Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 8, Issue 2, Summer 2021, Pages: 15-23

Original Article

doi: 10.52547/johe.8.2.15

Assessment of Security Risks by FEMA and Fuzzy FEMA Methods, A Case Study: Combined Cycle Power Plant

Iraj Mohammadfam[1], **Kamran Gholamizadeh**[2,*]

[1] *Professor, Occupational Health and Safety Research Center, Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

[2] *MSc Student, Occupational Health and Safety Research Center, Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

**** Corresponding Author:** Kamran Gholamizadeh, Occupational Health and Safety Research Center, Department of Occupational Health and Safety, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: kamrangholamizade1373@gmail.com*

Received: 18/06/2020
Accepted: 04/07/2020

How to Cite this Article:
Mohammadfam I, Gholamizadeh K. Assessment of Security Risks by FEMA and Fuzzy FEMA Methods, A Case Study: Combined Cycle Power Plant. *J Occup Hyg Eng*. 2021; 8(2): 15-23. DOI: 10.52547/johe.8.2.15

Abstract

Background and Objective: In today's world, intentional accidents occur in many organizations due to numerous reasons. These intentional accidents usually aim to cause substantial damages to industries. To minimize the risk of these threats, it is essential to design and implement risk identification and risk assessment programs. The present study aimed to assess the risk associated with conscious threats with Federal Emergency Management Agency (FEMA) and fuzzy FEMA and compare the results of these two methods.

Materials and Methods: In the present study, FMEA and fuzzy FMEA methods were used to identify and assess terrorist threats in a combined cycle power plant. The risks were identified using FEMA checklist. Risk assessment was performed through field observation, the examination of documents, and expert opinion. The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method was used for prioritizing and selecting the optimum approach. Data were analyzed in SPSS software (version 21).

Results: Based on the results, although the fuzzy FEMA method requires more time, as well as higher cost of implementation and educational needs, this method allows a more accurate estimation of risk levels due to the high level of accuracy of the results, and therefore, it prioritizes the units more efficiently. Therefore, the fuzzy FEMA was introduced as the preferred method.

Conclusion: As evidenced by the results of the current study, the fuzzy FEMA method could be applied to overcome the weakness of the traditional method of FEMA. Moreover, it reduces uncertainty and increases the efficiency of organizations.

Keywords: FEMA; Security Risk Assessment; Terrorist Attacks; TOPSIS

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]

Copyright © 2021 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

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.8.2.15

ارزیابی و مقایسه ریسک‌های امنیتی به دو روش FEMA و FEMA فازی
مطالعه موردی: نیروگاه سیکل ترکیبی

ایرج محمدفام[۱]، **کامران غلامی‌زاده**[۲*]

[۱] استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** کامران غلامی زاده، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: kamrangholamizade1373@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۱۴

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: در جهان امروز به دلایل مختلف در بسیاری از سازمان‌ها حوادث ناشی از تخلفات عمدی رخ می‌دهد. یکی از اهداف این حوادث، ایجاد ضربه به پایه‌های صنعتی کشورهاست. برای به حداقل رساندن ریسک این‌گونه تهدیدات، طراحی و پیاده‌سازی برنامه‌های شناسایی و ارزیابی ریسک مربوط به این‌گونه تهدیدات ضروری است. هدف از این مطالعه ارزیابی ریسک مربوط به تهدیدات آگاهانه به دو روش پیشنهادی آژانس مدیریت شرایط اضطراری و حالت فازی‌شده آن و مقایسه نتایج حاصل از دو روش مذکور است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه برای شناسایی و ارزیابی خطرات تروریستی در یک نیروگاه سیکل ترکیبی در جنوب ایران از روش پیشنهادی آژانس مدیریت شرایط اضطراری و حالت فازی‌شده آن استفاده شد. شناسایی خطرات با استفاده از چک‌لیست اختصاصی FMEA انجام شد. ارزشیابی خطرات از طریق مشاهده میدانی، بررسی اسناد و نظر خبرگان انجام شد. برای اولویت‌بندی و انتخاب رویکرد بهینه از روش TOPSIS استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ تجزیه‌وتحلیل شد.

یافته‌ها: نتایج: بر اساس نتایج ، اگرچه روش FEMA فازی به زمان بیشتری و همچنین هزینه اجرا و الزامات آموزشی بالاتری نیاز دارد ، اما این روش به دلیل دقت بالای نتایج ، برآورد دقیق تر سطوح ریسک را امکان پذیر می سازد و بنابراین واحدها را با دقت بیشتری اولویت بندی می کند. به همین دلیل، FEMA فازی به عنوان روش ارجح معرفی شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه نشان داد استفاده از رویکرد فازی به کاهش عدم قطعیت منجر می‌شود. این موضوع به افزایش کارایی و درنتیجه بهره‌وری سازمان‌ها می‌انجامد.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک امنیتی؛ حملات تروریستی؛ FEMA؛ TOPSIS

مقدمه

صنایع با فناوری سطح بالا، سهیم در تولید محصولات استراتژیک، کارکنان زیاد، ارزش اقتصادی زیاد تجهیزات و ... ممکن است هدف اقدامات مخرب و تهدیدات عمدی قرار گیرند. چنین تأسیساتی ممکن است یک هدف قابل‌توجه از دیدگاه تهدیدکننده‌های مختلف باشند [۱،۲]. همچنین به دلیل اهمیت اقتصادی و استراتژیک تأسیسات مذکور به‌عنوان زیرساخت‌های حیاتی که ارتباطات سامانمند و وابستگی متقابلی با بسیاری از بخش‌های مرتبط با فعالیت‌های اقتصادی کشور دارند، در صورت آسیب، ضربات جبران‌ناپذیری به کشور وارد می‌شود [۳،۴].

