ است. |
| | ۴ | (۳، ۴، ۵) | |
| | ۶ | (۵، ۶، ۷) | |
| | ۸ | (۷، ۸، ۹) | |

**جدول ۳:** سیستم نمره‌دهی پرسش‌نامه روش FTOPSIS ( Chia-Chi Sun، ۲۰۱۰)

| عبارت کلامی | درجه اهمیت (عدد قطعی) | عدد فازی مثلثی |
|---|---|---|
| خیلی کم | ۱ | (۱.۱.۳) |
| کم | ۲ | (۱.۳.۵) |
| متوسط | ۳ | (۳.۵.۷) |
| زیاد | ۴ | (۵.۷.۹) |
| خیلی زیاد | ۵ | (۷.۹.۱۱) |

### *روش نزدیکی به حالت ایدئال فازی (FTOPSIS)*

اولین بار Hwang و Yoon در سال ۱۹۸۱ روش فوق را معرفی کردند. FTOPSIS یکی از روش‌های مرسوم در ارزیابی گزینه‌هاست. در این روش گزینه‌ها بر اساس معیارهای پژوهش (معیارهای منفی و مثبت) و با لحاظ کردن نزدیکی به نقطه ایدئال مثبت و ایدئال منفی بر اساس مفاهیم فازی توسط تصمیم‌گیرندگان (خبرگان) با استفاده از طیف ۵تایی لیکرت از خیلی کم تا خیلی زیاد ارزیابی می‌شود. گزینه‌ای به‌عنوان بهترین انتخاب می‌شود که بیشترین فاصله را از ایدئال منفی و کمترین فاصله را از ایدئال مثبت داشته باشد. در پژوهش حاضر گام‌های روش FTOPSIS برای ارزیابی گزینه‌ها از مقاله Patil و Kant (۲۰۱۴) گرفته شد که ترتیب مراحل آن در زیر آورده شده است [۵۹].

مرحله اول: تعیین معیارها پژوهش برای ارزیابی گزینه‌ها: معیارهای لازم برای ارزیابی گزینه‌ها با استفاده از روشFAHP رتبه‌بندی و بر اساس تشخیص محقق انتخاب شدند.

مرحله دوم: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و فازی‌سازی اعداد

مرحله سوم: نرمال‌سازی ماتریس فازی تصمیم

مرحله چهارم: ایجاد ماتریس بدون مقیاس وزین فازی v با مفروض بودن بردار wij

مرحله پنجم: تعیین راه‌حل ایدئال مثبت ( Fuzzy Positive Ideal Solution: FPIS) و راه‌حل ایدئال منفی ( Fuzzy Negative Ideal Solution: FNIS)

مرحله ششم: محاسبه فاصله از ایدئال مثبت فازی و ایدئال منفی فازی

مرحله هفتم: محاسبه شاخص شباهت ( Closeness Coefficient: CC) به گزینه ایدئال

مرحله هشتم: رتبه‌بندی گزینه‌ها: در این مرحله گزینه‌ها با توجه مقدار شاخص شباهت رتبه‌بندی می‌شوند.

## نتایج

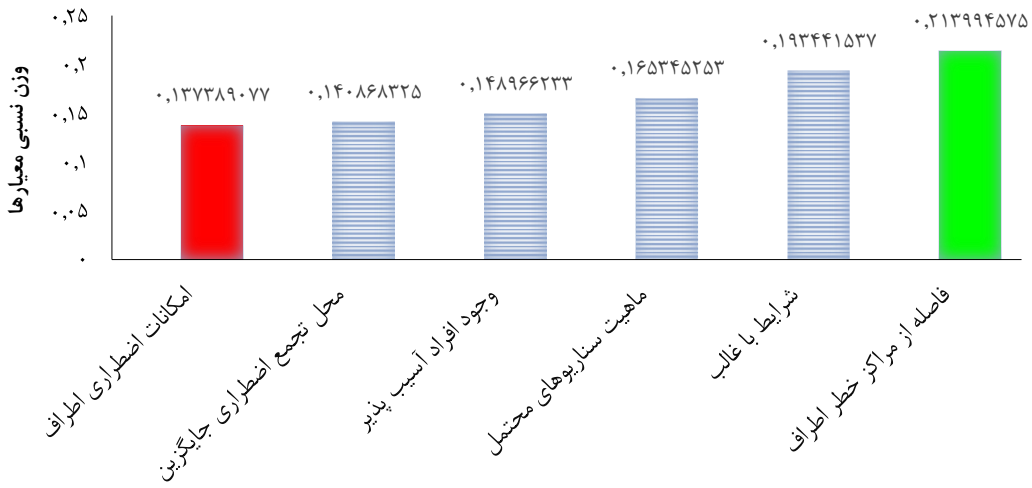
پژوهش حاضر در راستای شناسایی معیارهای مؤثر در انتخاب محل تجمع اضطراری و با هدف ارائه الگویی برای تعیین آن محل‌ها با تلفیقی از روش FAHP و FTOPSIS در صنایع فرایندی انجام شد. معیارهای اولیه اثرگذار در انتخاب محل تجمع اضطراری حاصل از بررسی متون و انجام مصاحبه با خبرگان صنایع فرایندی مطابق با روش FAHP محاسبه شد (نمودار ۱).

