

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

Iraj Mohammadfam¹ , 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

Abstract

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

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

ارزیابی و مقایسه ریسک‌های امنیتی به دو روش FEMA و Fuzzy 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 غلامی‌زاده، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: kamrangholamizade1373@gmail.com

چکیده

سابقه و هدف: در جهان امروز به دلایل مختلف در بسیاری از سازمان‌ها حوادث ناشی از تخلفات عمدى رخ مى‌دهد. یکی از اهداف این حوادث، ایجاد ضربه به پایه‌های صنعتی کشورهast. 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 تجزیه و تحلیل 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، برآورده دقیق تر سطوح ریسک را امکان پذیر می‌سازد و بنابراین واحدها را با دقت بیشتری اولویت‌بندی می‌کند. 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.

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

مقدمه

که مقداری قابل توجهی از مواد شیمیایی خطرناک را ذخیره کرده بودند، مورد توجه قرار گرفت [۵]. نتیجه این موضوع، انجام ارزیابی‌های ریسک در زمینه تهدیدات آگاهانه بود [۶]. این نگرانی‌ها در اروپا در سال ۲۰۱۵ به دنبال تهدیدات انجماد شده در فرانسه علیه سایت تولید یک شرکت شیمیایی و یک پالایشگاه نفت به طور چشمگیری افزایش یافت [۷]. درواقع، این حادث نشان داد صنعت باید با بیشترین فوریت، امنیت این امکانات را مورد توجه قرار دهد. ارزیابی و مدیریت ریسک‌های امنیتی در واقع بدين معنی است که تمام جنبه‌های ایمنی و امنیتی سایت بررسی و با شناسایی ریسک‌های متناظر، نقاط ضعف سایت نیز اصلاح و

صنایع با فناوری سطح بالا، سهیم در تولید محصولات استراتژیک، کارکنان زیاد، ارزش اقتصادی زیاد تجهیزات و ... ممکن است هدف اقدامات مخرب و تهدیدات عمدى قرار گیرند. چنین تأسیساتی ممکن است یک هدف قابل توجه از دیدگاه تهدیدکننده‌های مختلف باشد [۸]. همچنین به دلیل اهمیت اقتصادی و استراتژیک تأسیسات مذکور به عنوان زیرساخت‌های حیاتی که ارتباطات سامانمند و وابستگی متقابلی با بسیاری از بخش‌های مرتبط با فعالیت‌های اقتصادی کشور دارند، در صورت آسیب، ضربات جبران‌نایدیری به کشور وارد می‌شود [۹]. پس از حملات ۱۱ سپتامبر در نیویورک، امنیت سایت‌هایی

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 راه حل‌های یک مجموعه محدود از گزینه‌های مختلف به کار می‌رود. در این روش اصل اساسی این است که گزینه انتخابی باید کوتاه‌ترین فاصله را از راه حل مثبت و بیشترین فاصله را از راه حل منفی ایدئال داشته باشد.

با توجه به مطالب یادشده، هدف اصلی این مطالعه ارزیابی و مدیریت ریسک مربوط به تهدیدات عمده به دو روش FFEMA و 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 اینمی 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 جمع آوری شد.

۲- ارزیابی ریسک با استفاده از روش FMEA

در این مرحله بر اساس اطلاعات کسب شده، ضرایب مربوط به هر کدام از فاکتورهای خطر، دارایی و آسیب‌پذیری در هر کدام از بخش‌های مختلف صنعت به دست آمد و بر اساس آن ضریب ریسک بر اساس رابطه زیر به دست آمد:

$\text{میزان آسیب‌پذیری} \times \text{همیت دارایی} \times \text{شدت تهدید} = \text{Risk}$

رای ارزیابی کیفیت متغیرهای سه‌گانه یادشده از جداول طراحی شده 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 هفت گانه شدت تهدید، اهمیت دارایی‌ها و آسیب‌پذیری، قانون (Rules) در جعبه‌ابزار فازی نرم‌افزار مطلب وارد شد [۴، ۱۹]. در این مطالعه از رویکرد Mamdani (وروودی و خروجی سیستم به صورت متغیرهای فازی هستند) بهمنظور طراحی سیستم فازی استفاده شد [۲۰، ۳۷].

۴- انجام ارزیابی ریسک به روش فازی بر اساس اطلاعات کسب شده

در این مرحله بر اساس اطلاعات کسب شده، ضرایب مربوط به هر کدام از فاکتورهای خطر، دارایی و میزان آسیب‌پذیری در

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، از نظر خراب‌کاری، تخریب اموال، آسیب یا ازدستدادن زندگی و پتانسیل ایجاد اثرات زنجیره‌ای، به نحوی با حوادث بزرگ صنعتی (با دلایل داخلی) قابل مقایسه 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 عمده 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 گستردگی مواد یا ایجاد آلودگی‌های عظیم و جبران ناپذیر زیستمحیطی منجر شود [۷، ۱۲].