پس از حملات ۱۱ سپتامبر در نیویورک، امنیت سایت‌هایی که مقادیر قابل‌توجهی از مواد شیمیایی خطرناک را ذخیره کرده بودند، موردتوجه قرار گرفت [۵]. نتیجه این موضوع، انجام ارزیابی های ریسک در زمینه تهدیدات آگاهانه بود [۶]. این نگرانی‌ها در اروپا در سال ۲۰۱۵ به دنبال تهدیدات انجام‌شده در فرانسه علیه سایت تولید یک شرکت شیمیایی و یک پالایشگاه نفت به‌طور چشمگیری افزایش یافت [۷]. درواقع، این حوادث نشان داد صنعت باید با بیشترین فوریت، امنیت این امکانات را موردتوجه قرار دهد. ارزیابی و مدیریت ریسک‌های امنیتی درواقع بدین معنی است که تمام جنبه‌های ایمنی و امنیتی سایت بررسی و با شناسایی ریسک‌های متناظر، نقاط ضعف سایت نیز اصلاح و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]

تقویت شده است.

با وجود اینکه ارزیابی و کنترل خطرات امنیتی با حوادث معمولی موجود در سایت‌های صنعتی کاملاً متفاوت است، درواقع، خطرات ناشی از تهدیدات امنیتی برای تأسیسات صنعتی و به‌ویژه تأسیسات شیمیایی و پتروشیمی، ازنظر خراب‌کاری، تخریب اموال، آسیب یا ازدست‌دادن زندگی و پتانسیل ایجاد اثرات زنجیره‌ای، به نحوی با حوادث بزرگ صنعتی (با دلایل داخلی) قابل‌مقایسه است [۸-۱۱].

مدیریت تهدیدات خارجی در صنعت شیمیایی با هدف کاهش طیف وسیعی از خطرات و درنتیجه اثرات حوادث مرتبط انجام می‌شود[۳۵]. اگرچه سایت‌های بزرگ صنعتی موانع کارآمد و با مقاومت زیادی در برابر نفوذ دارند و به‌طور عمده آمادگی مواجهه با شرایط اضطراری را دارند، تهدیدات ناشی از اقدامات عمدی تروریستی به دلیل عواقب بالقوه شدیدی که دارد، در صورت حمله موفقیت‌آمیز، نتایج فاجعه‌باری را رقم می‌زند. بدیهی است تهدیدات خارجی به تأسیسات ذخیره‌سازی یا پردازش مقدار زیادی از مواد شیمیایی بالقوه خطرناک، ممکن است به انفجار، آتش‌سوزی، انتشار گسترده مواد یا ایجاد آلودگی‌های عظیم و جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی منجر شود [۷،۱۲].

در همین راستا کشور ایران سال‌هاست در مسیر صنعتی شدن گام برمی‌دارد، به‌طوری‌که امروزه نمی‌توان منطقه‌ای را یافت که در آن صنایع مهم و بحرانی از دیدگاه ایمنی وجود نداشته باشد. از طرف دیگر، به دلایل عمده‌ای از قبیل ناامنی های منطقه، وجود گروه‌های تروریستی، افزایش نارضایتی کارکنان و ...، امکان تهدیدات آگاهانه به این سایت‌های صنعتی وجود دارد. به همین دلیل ضروری است سایت‌های صنعتی آمادگی مواجهه با این دسته از خطرات را داشته باشند. لازمه این آمادگی، طراحی و پیاده‌سازی یک رویکرد مدیریت ریسک منسجم و با کارایی زیاد است؛ روشی که در عین کارا بودن، حداقل عدم قطعیت را داشته باشد[۳۶].

با توجه به اهمیت موضوع و شرایط حساس نیروگاه‌های تولید برق به‌عنوان شریان‌های حیاتی انرژی، لازم است انواع خطراتی که ممکن است این صنایع را دچار اختلال کند، شناسایی و احتمال بروز و همچنین پیامدهای احتمالی آن در قالب رویکرد ارزیابی و مدیریت ریسک کنترل شود.

در حال حاضر یکی از روش‌های پیشرو که برای ارزیابی ریسک تهدیدات امنیتی استفاده می‌شود، روش FEMA430 (Federal Emergency Management Agency) است که آژانس مدیریت اضطراری فدرال ایالات‌متحده آن را ارائه کرده است. این روش با وجود مزیت‌های فراوان در بخش شناسایی خطرات، در بخش ارزشیابی همانند اغلب روش‌های مشابه در ارزیابی ریسک، عدم قطعیت دارد. روش‌های مختلفی برای کاهش عدم قطعیت وجود دارد که یکی از پراستفاده‌ترین آن‌ها، سیستم استنتاج فازی است که در این مطالعه استفاده شده است [۱۳-۱۵]. در تحقیق حاضر برای انتخاب روش بهینه از میان رویکرد FEMA و FEMA فازی (FFEMA) از یکی از مدل‌های چندشاخصه تصمیم‌گیری یعنی روش TOPSIS استفاده شده است [۱۶-۱۸]. این روش یکی از مدل‌های چندمعیاره تصمیم‌گیری است که برای شناسایی راه‌حل‌های یک مجموعه محدود از گزینه‌های مختلف به کار می رود. در این روش اصل اساسی این است که گزینه انتخابی باید کوتاه‌ترین فاصله را از راه‌حل مثبت و بیشترین فاصله را از راه‌حل منفی ایدئال داشته باشد.