برای تأیید صحت مقایسات زوجی انجام‌شده توسط خبرگان، نرخ ناسازگاری مطابق با روش پیشنهادی *Gogus* و *Boucher* برای تمام پرسش‌نامه‌ها انجام شد [۶۰]. نرخ ناسازگاری ۷ پرسش‌نامه بیشتر از ۰/۱ بود. طبق روش ذکرشده، مقایسات درست نبود و باید در مقایسات زوجی معیارها تجدیدنظر شود. لذا برای ارزیابی مجدد به خبره‌های مدنظر با راهنمایی‌های لازم برگشت داده شد. درنهایت با تلفیق درصدهای سطری تمام معیارها، رتبه‌بندی کل و نرخ ناسازگاری کل به‌دست آمد. نرخ ناسازگاری عوامل پژوهش از ۰/۱ کمتر بود که قابل قبول است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شد، از بین معیارهای عوامل بیرونی مؤثر در انتخاب محل تجمع اضطراری بیشترین و کم‌ترین وزن و تأثیرگذاری به ترتیب مربوط فاصله از مراکز خطر اطراف (۰/۲۱۳) و امکانات اضطراری اطراف (۰/۱۳۷) بود.

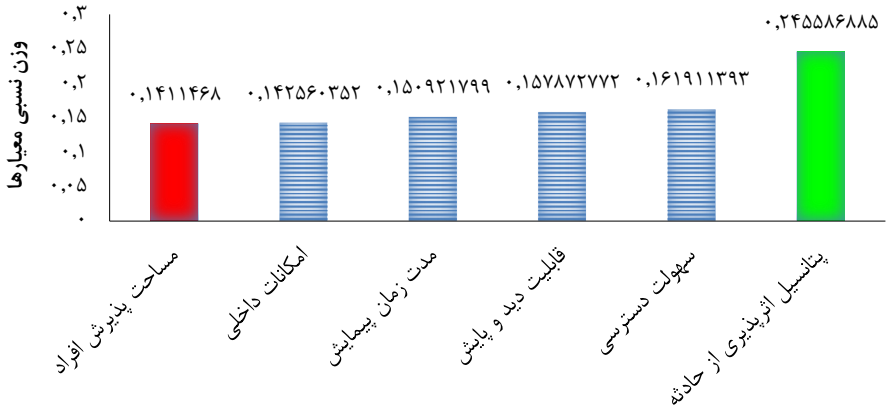
نمودار ۲ وزن عوامل مؤثر داخلی را در انتخاب محل تجمع اضطراری نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیشترین و کمترین وزن و تأثیرگذاری به ترتیب متعلق به پتانسیل اثرپذیری از حادثه (۰/۲۴۵) و گنجایش پذیرش افراد (۰/۱۴۱) است.

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]




**نمودار ۱:** مقایسه وزن عوامل بیرونی مؤثر در تعیین محل تجمع اضطراری




**نمودار ۲:** مقایسه وزن عوامل داخلی مؤثر در تعیین محل تجمع اضطراری

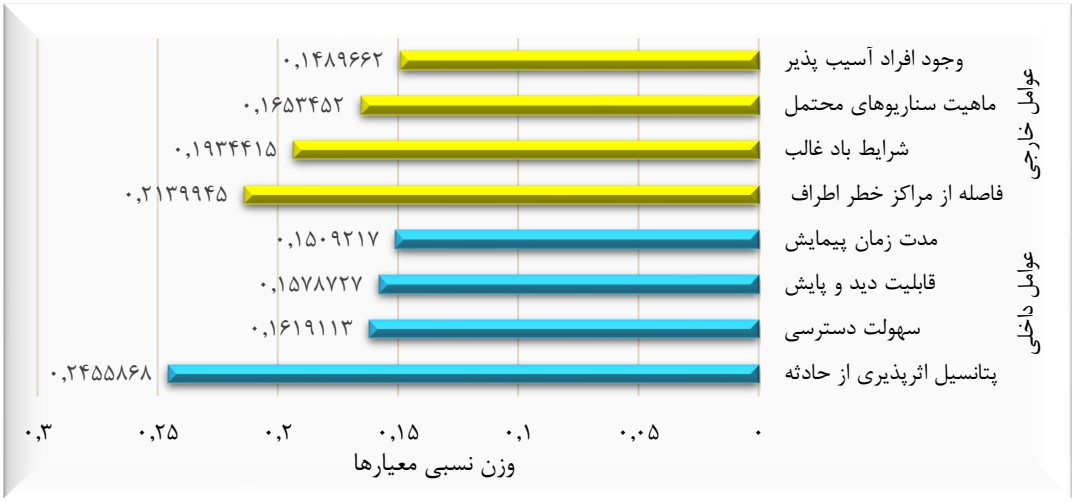
حداقل دو محل تجمع اضطراری باید برای مدیریت شرایط اضطراری برای مواقعی تعیین شود که احتمالاً یکی از محل‌ها در دسترس نیست [۶۱]. محیط پتروشیمی ارومیه (استان آذربایجان غربی) برای انجام مطالعه موردی انتخاب شد. موادی که در این پتروشیمی تولید و ذخیره می‌شوند، عموماً سمی هستند. جدی‌ترین خطری که کارکنان شاغل را تهدید می‌کند، پیامد ناشی از سمی بودن گاز آمونیاک، اسید سولفوریک و اسید هیدروکلریک است. لذا محتمل‌ترین سناریو، رهایش ماده سمی از واحد فرایندی تولید اسید سولفوریک و مخازن ذخیره‌سازی اسید هیدروکلریک (۴مخزن به ظرفیت ۱۰۰۰ تن)، اسیدسولفوریک (۲ مخزن به ظرفیت ۱۰۰۰ تن) و گاز آمونیاک (۳ مخزن به ظرفیت ۶۰ تن) است. در این مطالعه موردی ۴ محل در نقاط مختلف سایت به کمک خبرگان انتخاب شد (شکل ۲). مخازن ذخیره‌سازی مواد سمی و واحد فرایندی به‌عنوان کانون خطر نسبت به محل‌های تجمع اضطراری انتخابی در نظر گرفته شدند.