با توجه به مطالب یادشده، هدف اصلی این مطالعه ارزیابی و مدیریت ریسک مربوط به تهدیدات عمدی به دو روش FEMA و FFEMA در یک صنعت نیروگاهی و مقایسه نتایج حاصل از دو روش به‌منظور انتخاب روش مناسب‌تر بود.

روش کار

پژوهش حاضر بر اساس اهداف مطالعه در گام‌های زیر انجام شد:

۱- آشنایی با سایت و سیستم منتخب

در این مرحله اطلاعاتی در خصوص بخش‌های مختلف سایت صنعتی و موقعیت جغرافیایی سایت مذکور کسب شد. سپس با مسئولان ایمنی و امنیتی صنعت در خصوص سوابق تهدیدات آگاهانه (در صورت وجود)، خطرات بخش‌های مختلف صنعت، دارایی‌های موجود در بخش‌های مختلف صنعت (انسانی، تجهیزاتی و زیست‌محیطی) و میزان آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف در مقابل تهدیدات آگاهانه مصاحبه و اطلاعات لازم جمع‌آوری شد.

۲- ارزیابی ریسک با استفاده از روش FMEA

در این مرحله بر اساس اطلاعات کسب‌شده، ضرایب مربوط به هرکدام از فاکتورهای خطر، دارایی و آسیب‌پذیری در هرکدام از بخش‌های مختلف صنعت به‌دست آمد و بر اساس آن ضریب ریسک بر اساس رابطه زیر به دست آمد:

Risk= میزان آسیب‌پذیری ×اهمیت دارایی ×شدت تهدید

رای ارزیابی کیفیت متغیرهای سه‌گانه یادشده از جداول طراحی‌شده استفاده شد. جداول ۱ تا ۳ بخشی از جداول یادشده را نشان می‌دهند.

۳- پیاده‌سازی روش FEMA در سیستم استنتاج فازی

در این مرحله بر اساس حالت‌های هفت‌گانه شدت تهدید، اهمیت دارایی‌ها و آسیب‌پذیری، ۳۴۸ قانون (Rules) در جعبه‌ابزار فازی نرم‌افزار متلب وارد شد [۴،۱۹]. در این مطالعه از رویکرد Mamdani (ورودی و خروجی سیستم به‌صورت متغیرهای فازی هستند) به‌منظور طراحی سیستم فازی استفاده شد [۲۰،۳۷].

۴- انجام ارزیابی ریسک به روش فازی بر اساس اطلاعات کسب‌شده

در این مرحله بر اساس اطلاعات کسب‌شده، ضرایب مربوط به هرکدام از فاکتورهای خطر، دارایی و میزان آسیب‌پذیری در

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]

جدول ۱: راهنمای تعیین امتیاز شدت تهدید

طبقه	رتبه	توصیف
زیاد	۸-۹	اسلحه و تاکتیک استفاده‌شده در برابر سایت صنعتی دارد. تصمیم‌گیرندگان داخلی یا مجریان قانون خارجی و سازمان‌های اطلاعاتی معتبربودن تهدید را تأیید می‌کنند.
متوسط به کم	۴	اسلحه و تاکتیک استفاده‌شده در برابر سایت ممکن است. تصمیم‌گیرندگان داخلی یا مجریان قانون خارجی و سازمان‌های اطلاعاتی معتبربودن تهدید را تأیید می‌کنند. تهدید خطر شناخته شده، اما احتمالش کم است.
کم	۲-۳	اسلحه و تاکتیک استفاده‌شده در برابر سایت صنعتی محتمل است. امکان تهدید تأیید می‌شود. تهدید خطر شناخته شده، اما احتمالش کم است.

جدول ۲: راهنمای تعیین امتیاز شدت دارایی

طبقه	رتبه	توصیف
بسیار زیاد	۱۰	ازدست‌دادن یا آسیب به دارایی‌های سایت ممکن است عواقب فوق‌العاده شدیدی مانند ازدست‌دادن درصد زیادی از کارکنان، صدمات شدید یا ازدست‌رفتن کل خدمات اصلی، دستگاه‌های مرکزی و عملکردها را دربر داشته باشد.
متوسط به زیاد	۷	ازدست‌دادن یا آسیب به دارایی‌های سایت ممکن است عواقب جدی مانند صدمات قابل‌توجه، اختلال در خدمات اصلی، دستگاه‌های مرکزی و عملکردها را برای مدت طولانی دربر داشته باشد.
خیلی کم	۱	ازدست‌دادن یا آسیب به دارایی‌های سایت صنعتی ممکن است عواقب ناچیزی داشته باشد.

جدول ۳: راهنمای تعیین میزان آسیب‌پذیری

طبقه	رتبه	توصیف
بسیار زیاد	۱۰	یک یا چند ضعف عمده شناخته شده‌اند که دارایی را به‌شدت نسبت به متجاوز یا خطر حساس می‌کنند. این سایت صنعتی حفاظت فیزیکی ندارد و تمام سایت صنعتی تنها پس از یک دوره زمانی طولانی پس از حمله، کاربردی خواهد بود.
متوسط	۵-۶	یک ضعف عمده شناخته شده است که دارایی را مقداری نسبت به متجاوز یا خطر حساس می‌کند. حفاظت فیزیکی این سایت صنعتی کافی نیست و قسمت عمده سایت صنعتی تنها پس از یک دوره زمانی قابل‌توجه پس از حمله، کاربردی خواهد بود.
خیلی کم	۱	هیچ ضعفی وجود ندارد. حفاظت فیزیکی این سایت صنعتی سطح عالی دارد و تمام سایت صنعتی بلافاصله پس از حمله نیز کاربردی خواهد بود.

هرکدام از بخش‌های مختلف صنعت به‌دست آمد. سپس ضرایب در جعبه‌ابزار فازی در نرم‌افزار متلب وارد و میزان ریسک بر اساس مجموع قوانین واردشده محاسبه شد.

۵- طراحی ماتریس تصمیم‌گیری

در این گام بر اساس نظرات گروه مدیریت و همچنین الگوی FEMA 430، ماتریسی برای تصمیم‌گیری درباره سطح ریسک‌های تعیین‌شده طراحی شد که در جدول ۴ آمده است.

۶-ارائه راهکارهای پیشنهادی بر اساس میزان ریسک فازی محاسبه‌شده در هرکدام از بخش‌ها

در این مرحله با توجه به ضرایب و ریسک محاسبه‌شده، نقاط ضعف هرکدام از بخش‌ها به ترتیب اولویت مشخص و بر اساس آن‌ها راهکارهای پیشنهادی ارائه شد.

۷- مقایسه دو رویکرد با استفاده از روش TOPSIS

در این مرحله برای انتخاب روش بهینه از روش TOPSIS استفاده شد. ابتدا معیارهای مناسب برای مقایسه دو رویکرد انتخاب و سپس مطالعه در شش گام به شرح زیر اجرا شد:

گام اول: محاسبه ماتریس تصمیم‌گیری نرمال (رابطه ۱)

رابطه (۱)

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}} \quad i = 1, \dots, m, \qquad j, \dots, n$$

گام دوم: محاسبه ماتریس تصمیم‌گیری دارای وزن (رابطه ۲)

رابطه (۲)

$$v_{ij} = w_j n_{ij}, \quad i = 1, \dots, m \;\; j = 1, \dots, n$$

گام سوم: مشخص‌کردن راه‌حل ایدئال مثبت و راه‌حل ایدئال منفی (رابطه ۳)

رابطه (۳)

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\}$$
$$= \{(\max v_{ij} \mid i \in I), (\min v_{ij} \mid i \in J)\}$$
$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\}$$
$$= \{(\min v_{ij} \mid i \in I), (\max v_{ij} \mid i \in J)\}$$

گام چهارم: محاسبه معیارهای تفکیک با استفاده از فاصله

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]

اقلیدسی nبعدی (رابطه ۴)

رابطه (۴)

$$d_i^+ = \left\{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^+)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, i = 1, \dots, m$$

$$d_i^- = \left\{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2\right\}^{\frac{1}{2}}, i = 1, \dots, m$$

گام پنجم: محاسبه میزان نزدیکی نسبی به راه‌حل ایدئال (جدول ۴)

رابطه (۵)

$$R_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-},\ i = 1, \dots, m$$

گام ششم: تعیین ترتیب اولویت‌ها

نتایج

در شروع پژوهش به‌منظور تحلیل و بر اساس نظرات متخصصان و خبرگان، امتیاز فاکتورهای سه متغیر شدت تهدید، اهمیت دارایی و میزان آسیب‌پذیری مشخص شد و بر اساس معادله ریسک، ریسک حملات تروریستی در بخش‌های چهارده‌گانه نیروگاه مشخص شدند. نتایج این ارزیابی در جدول ۵ ارائه شده است. همان‌طور که نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد، در ارزیابی ریسک با روش FEMA غیرفازی تنها دو ریسک غیرقابل‌قبول در حوزه حملات سایبری در دو بخش مرکز داده و سیستم‌های ارتباطاتی و یک ریسک غیرقابل‌قبول در حمله مسلحانه زمینی (تفنگدارها) در بخش نگهبانی وجود دارد. همچنین دو ریسک نامطلوب در حوزه حملات سایبری در بخش‌های مهندسی و سیستم‌های کاربردی و یک ریسک مرتبط با حملات بیولوژیکی در سرویس غذاخوری شناسایی شد.

نتایج حاصل از ارزیابی ریسک FFEMA 430 در نیروگاه مطالعه‌شده در جدول ۵ نشان داده شده است. در این جدول ضرایب سه‌گانه به جعبه‌ابزار فازی وارد شد و نتایج به‌دست‌آمده بر اساس مجموع قوانین واردشده در بخش‌های چهارده‌گانه نیروگاه مدنظر به شرح جدول ۶ به‌دست آمد.