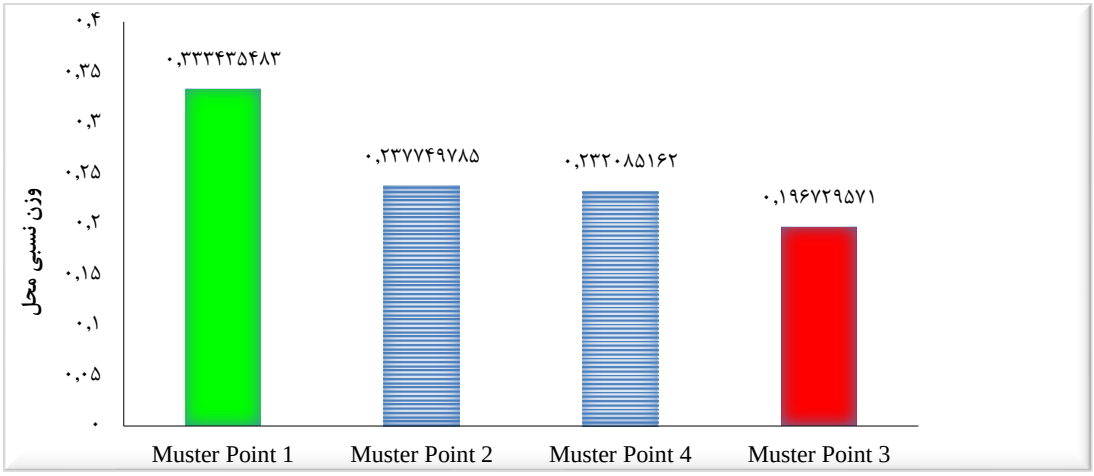

**شکل ۲:** محل‌های تجمع اضطراری انتخاب‌شده در محیط پتروشیمی

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]




**نمودار ۳:** مقایسه وزن نسبی معیارهای اولویت‌دار عوامل اثرگذار بر انتخاب محل تجمع اضطراری




**نمودار ۴:** مقایسه وزن نسبی محل‌های تجمع اضطراری انتخابی نسبت به معیارها

نتایج حاصل از ارزیابی ۴ محل تعیین‌شده در محیط پتروشیمی به‌منظور انتخاب نقاط بهینه با استفاده از روش FTOPSIS در جدول شماره ۳ در ادامه نمودار ۳ نشان داده شده است. ارزیابی بر اساس مجموع ۸ معیار اولویت‌دار عوامل بیرونی (فاصله از مراکز خطر اطراف، شرایط باد غالب، ماهیت سناریوهای محتمل، وجود افراد آسیب‌پذیر) و داخلی (پتانسیل اثرپذیری از حادثه، سهولت دسترسی، قابلیت دید و پایش، مدت‌زمان پیمایش) انجام شد (نمودار ۳). محاسبات حاصل از روش فوق نشان داد محل تجمع اضطراری MP۱ به‌عنوان محل بهینه برای تجمع ساکنان شناخته شد و به ترتیب MP۲، MP۴ و MP۳ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

## بحث

در تعیین مناسب‌ترین محل‌های تجمع اضطراری، عوامل و معیارهای مؤثر متعددی دخالت دارند که هرکدام اهمیت و اثرگذاری متفاوتی دارند. شناسایی، اولویت‌بندی و یکپارچه کردن آن پارامترها مشروط به این است که با بررسی، قضاوت و ارزیابی عینی خبرگانی همراه باشد که تجارب مختلفی در این زمینه دارند. با توجه به اهداف اولیه این مطالعات که متمرکز بر تعیین عوامل و معیارهای مؤثر در انتخاب محل‌های تجمع اضطراری بود، تصمیم‌گیری برای شناسایی و انتخاب آن پارامترها از بین موارد متعدد پیش رو، پیچیده و دشوار است. برای حل این مشکل، از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی استفاده شد. نتایج چندین پژوهش با استفاده از مجموعه‌های تئوری فازی نیز حاکی از آن است که مجموعه‌های ترکیبی نتایج دقیق‌تری را در تعیین محل‌های تجمع ارائه می‌دهند. پژوهش حاضر نیز از این رویکرد مناسب که حاصل تلفیق دو روش تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی، FAHP و FTOPSIS بود، با هدف نهایی الگوسازی در تعیین محل‌های تجمع اضطراری در صنایع فرایندی استفاده کرد.

Nappi و همکاران در سال ۲۰۱۵ از روش تحلیل سلسله مراتبی غیرفازی (AHP) با هدف تعیین معیارهای مؤثر در انتخاب پناهگاه‌های موقت استفاده کردند که ۱۰ معیار شناسایی شد. آن‌ها روش AHP را به‌عنوان روش مناسبی در شناسایی معیارها معرفی

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]
[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

کردند [۶۲]. با توجه به عدم قطعیت ناشی از ضعف دانش و ابزار بشری و عدم صراحت مربوط به یک پدیده، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری فازی برخلاف منطق غیرفازی ممکن است تصمیم‌گیرندگان (خبرگان) را به فهم و درک بهتر از مفاهیم گوناگون در شرایط مختلف هدایت کند تا تصمیمات مناسب‌تری بگیرند. لذا نتایج حاصل از این پژوهش در مقایسه با پژوهش‌های مشابه که از منطق غیرفازی استفاده کردند، دقت و اعتبار بیشتری دارد [۶۳].

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد در فهرست عوامل بیرونی در انتخاب محل تجمع اضطراری، معیار با بیشترین و کمترین وزن از نظر خبرگان به ترتیب «فاصله از مراکز خطر اطراف» و «امکانات اضطراری اطراف» است. در پژوهش حاضر از فاصله حداقل ۷۵ متر برای معیار فاصله از مراکز خطر اطراف برای ارزیابی استفاده شد [۴۰] که فاصله مدنظر به دلیل فشردگی تأسیسات، منطقی بود. با توجه به اینکه فاصله کم تا مراکز خطر اطراف در آسیب‌پذیری محل‌های تجمع اضطراری و تشدید آن تأثیر بسزایی دارد، خبرگان را متقاعد کردیم که بیشترین وزن (۰/۲۱۳) را به آن اختصاص دهند. یافته‌های پژوهش فرقانی و دربندی در سال ۲۰۱۵ که به ارزیابی عوامل انتخاب مکان‌های اسکان موقت در منطقه ۴ کرمان پرداختند، بر اهمیت فاصله از مراکز خطر به‌عنوان اصلی‌ترین معیار تأکید دارد [۶۴]. همچنین در پژوهش Songkhla که به ارزیابی مدت‌زمان تخلیه کارکنان پس از نشت آمونیاک پرداخته شد، تاکید شد که محل‌های تجمع اضطراری باید فاصله کافی از منبع خطر (مخازن آمونیاک) داشته باشند، حتی اگر فاصله کارکنان تا محل تجمع بسیار طولانی باشد و بیش از ۵ دقیقه طول بکشد [۶۵].

از عواملی که وزن بشتری در بین سایر عوامل مؤثر بر انتخاب محل‌های تجمع اضطراری به خود اختصاص داد، شرایط باد غالب بود (نمودار ۳). پژوهش جهانی و همکاران که در سال ۲۰۱۹ با هدف مدل‌سازی پیامد نشت از مخازن ذخیره میعانات گازی برای کمک به تدوین واکنش در شرایط اضطراری انجام دادند، باد غالب از پارامترهای تأثیرگذار بر انتخاب محل تجمع اضطراری بود [۳۹]. به دلیل تجمع و اسکان کوتاه‌مدت افراد در محل تجمع اضطراری انتظار می‌رود معیار فاصله از امکانات اضطراری اطراف (آب، غذا، وسیله نقلیه و غیره) کمترین وزن (۰/۱۳۷) را در بین سایر معیارها به خود اختصاص دهد. این مهم با یافته‌های عزیزی‌فر و همکاران همخوانی دارد. آنان در سال ۲۰۱۸ پژوهشی با روش مشابه برای شناسایی پناهگاه‌های موقت در شمال ایران انجام دادند [۲۴].

در فهرست عوامل داخلی مؤثر در انتخاب محل تجمع اضطراری، معیار «پتانسیل اثرپذیری از حادثه» و «مساحت پذیرش افراد» به ترتیب بیشترین و کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. نقش اهمیت توجه به معیار اثرپذیری از حادثه در انتخاب محل تجمع اضطراری در حادثه سکوی نفتی پاپیر آلفا بسیار نمایان است. در این حادثه دود و شعله‌های متأثر از باد محل تجمع خدمه را احاطه کرد و تمام راه‌های ارتباطی برای گریز از محل را سخت کرد و منجر به مرگ تمام افراد حاضر در محل تجمع شد [۲۸]. بنابراین، دامنه اثرات حادثه می‌تواند گسترش یابد و مساحت بیشتری از محیط را درگیر کند و منجر به ایجاد شرایط اضطراری ثانویه و افزایش تلفات جانی شود. در پژوهش خیرطال و همکاران در سال ۲۰۱۷ نیز بر نقش مهم پتانسیل اثرپذیری محل پناهگاه موقت از حادثه به‌عنوان عاملی بسیار مهم در تشدید تلفات تأکید شده است [۶۶].

در پژوهش Hoscan و Cetinyokus در سال ۲۰۲۱ که به تعیین محل‌های تجمع اضطراری با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی غیرفازی (AHP) پرداخته‌اند و پیش‌تر نیز به آن اشاره شد، همانند یافته‌های پژوهش حاضر، معیار مشخصات فیزیکی محل تجمع اضطراری (مساحت پذیرش افراد) ارزش و اهمیت کمتری در قضاوت خبرگان داشت [۳۰]. از عواملی که وزن بیشتری در بین سایر عوامل مؤثر بر انتخاب محل‌های تجمع اضطراری به خود اختصاص داد، معیار دسترسی بود. این یافته‌ها با نتایج پژوهش داداش زاده و همکاران در سال ۲۰۱۷ که به ارزیابی عوامل موثر در ایجاد مکان های امن به منظور اسکان اضطراری بعد از بحران ها پرداخته شده، مطابقت دارد. در پژوهش آن ها، نتایج نشان داد که معیار دسترسی، یکی از مهمترین معیارها در تعیین مکان مناسب برای اسکان اضطراری است[۶۷].