جدول ۴: ماتریس تصمیم‌گیری درروش FEMA 430

ماتریس تصمیم‌گیری سطح ریسک			
امتیاز ریسک	بیشتر از ۱۷۵	۶۰-۱۷۵	۱-۶۰
شدت ریسک	ریسک زیاد	ریسک متوسط	ریسک کم

جدول ۵: نتایج ارزیابی ریسک به روش FEMA 430 معمولی

نوع تهاجم / واحد	حمله سایبری	حمله مسلحانه زمینی (تفنگدارها)	حمله مسلحانه زمینی (ماشینی)	حمله هوایی	حمله جاسوسی	حمله بیولوژیک
بخش اداری	۵۰	۴۵	۳۰	۲۴	۲۴	۴
بخش مهندسی	۷۵	۴۵	۴۰	۴۸	۴۸	۶
انبارداری	۲۴	۳۰	۴۰	۴۸	۶	۸
مرکز داده	۲۱۶	۳۰	۵۰	۲۰	۳۰	۴
سرویس غذاخوری	۴	۴۸	۴۸	۱۴	۸	۸۰
نگهبانی	۲۴	۱۶۰	۳۰	۱۸	۲۱	۱۰
سیستم‌های ساختاری	۴	۱۸	۱۲	۱۶	۸	۱
سیستم‌های پوششی	۴	۳۲	۳۶	۱۰	۸	۴
سیستم‌های کاربردی	۶۰	۳۲	۱۲	۱۲	۱۵	۴
سیستم‌های مکانیکی	۱۲	۱۸	۲۴	۲۰	۶	۴
سیستم‌های لوله‌کشی و گاز	۱۰	۳۲	۴۵	۲۵	۳	۱
سیستم‌های الکتریکی	۱۰	۱۸	۳۰	۲۰	۱	۱
سیستم‌های آتش‌نشانی	۲	۱۲	۲۴	۸	۲	۲
سیستم‌های ارتباطاتی و فناوری اطلاعات	۲۱۰	۱۲	۳	۱	۱۲	۱

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]

جدول ۶: نتایج ارزیابی ریسک به روش FFEMA 430

نوع تهاجم / واحد	حمله سایبری	حمله مسلحانه زمینی (تفنگداران)	حمله مسلحانه زمینی (ماشینی)	حمله هوایی	حمله جاسوسی	حمله بیولوژیک
بخش اداری	۷۵/۴	۶۴/۶	۶۴/۶	۱۸/۹	۱۸/۹	۱۹/۵
بخش مهندسی	۶۴/۴	۶۴/۶	۷۵/۴	۷۷/۷	۷۷/۷	۶۶/۳
انبارداری	۶۴/۶	۶۴/۶	۷۵/۴	۷۷/۷	۶۶/۳	۱۹/۵
مرکز داده	۵۵۱	۶۴/۶	۷۵/۴	۶۸	۶۴/۶	۱۹/۵
سرویس غذاخوری	۱۹/۵	۷۷/۷	۶۸	۷۷/۷	۱۹/۵	۷۷/۷
نگهبانی	۱۸/۹	۵۳۳	۶۴/۶	۶۶/۳	۶۸	۱۹/۵
سیستم‌های ساختاری	۱۹/۵	۱۸/۹	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۹/۵
سیستم‌های پوششی	۱۹/۵	۱۷/۸	۶۴/۶	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۹/۵
سیستم‌های کاربردی	۷۵/۴	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۹/۵	۶۶/۳	۱۹/۵
سیستم‌های مکانیکی	۱۸/۹	۱۸/۹	۱۸/۹	۶۸	۱۹/۵	۱۹/۵
سیستم‌های لوله‌کشی و گاز	۱۹/۵	۱۹/۵	۶۴/۶	۶۸	۱۹/۵	۱۹/۵
سیستم‌های الکتریکی	۱۹/۵	۱۸/۹	۶۴/۶	۶۸	۱۹/۵	۱۹/۵
سیستم‌های آتش‌نشانی	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۸/۹	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۹/۵
سیستم‌های ارتباطاتی و فناوری اطلاعات	۵۳۳	۱۸/۹	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۹/۵	۱۹/۵

جدول ۷: اهمیت نسبی معیارها درروش Topsis

معیار	مقادیر کمّی‌شده
هزینه اجرا	۰/۶۱
زمان اجرا	۰/۶۷
نیاز آموزشی برای اجرا	۰/۵۶
سطح دقت کار	۰/۸۸

جدول ۸: مقادیر کمّی‌شده امتیازات دو رویکرد بر اساس معیارها در روش Topsis

معیار / رویکرد	هزینه اجرا	زمان اجرا	نیاز آموزشی برای اجرا	سطح دقت کار
FEMA معمولی	۰/۵	۰/۵	۰/۸۵۷	۰/۸۵۷
FEMA فازی	۰/۱۴۳	۰/۵	۰/۱۴۳	۰/۸۵۷

جدول ۹: اولویت‌بندی رویکردها درروش Topsis

رویکرد	R
FEMA معمولی	۰/۶۶
FEMA فازی	۰/۸۰

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، در حالت فازی متوسط سطوح ریسک افزایش یافته است. در بسیاری از بخش‌هایی که سطوح ریسک کم داشتند نیز پس از فازی‌شدن، سطح ریسک از حالت قابل‌قبول به حالت نامطلوب تبدیل شد.

بر اساس نتایج مطالعات مشابه [۸،۲۱-۲۳] و همچنین بهره‌گیری ازنظر خبرگان (۱۳ نفر)، معیارهای منتخب در تصمیم‌گیری شامل این موارد بود: هزینه اجرا، زمان اجرا، نیاز آموزشی برای اجرا و سطوح دقت.