پس از تعیین ارزش معیارهای انتخاب محل تجمع اضطراری با استفاده از روش FAHP، معیارهای مؤثرتر برای راهنمایی در تعیین محل تجمع اضطراری انتخاب شدند. بدین منظور، ۴ معیار اولویت‌دار از هر دو عوامل بیرونی (به ترتیب: فاصله از مراکز خطر اطراف، شرایط باد غالب، ماهیت سناریوهای محتمل، وجود افراد آسیب‌پذیر) و داخلی (به ترتیب: پتانسیل اثرپذیری از حادثه، سهولت دسترسی، قابلیت دید و پایش، مدت‌زمان پیمایش) با بررسی‌های لازم انتخاب شدند. در این مطالعه موردی ۴ محل در نقاط مختلف سایت به کمک خبرگان انتخاب شد. پس از مشخص کردن محل‌های انتخابی، به‌منظور تعیین محل/ محل‌های بهینه از روش نزدیکی به حالت ایدئال فازی (FTOPSIS) برای ارزیابی وضعیت معیارها در محل‌های انتخابی استفاده شد. مزایای تعیین وضعیت و ارزش هر معیار در تعیین محل تجمع اضطراری کمک شایانی به ارتقای ایمنی آن خواهد کرد.

Ransikarbum و همکاران در سال ۲۰۲۱ در پژوهشی ابتدا از روش وزن‌دهی آنتروپی اطلاعات ( information entropy weight: IEW) برای تعیین معیارها و سپس از روش نزدیکی به حالت ایدئال غیرفازی (TOPSIS) برای ارزیابی محل‌های تجمع انتخابی در کارخانه لوازم خانگی برای شرایط اضطراری حوادث آتش‌سوزی استفاده کردند[۲۹]. Liu و همکاران در سال ۲۰۱۷ مطالعه‌ای را به‌منظور انتخاب مکان پناهگاه شهری برای شرایط اضطراری انجام دادند. در این مطالعه به‌منظور بهبود کیفیت انتخاب مکان پناهگاه

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

شهری از مدل‌های یکپارچه مبتنی بر انتخاب اجتماعی با بهره‌گیری از چهار روش FAHP، FTOPSIS، خوشه‌بندی خاکستری و آنتروپی به‌منظور ارائه مدل ارزیابی جدید استفاده شد. نتایج نشان داد مدل‌های پیشنهادی ارزیابی جامع یکپارچه مبتنی بر انتخاب اجتماعی نتایج بهتری نسبت به تمام مدل‌های سنتی ارائه می‌دهند [۶۸].

امیدوار و همکاران در سال ۲۰۱۳ پژوهشی برای انتخاب فضای اسکان در شهر تهران با استفاده روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام دادند. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان داد TOPSIS بهترین روش برای تعیین پناهگاه موقت با کمترین میزان خطاست [۶۹]. انجام روش مذکور در فرم فازی نتایج بهتر، دقیق‌تر و با قابلیت اطمینان بیشتری از مطالعات انجام‌شده با روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره در فرم غیرفازی در تعیین محل‌های تجمع اضطراری ارائه خواهد داد [۷۰]. پژوهش حاضر نیز از این رویکرد در هر دو مرحله اصلی (تعیین معیارهای مؤثر و ارزیابی محل‌های تجمع اضطراری) با توجه به تأثیر فرم فازی بر کیفیت قضاوت‌ها استفاده کرد. پژوهش حاضر از روش FTOPSIS به‌عنوان روش اصلی برای نحوه تعیین محل/ محل‌های تجمع اضطراری استفاده کرد؛ زیرا برخلاف پژوهش‌های دیگر [۳۰] که از روشAHP برای تعیین محل‌های تجمع اضطراری استفاده کردند، روشAHP توانایی ارزیابی محل‌های تجمع اضطراری انتخاب‌شده را ندارد. این مهم از مزایای اصلی این مطالعه محسوب می‌شود.

ازجمله محدودیت‌های این مطالعه می‌توان به حذف و محدود شدن تعدادی از معیارها به دلیل استفاده از روش FAHP اشاره کرد. ممکن است معیارهای دیگری نیز وجود داشته باشند که از نظر خبرگان شرکت‌کننده در مطالعه کم‌اهمیت بوده باشند، اما به مراحل بعدی این مطالعه وارد نشوند. مشخص نبودن روابط بین عوامل مؤثر بر انتخاب محل تجمع اضطراری از دیگر محدودیت‌های پژوهش حاضر بود. علاوه بر محدویت فوق، کاربرد رویکرد پیشنهادی در زمان واقعی حادثه بررسی نشد.