بر اساس گام‌های اجرای روش Topsis اهمیت نسبی معیارها، مقادیر کمّی‌شده امتیازات دو رویکرد و اولویت‌بندی آن‌ها در جداول ۷، ۸ و ۹ خلاصه شده است. درنهایت FEMA فازی به‌عنوان رویکرد برتر انتخاب شد.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]

بحث

هدف از این مطالعه، ارزیابی ریسک حملات تروریستی در یک نیروگاه سیکل ترکیبی به دو روش FEMA 430 فازی و معمولی و مقایسه نتایج آن بود. در مطالعات مختلف برای ارزیابی تهدیدات امنیتی از روش‌های مختلفی استفاده شده است؛ برای مثال، صادقی و همکاران برای ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی و تحلیل اقتصادی مرتبط با آن در یکی از نیروگاه‌های حرارتی در ایران از روش ارزیابی آسیب‌پذیری امنیتی (Security Vulnerability Analysis: SVA) و نرم‌افزار SVA-Pro استفاده کردند و نتیجه گرفتند از میان دارایی‌های موجود در تأسیسات نیروگاه، از منظر آسیب‌پذیری امنیتی، مخازن ذخیره سازی بیشترین درجه ریسک را دارند و بیشترین خسارت ناشی از توقف تولید را به تأسیسات مطالعه‌شده تحمیل می‌کنند [۲۴]. یاری و همکاران برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری ایستگاه‌های تقلیل فشار گاز از روش SVA استفاده کردند و دریافتند این روش در مقایسه با روش‌های معمول استفاده‌شده در ارزیابی کمّی ریسک، جامعیت بیشتری دارد [۲۵]. در یک مطالعه دیگر محمدفام و همکاران برای ارزیابی ریسک آتش‌سوزی‌های عمدی، الگویی معرفی کردند که ابزار اصلی استفاده‌شده در آن SVA است [۲۶].

در این مطالعه برای برآورد ریسک از سه متغیر ضریب تهدید، اموال و آسیب‌پذیری استفاده شد. در همین راستا Bajpai و همکاران در پژوهش خود جذابیت اهداف احتمالی را یکی از مهم‌ترین متغیرهای مؤثر در برآورد ریسک تأسیسات و تجهیزات بحرانی بیان کردند [۲۷]. در مطالعه محمدفام و همکاران برای ارزیابی ریسک از متغیرهای بیشتری نظیر انگیزه تهدید، احتمال آسیب‌پذیری و نوع تهدید نیز استفاده شده است. در یک مطالعه دیگر که درزمینه ارزیابی ریسک‌های ایمنی و امنیتی بازار انجام شده است، برای افزایش دقت خروجی در برآورد ریسک از یازده متغیر استفاده شده است [۲۸].

در حیطه مباحث امنیتی Moore در پژوهشی با روش SVA امنیت حمل‌ونقلی را بررسی کرد [۲۹]. در مطالعه مشابه دیگری Moore برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری امنیتی یک صنعت فرایندی از روش RAMCAP (Rrisk Analysis and Management for Critical Asset Protection) استفاده کرد [۳۰]. نتایج این مطالعه نشان داد عواملی همچون شدت تهدیدها و پیامدهای مربوط به آن‌ها و همچنین میزان آسیب‌پذیری امنیتی تأثیر بسزایی بر ریسک حملات تروریستی خواهند داشت [۲۰].

نکته قابل‌توجه در نتایج مطالعه، دقت زیاد روش فازی نسبت به روش معمولی بود، به‌طوری‌که در روش فازی با درنظرگرفتن روابط پیچیده بین متغیرهای ورودی در سیستم فازی، دستیابی به نتایجی با عدم قطعیت کمتر میسر شد. این یافته مشابه یافته‌های Jamshidi و همکاران [۲۱] و Markowski و همکاران بود [۳۱،۳۲]. در مطالعه حاضر هنگام استفاده از روش معمولی بسیاری از بخش‌های صنعت بدون خطر زیاد حملات تروریستی برآورد می‌شدند، درحالی‌که در روش فازی بیشتر بخش‌های سازمان در رده ریسک‌های زیاد حملات تروریستی قرار گرفتند. با توجه به اهمیت موضوع تروریسم، استفاده از روش معمولی ممکن است اشتباهات جبران‌ناپذیری را در مدیریت این حملات رقم بزند. در تأیید این یافته، Liu و همکاران نیز بر اهمیت استفاده از رویکرد فازی به‌منظور خروج از حالت کیفی و ماهیت‌بخشی کمّی به ارزیابی ریسک‌ها تأکید کرده‌اند [۳۳]. به‌عبارت‌دیگر، استفاده از روش فازی به دلیل دخل و تصرف بر ماهیت روش در جعبه‌ابزار فازی و درنتیجه ورود قوانین حاصل از برهم‌کنش متغیرهای مؤثر بر ریسک بر اساس نظرات متخصصان و خبرگان موجود در صنعت ممکمن است نتایجی با کمترین عدم قطعیت را رقم بزند [۳۴]. مطالعه مدنظر محدودیت دسترسی به اطلاعات یا محدودیت‌های اخلاقی نداشته و به دلیل اهمیت امنیتی موضوع، از انتشار اطلاعات یا ذکر نام صنعت مدنظر پرهیز شده است.