## نتیجه‌گیری

شناسایی و ارزیابی محل‌های تجمع اضطراری باید بر اساس معیارهای فاصله از مراکز خطر اطراف، شرایط باد غالب، ماهیت سناریوهای محتمل، وجود افراد آسیب‌پذیر، پتانسیل اثرپذیری از حادثه، سهولت دسترسی، قابلیت دید و پایش و مدت‌زمان پیمایش انجام شود. تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش حاضر نشان داد استفاده از روش‌های ترکیبی FAHP و FTOPSIS در راستای هدف فوق رویکرد مطلوبی است و می‌توان در صنایع فرایندی از آن استفاده کرد. در پایان، برای انجام مطالعات آتی موارد زیر پیشنهاد می‌شود:

- استفاده از روش‌های تلفیقی پژوهش حاضر برای تعیین مسیرهای منتهی به محل تجمع اضطراری
- استفاده از روش دیمتل فازی برای بررسی ارتباط بین معیارهای مؤثر بر انتخاب و تعیین محل تجمع اضطراری

مدل‌سازی پیامد انواع حوادث احتمالی بر محل‌های تجمع اضطراری انتخاب‌شده


## تشکر و قدردانی

این مقاله از پایان‌نامه کارشناسی ارشد HSE دانشگاه علوم پزشکی ابن‌سینای همدان با شماره ثبت 140007065442 گرفته شده است. بدین وسیله از همکاری و زحمات مهندس طریقی رئیس محترم HSE پتروشیمی ارومیه و تمام کارشناسانی که ما را در پژوهش حاضر همراهی کردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم.


## تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی بین نویسندگان مقاله گزارش نشده است.

## ملاحظات اخلاقی

پژوهش حاضر در کمیته اخلاق دانشگاه علوم پزشکی ابن‌سینا همدان در تاریخ ۱۳۹۹/۰۸/۱۷ با شماره شناسه IR.UMSHA.۱۳۹۹.۹۶۴ ثبت شده است.

## سهم نویسندگان

امیدکلات‌پور: طراح مطالعه و نگارش مقاله؛ اردلان ابراهیمی: جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل اطلاعات؛ ایرج محمدفام : مشاوره علمی.


## حمایت مالی

این مطالعه هیچ حامی مالی نداشت.


## REFERENCES


1. Zhou J, Reniers G. Analysis of emergency response actions for preventing fire-induced domino effects based on an approach of reversed fuzzy Petri-net. *J Loss Prev Process Ind*. 2017;**47**:169-73. DOI: 10.1016/j.jlp.2017.03.011
2. Jafari MJ, Bahmani R, Pouyakian M. Modeling the consequence of vinyl chloride accidental release from tanks in a petrochemical plant. *J Occup Environ Hyg*. 2021;**4**(4):301-14. DOI: 10.18502/ohhp.v4i4.5443
3. CCPS. Guidelines for chemical process quantitative risk analysis. Wiley; 2010.
4. Kerin T. The evolution of process safety standards and legislation following landmark events—what have we learnt? *Process Saf Prog.* 2016;**35**(2):165-70. DOI: 10.1002/prs.11762
5. Koh P, Haugen S. The influence of maintenance on some selected major accidents. *Chem Eng Trans.* 2013;**31**:493-8. DOI: 10.3303/CET1331083
6. Hollnagel E. Process safety analysis considering human factors in high tech industries. In2021 Spring Meeting and 17th Global Congress on Process Safety, GCPS; 2021.
7. IRNA. Six killed, 2 injured in Tehran refinery blaz . 2017. Available from: https://en.irna.ir/news/8271229/Six-killed-2-injured-in-Tehran-refinery-blaze.
8. Perrow C. Normal accidents: Living with high risk technologies. Princeton University Press; 1999.
9. Zeng M, Wei L, Gao J, Shi L. Construction of emergency response system for accidents in chemical industry park. *J Saf Sci Tech.* 2008;**5**:58-61.


[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

10. Shen Y, Wang Q, Yan W, Sun J. An evacuation model coupling with toxic effect for chemical industrial park. *J Loss Prev Process Ind.* 2015;**33**:258-65. DOI: 10.1016/j.jlp.2015.01.002
11. Mizuta Y, Sumino M, Kunito Y, Shiota K, Izato Y, Miyake A. Emergency evacuation model assuming leakage of toxic substances in a chemical plant. *J Loss Prev Process Ind.* 2020;**68**:104287. DOI: 10.1016/j.jlp.2020.104287
12. Zeng T, Chen G, Yang Y, Reniers G, Zhao Y, Liu X. A systematic literature review on safety research related to chemical industrial parks. *Sustainability*. 2020;**12**(14):5753.
13. Sorensen JH. Evacuations due to off-site releases from chemical accidents: experience from 1980 to 1984. *J Hazard Mater.* 1987;**14**(2):247-57. DOI: 10.1016/0304-3894(87)87017-6
14. Drury J, Cocking C. The mass psychology of disasters and emergency evacuations: A research report and implications for practice. Brighton: University of Sussex; 2007.
15. Gai WM, Du Y, Deng YF. Evacuation risk assessment of regional evacuation for major accidents and its application in emergency planning: A case study. *Saf Sci.* 2018;**106**:203-18. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.03.021
16. Aşıkkutlu HS, Aşık Y, Kaya LG. Determination of Temporary Shelter Areas by the Analytic Hierarchy Process Method: The Case of Burdur City Center, Turkey. *TURJFAS*. 2021;**9**(4):807-13. DOI: 10.24925/turjaf.v9i4.807-813.4253
17. Wiener JM, Büchner SJ, Hölscher C. Taxonomy of human wayfinding tasks: A knowledge-based approach. *Spat Cogn Comput*. 2009;**9**(2):152-65. DOI: 10.1080/13875860902906496
18. King R. Safety in the process industries. Elsevier Science; 2013.
19. KLJ JB, Jim Burtles KL, MMLJ HF. Introduction to emergency evacuation: getting everybody out when it counts. Rothstein Publishing; 2016.
20. Nolan DP. Handbook of fire and explosion protection engineering principles: for oil, gas, chemical and related facilities. William Andrew; 2014.
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. *Sci J Rescue Relief.* 2019;**11**(4):275-86. DOI: 10.52547/jorar.11.4.275
22. Kazeminia A. Site selection of emergency accommodation in Kerman City by using GIS. *J Emerg Manag.* 2020;**8**(2):47-59. DOI: 20.1001.1.23453915.1398.8.2.4.2
23. Moghimi S, Parapari DM. Site selection for Temporary Earthquake Shelter Compounds, Using Analytic Hierarchy Process and Weighted Linear Combination based on GIS; Case Study: Shahrood. *JSAEH*. 2019;**6**(1):71-94.
24. Junian J, Azizifar V. The evaluation of temporary shelter areas locations using geographic information system and analytic hierarchy process. *Civ Eng J*. 2018;**4**(7):1678-88. DOI: 10.28991/cej-03091104
25. Jim Burtles KL, CMLJ F, Burtles J. Emergency evacuation planning for your workplace: from chaos to life-saving solutions. Rothstein Publishing; 2014.
26. Sorensen JH, Shumpert BL, Vogt BM. Planning for protective action decision making: evacuate or shelter-in-place. *J Hazard Mater*. 2004;**109**(1-3):1-1. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2004.03.004
27. Ghanbri A, Salaki Maleki MA, Ghasemi M. Selection optimum location of temporary housing bases for affected people of earthquake with Fuzzy Approach. *Sci J Rescue Relief.* 2013;**5**(2):69-52.
28. Cullen LW. The public inquiry into the Piper Alpha disaster. *Drilling Contractor*.1993;**49**(4):1-10.
29. Chanthakhot W, Ransikarbum K. Integrated IEW-TOPSIS and fire dynamics simulation for agent-based evacuation modeling in industrial safety. *Safety*. 2021; **7**(2):1-21. DOI: 10.3390/safety7020047
30. Hoscan O, Cetinyokus S. Determination of emergency assembly point for industrial accidents with AHP analysis. *J Loss Prev Process Ind.* 2021;**69**:104386. DOI: 10.1016/j.jlp.2020.104386
31. Arslan HM, Yildiz MS. Application of fuzzy TOPSIS method on location selection of educational facilities: A location analysis in Düzce. *J Int Soc Res*. 2015;**8**(36):763-73.
32. Geng S, Hou H, Zhang S. Multi-criteria location model of emergency shelters in humanitarian logistics. *Sustainability*. 2020;**12**(5):1759. DOI: 10.3390/su12051759
33. Kim N, Joo J, Kim M, Park K. Development of a Multi-Criteria Evaluation Framework and Its Application for Earthquake Shelter Selection. *J Korean Soc Hazard Mitig*. 2020;**20**(2):197-205.
34. Wang X. Research on the suitability of the emergency shelter in tianjin. In5th Annual International Conference on Social Science and Contemporary Humanity Development; 2019.
35. Ebrahimi M, Modam MM. Selecting the best zones to add new emergency services based on a hybrid fuzzy MADM method: a case study for Tehran. *Saf Sci*. 2016;**85**:67-76. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.10.011
36. AS3745. Planning for emergencies in facilities. Australia Standard; 2010.
37. Occupational Safety and Health Administration. Emergency Plan: muster point. 2018 . Available from: https://osha.gov.tt/Portals/0/Documents/Media%20Releases/Muster_Points.pdf?ver=R5mMPMOXlOrNbbAxSM1x4w%3d%3d.
38. Danaeinia A, Zaghiyan M. Locating the Temporary Resettlement of Earthquakes in Historical Context; Basics and Strategies (Case Study: Mohtasham Neighborhood in Kashan). *Spat Plan*. 2019;**8**(4):27-46.
39. Movahed AR, Jahani F, Parvini M, Shakib M. Consequence analysis of gas condensate leakage in a gas refinery to develop an emergency response plan. *J Occup Hyg*. 2019;**6**(2):1-8. DOI: 10.29252/johe.6.2.1
40. Code IB. International Building Code. Wiley; 2009.
41. Sadeghi AR, Panahi N, Heidary M. Site selection of crisis management bases in historical urban textures (case study: historical texture of Shiraz city). *JORAR*. 2017;**9**(3):27-38.
42. Mirzaei E, Khaghani S. Local Passive Defence center-Hamedan Old Bazzar as a CaseDesign and Study. TechnologyFaculty of Architecture; 2015.
43. Pars Oil and Gas Company. H2S Safety Procedure 2012. Available from: https://www.pogc.ir/portals/10/imeni/dastor/h2s%20PR90POGC002.pdf.
44. Daher E, Dowd D, Kveps A. Addressing Gaps in Facilities Safety and Disaster Management: How Personnel Can Move From Muster Point to the Safe Zone in a High H2S Concentration Environment. InSPE Latin American and Caribbean Health, Safety, Environment and Sustainability Conference; 2015.
45. Skriver J, Flin R. Emergency decision making on offshore installations. InEngineering Psychology and Cognitive Ergonomics; 2017.
46. Trivedi A. A multi-criteria decision approach based on DEMATEL to assess determinants of shelter site selection in disaster response. *Int J Disaster Risk Reduct*. 2018;**31**:722-8. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2018.07.019
47. Dabbagh R, Nasiri Fard B. safe points in critical situations with passive defense approach (Case Study of Tabriz City). *JORAR*. 2019;**11**(3):214-23. DOI: 10.52547/jorar.11.3.214
48. Dabbagh R, Nasiri Fard B, Soltanmohammadi M, Ahmadi choukolaei H. Locating secure locations in critical situations sustainable urban Development. 12th International Conference of Iranian Operations Research Society; 2019.
49. Sianturi RS, Koswara AY, Elysiyah I. Recommending assembly points, evacuation routes, and standard