از مهم‌ترین محدودیت‌های پژوهش حاضر، محرمانه‌بودن بخشی از اطلاعات سازمان و دسترسی سخت به آن‌ها و همچنین کمبود وقت مدیریت ارشد برای مصاحبه و دریافت اطلاعات بود. محدودیت یادشده باعث صرف زمان بیشتر از حد پیش‌بینی‌شده برای تکمیل مطالعه شد. به‌روزرسانی درجه ریسک واحدها در فواصل زمانی مشخص، استفاده از سیستم‌های افزونگی، بازآموزی مداوم کارکنان مخصوصاً بخش حراست و استفاده از تدابیر ایمنی و امنیتی اکتیو به‌طوری‌که قادر باشند به‌محض شناسایی و تشخیص خطرات، بدون نیاز به کارکرد نیروی انسانی عمل کنند و از بالفعل درآمدن خطرات جلوگیری یا شدت پیامدهای آن را محدود کنند، از مهم‌ترین پیشنهادهای اصلاحی است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد به‌کاربردن روش فازی در ارزیابی ریسک حملات تروریستی در صنایع فرایندی و حیاتی کشور به‌عنوان ابزاری قدرتمند عمل می‌کند. همچنین نتایج نشان داد روش FEMA و TOPSIS در این ارزیابی ریسک به‌عنوان ابزارهایی مکمل و قدرتمند عمل می‌کنند.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح شماره ۹۷۱۱۳۰۷۲۵۷ است که با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام شده است. بدین‌وسیله از معاونت تحقیقات و فناوری

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]

دانشگاه علوم پزشکی همدان قدردانی می‌شود.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله صراحتا اعلام می کنند که هیچگونه تضاد منافعی با هیچ یک از اشخاص حقیقی و یا ارگان های حقوقی در هیچکدام از زمینه ها ندارند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه فاقد محدودیت های اخلاقی بوده است. به دلایل امنیتی از ذکر نام صنعت مورد مطالعه خودداری شده است.

سهم نویسندگان

پروفسور ایرج محمدفام: آنالیز TOPSIS، انجام مطالعه موردی، ویرایش مقاله و نظارت و پایش مطالعه

کامران غلامی زاده: پرزداش ایده، طراحی سیستم فازی، آنالیز داده ها و نگارش مقاله

حمایت مالی

این مقاله برگرفته از طرح شماره ۹۷۱۱۳۰۷۲۵۷ است که با حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام شده است.

REFERENCES

1. Argenti F, Landucci G, Spadoni G, Cozzani V. The assessment of the attractiveness of process facilities to terrorist attacks. *Saf Sci*. 2015;**77**:169-81. DOI: 10.1016/j.ssci.2015.02.013
2. Guzman NC, Kufoalor DKM, Kozin I, Lundteigen MA. Combined safety and security risk analysis using the UFoI-E method: A case study of an autonomous surface vessel. 29th European Safety and Reliability Conference, Lower Saxony, Germany; 2019.
3. Landucci G, Reniers G, Cozzani V, Salzano E. Vulnerability of industrial facilities to attacks with improvised explosive devices aimed at triggering domino scenarios. *Reliabil Eng Syst Saf*. 2015;**143**:53-62. DOI: 10.1016/j.ress.2015.03.004
4. Howie L. Terrorism, the worker and the city: simulations and security in a time of terror. London: Routledge; 2017.
5. Hosseinnia B, Khakzad N, Reniers G. An emergency response decision matrix against terrorist attacks with improvised device in chemical clusters. *Saf Secur Stud*. 2018;**1**:187-99.
6. Reniers G, Van Lerberghe P, Van Gulijk C. Security risk assessment and protection in the chemical and process industry. *Proc Saf Progr*. 2015;**34**(1):72-83. DOI: 10.1002/prs.11683
7. Baybutt P. Issues for security risk assessment in the process industries. *J Loss Prev Proc Ind*. 2017;**49**:509-18. DOI: 10.1016/j.jlp.2017.05.023
8. Abdo H, Kaouk M, Flaus J-M, Masse F. A safety/security risk analysis approach of industrial control systems: a cyber bowtie–combining new version of attack tree with bowtie analysis. *Comput Secur*. 2018;**72**:175-95. DOI: 10.1016/j.cose.2017.09.004
9. Fatemi F, Ardalan A, Aguirre B, Mansouri N, Mohammadfam I. Social vulnerability indicators in disasters: Findings from a systematic review. *Int J Disaster Risk Red*. 2017;**22**:219-27. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2016.09.006
10. Fatemi F, Ardalan A, Aguirre B, Mansouri N, Mohammadfam I. Areal location of hazardous atmospheres simulation on toxic chemical release: a scenario-based case study from Ray, Iran. *Electron Physician*. 2017;**9**(10):5638-45. PMID: 29238509 DOI: 10.19082/5638
11. McClintock JA, Stathakopoulos GN. Security risk response impact analysis. Washington, D.C: United States Patent; 2019.
12. Ouffroukh LA, Chaib R, Ion V, Khochmane L. Analysis of risk and the strengthening of the safety technical barriers: application of Skikda (Algeria) oil refining complex. *World J Eng*. 2018;**15**(1):99-109. DOI: 10.1108/WJE-02-2017-0031
13. De Silva CW. Intelligent control: fuzzy logic applications. Florida: CRC Press; 2018.
14. Roudneshin M, Azadeh A. A novel multi-objective fuzzy model for optimization of oil sludge management by considering Health, Safety and Environment (HSE) and resiliency indicators in a gas refinery. *J Cleaner Product*. 2019;**206**:559-71. DOI: 10.1016./j.jclepro.2018.09.142
15. John A, Yang Z, Riahi R, Wang J. A decision support system for the assessment of seaports' security under fuzzy environment. Modeling, computing and data handling methodologies for maritime transportation. Cham: Springer; 2018. P. 145-77.
16. Mohammadfam I, Mansouri N, Nikoomaram H. Systemic accident analysis methods: a comparison of tripod-β, RCA and ECFC. *Jundishapur J Health Sci*. 2014;**6**(2):327-33.
17. Mohammadfam I, Mansouri N, Nikoomaram H, Ghasemi F. Comparison of commonly used accident analysis techniques for manufacturing industries. *Int J Occup Hyg*. 2015;**7**(1):32-7.
18. Mohammadfam I, Nikoomaram H, Lotfi F, Mansouri N, Rajabi A, Mohammadfam F. Development of a decision-making model for selecting and prioritizing accident analysis techniques in process industries. *J Sci Ind Res*. 2014;**73**(8):517-20.
19. Mohammadfam I, Kalatpour O, Gholamizadeh K. Quantitative assessment of safety and health risks in HAZMAT road transport using a hybrid approach: a case study in Tehran. *ACS Chem Health Saf*. 2020;**27**(4):240-50. DOI: 10.1021/acs.chas.0c00018
20. Gholamizadeh K, Mohammadfam I, Kalatpour O. Evaluation of the health consequences in Chemicals road transport accidents: Using a fuzzy approach. *J Occup Hyg Eng*. 2019;**6**(3):1-8. DOI: 10.29252/johe.6.3.1
21. Torabifard M, Arjmandi R, Rashidi A, Nouri J, Mohammadfam I. Inherent health and environmental risk assessment of nanostructured metal oxide production processes. *Environ Monit Assess*. 2018;**190**(2):73. PMID: 29322356 DOI: 10.1007/s10661-017-6450-0
22. Mohammadfam I, Aliabadi MM, Soltanian AR, Tabibzadeh M, Mahdinia M. Investigating interactions among vital variables affecting situation awareness based on Fuzzy DEMATEL method. *Int J Ind Ergon*. 2019;**74**:102842. DOI: 10.1016/j.ergon.2019.102842
23. Abbassinia M, Kalatpour O, Soltanian AR, Mohammadfam I, Ganjipour M. Determination and score of effective criteria to prioritize emergency situations in a petrochemical industry. *Occup Hyg Health Promot J*. 2019;**3**(1):16-25. DOI: 10.18502/ohhp.v3i1.961
24. Sadeghi A, Jabbari M, Alidoosti A, Rezaeian M. Vulnerability and security risk assessment of a thermal power plant using SVA technique. *J Integrated Security Sci*. 2017;**1**(1):16-28. DOI: 10.18757/jiss.2017.1.1390
25. Mazlomi A, Yari M, Haghbin A. Studying the causes and risk factors of vulnerability with SVA model and resilience engineering approach in national Iranian gas company about one of city gate stations. *Occup Med*. 2018;**10**(3):73-87.
26. Mohammadfam I, Shokouhipour A, Zamanparvar A. A framework for assessment of intentional fires. *J Occup Hyg Eng*. 2014;**1**(1):16-25.
27. Bajpai S, Sachdeva A, Gupta J. Security risk assessment: applying the concepts of fuzzy logic. *J Hazard Mater*. 2010;**173**(1-3):258-64. PMID: 19744788 DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.08.078
28. Mohammadfam I. Introducing a risk assessment and management model for bazaar safety analysis case study:

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]

Hamadan Bazaar. *J Health Safe Work*. 2012;**1**(2):17-22.
29. Moore DA. Application of the API/NPRA SVA methodology to transportation security issues. *J Hazard Mater*. 2006;**130**(1-2):107-21. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2005.07.042
30. Moore DA, Fuller B, Hazzan M, Jones JW. Development of a security vulnerability assessment process for the RAMCAP chemical sector. *J Hazard Mater*. 2007;**142**(3):689-94. PMID: 16920260 DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.06.133
31. Jamshidi A, Yazdani-Chamzini A, Yakhchali SH, Khaleghi S. Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment. *J Loss Prev Proc Indust*. 2013;**26**(1):197-208. DOI: 10.1016/j.jlp.2012.10.010
32. Markowski AS, Mannan MS, Kotynia A, Pawlak H. Application of fuzzy logic to explosion risk assessment. *J Loss Prev Proc Indust*. 2011;**24**(6):780-90. DOI: 10.1016/j.jlp.2011.06.002
33. Liu HT, Tsai YL. A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry. *Saf Sci*. 2012;**50**(4):1067-78. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.11.021
34. Beriha G, Patnaik B, Mahapatra S, Padhee S. Assessment of safety performance in Indian industries using fuzzy approach. *Exp Syst Applicat*. 2012;**39**(3):3311-23. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.09.018
35. Aliabadi MM, Gholamizadeh K. Locating urban CNG stations using quantitative risk assessment: using the Bayesian network. InSafety and Reliability 2021 Jan 2 (Vol. 40, No. 1, pp. 48-64). Taylor & Francis
36. Mohammadfam I, Gholamizadeh K. Investigation of Causes of Plasco Building Accident in Iran Using Timed MTO and ACCIMAP Methods. Journal of Failure Analysis and Prevention. 2020 Dec;20(6):2087-96
37. Mohammadfam I, Gholamizadeh K. Developing a Comprehensive Technique for Investigating Hazmat Transport Accidents. Journal of Failure Analysis and Prevention. 2021 Jun 26:1-2

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-12]

[DOI: 10.52547/johe.8.2.16]