[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]

operating procedures for potential flooding due to reservoir dam failures: a case study of Gondang Reservoir, Lamongan, East Java. InIOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2021.
50. Soltanzadeh A, Gohari Motlagh M, Ghiyasi S. Assessing the efficiency of muster point in crisis: a case study in tehran city. *J Occup Health*. 2020;**4**(1):516-20. DOI: 10.18502/aoh.v4i1.2255
51. Savas S, Cenani S, Çagdas G. Selection of emergency assembly points: A case study for the expected Istanbul earthquake. InInternational Conference on Multiple Criteria Decision Making; 2019.
52. Boostani A, Jolai F, Bozorgi-Amiri A. Optimal Location Selection of Temporary Accommodation Sites in Iran via a Hybrid Fuzzy Multiple-Criteria Decision Making Approach. *J Urban Plan Dev.* 2018;**144**(4):04018039.
53. Şenik B, Uzun O. An assessment on size and site selection of emergency assembly points and temporary shelter areas in Düzce. *Nat Hazards*. 2021;**105**(2): 1587-602. DOI: 10.1007/s11069-020-04367-0
54. Snopková D, Ugwitz P, Stachoň Z, Hladík J, Juřík V, Kvarda O, et al. Retracing evacuation strategy: A virtual reality game-based investigation into the influence of building's spatial configuration in an emergency. *Spat Cogn Comput.* 2022;**22**(1-2):30-50. DOI: 10.1080/13875868.2021.1913497
55. Gama M, Scaparra MP, Santos B. Optimal location of shelters for mitigating urban floods. InEWGT 2013-16th Meeting of the EURO Working Group on Transportation; 2013.
56. TOTAL. GS EP 351 Escape, evacuation and rescue from fixed installations; 2017.
57. Musman AH, Ahmad R. Critical component identification and autonomous maintenance activities determination using fuzzy analytical hierarchy process method. *Int J Ind Syst Eng*. 2018;**28**(3):360-78.
58. Ayhan MB. A fuzzy AHP approach for supplier selection problem: A case study in a Gear motor company. *IJMVSC*. 2013;**4**(3):1-13. DOI: 10.48550/arXiv.1311.2886
59. Patil SK, Kant R. A fuzzy AHP-TOPSIS framework for ranking the solutions of Knowledge Management adoption in Supply Chain to overcome its barriers. *Expert Syst Appl.* 2014;**41**(2):679-93. DOI: 10.1016/j.eswa.2013.07.093
60. Gogus O, Boucher TO. Strong transitivity, rationality and weak monotonicity in fuzzy pairwise comparisons. Fuzzy Sets and Systems. 1998;**94**(1):133-44. DOI: 10.1016/S0165-0114(96)00184-4
61. Fire Action. Fire Evacuation Procedures: Choosing an Assembly Point. 2016. Available from: https://www.fireaction.co.uk/news/fire-evacuation-procedures-part-1-choosing-assembly-point./
62. Nappi MML, Souza JC. Disaster management: hierarchical structuring criteria for selection and location of temporary shelters. *Nat Hazards*. 2015;**75**(3):2421-36. DOI: 10.1007/s11069-014-1437-4
63. Safari Q, Malek M. Site selection for temporary housing following earthquake under conditions of uncertainty using classical Fuzzy Logic and Intuitionistic Fuzzy Logic - Case study: District ۲of Tehran Municipality. *SEPEHR*. 2020;**29**(115):115-25.
64. 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). *Sci J Rescue Relief.* 2015;**7**(2):1-28.
65. 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.* 2021;**2020**(2):1-10.
66. Giovechi S, Mahmoudzadeh A, Khairtal N. Studied the safe evacuation program of a neighborhood in order to reduce the impact of the accident for the Laleh Park neighborhood of Tehran. 6th International Conference on Comprehensive Crisis Management; 2014.
67. Shamsuddini A, Khodayari A. Locating safe places for emergency resettlement against natural disasters (earthquake) Case study: Marvdasht city: Marvdasht Branch Faculty of Humanities; 2017.
68. Dadashzade A, Taghvaei M, Zarabi A. Assess factors affecting emergency settlement site selections, a case study of Urmia City. *Hum Geogr J.* 2017;**49**(2):325-40.
69. Omidvar B, Baradaran-Shoraka M, Nojavan M. Temporary site selection and decision-making methods: a case study of Tehran, Iran. *Disasters*. 2013;**37**(3):536-53. DOI: 10.1111/disa.12007
70. Nojavan M. Locating temporary housing using fuzzy algorithms Case Study: Tehran Municipality Region. *J Urban Manag*. 2013;**31**:1-10.

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-11 ]

[ DOI: 10.52547/johe.9.3.153 ]