در همین راستا کشور ایران سال‌هast در مسیر صنعتی شدن گام برمی‌دارد، بهطوری که امروزه نمی‌توان منطقه‌ای را یافت که در آن صنایع مهم و بحرانی از دیدگاه اینمی وجود نداشته باشد. از طرف دیگر، به دلایل عدمهای از قبیل نامنی 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 به عنوان شریان‌های حیاتی انسانی، لازم است انواع خطراتی که ممکن است این صنایع را چهار 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 Federal FEMA430 (Emergency Management Agency) است که آژانس مدیریت اضطراری فدرال ایالات متحده 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

جدول ۱: راهنمای تعیین امتیاز شدت تهدید

طبقه	رتبه	توصیف
زیاد	۸-۹	اسلحة و تاکتیک استفاده شده در برابر سایت صنعتی دارد. تصمیم‌گیرندگان داخلی یا مجریان قانون خارجی و سازمان‌های اطلاعاتی معتبربودن تهدید را تأیید می‌کنند.
متوسط به کم	۴	اسلحة و تاکتیک استفاده شده 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	اسلحة و تاکتیک استفاده شده 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 فوق العاده شدیدی مانند ازدستدادن درصد زیادی از کارکنان، خدمات 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 خدمات قابل توجه، 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 عمدۀ شناخته شده‌اند که دارایی را بهشت 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 عمدۀ شناخته شده است که دارایی را مقداری نسبت به متجاوز یا خطر حساس می‌کند. حفاظت فیزیکی این سایت صنعتی کافی نیست و قسمت عمدۀ سایت صنعتی تنها پس از یک دوره زمانی قابل توجه 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 بلاfacله پس از حمله نیز کاربردی خواهد بود.

انتخاب و سپس مطالعه در شش گام به شرح زیر اجرا شد:

گام اول: محاسبه ماتریس تصمیم‌گیری نرمال (رابطه ۱)

$$\text{رابطه (۱)}$$

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

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

$$\text{رابطه (۲)}$$

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

گام سوم: مشخص کردن راه حل ایدئال مثبت و راه حل ایدئال

منفی (رابطه ۳)

$$\text{رابطه (۳)}$$

$$A^+ = \{v_1^+, \dots, v_n^+\}$$

$$= \{(\max v_{ij} \mid i \in I), (\min v_{ij} \mid i \in J)\}$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\}$$

$$= \{(\min v_{ij} \mid i \in I), (\max v_{ij} \mid i \in J)\}$$

گام چهارم: محاسبه معیارهای تفکیک با استفاده از فاصله

هر کدام از بخش‌های مختلف صنعت به دست آمد. سپس ضرایب در جعبه‌ابزار فازی در نرم‌افزار متلب وارد و میزان ریسک بر اساس مجموع قوانین وارد شده 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 تعیین شده طراحی شد که در جدول ۴ آمده است.

۶- ارائه راهکارهای پیشنهادی بر اساس میزان ریسک فازی محاسبه شده در هر کدام از بخش‌ها در این مرحله با توجه به ضرایب و ریسک محاسبه شده، نقاط ضعف هر کدام 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

اساس معادله ریسک، ریسک حملات تروریستی در بخش‌های چهارده‌گانه نیروگاه مشخص شدند. نتایج این ارزیابی در جدول ۵ آرائه شده است. همان‌طور که نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد، در ارزیابی ریسک با روش FEMA غیرفارازی تنها دو ریسک غیرقابل قبول در حوزه حملات سایبری در دو بخش مرکز داده و سیستم‌های ارتباطاتی و یک ریسک غیرقابل قبول در حمله مسلحانه زمینی (تفنگدارها) در بخش نگهبانی وجود دارد. همچنانی 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 مطالعه شده در جدول ۵ نشان داده شده است. در این جدول ضرایب سه‌گانه به جعبه‌ایزار فازی وارد شد و نتایج بدست‌آمده بر اساس مجموع قوانین وارد شده در بخش‌های چهارده‌گانه نیروگاه مدنظر به شرح جدول ۶ بدست آمد.

اقلیدسی n بعدی (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 راه حل 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 به منظور تحلیل و بر اساس نظرات متخصصان و خبرگان، امتیاز فاکتورهای سه متغیر شدت تهدید، اهمیت دارایی و میزان آسیب‌پذیری مشخص شد و بر

جدول ۴: ماتریس تصمیم‌گیری در روش FEMA 430

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

جدول ۵: نتایج ارزیابی ریسک به روش FEMA 430 معمولی

نوع تهاجم	واحد	(۱) مجموع سایبری						
		(۲) مجموع سایبری (اشتباهی)	(۳) مجموع مسلحانه زمینی (اشتباهی)	(۴) مجموع مسلحانه زمینی (اشتباهی)	(۵) مجموع کاربردی	(۶) مجموع امنیتی	(۷) مجموع امنیتی	(۸) مجموع
بخش اداری	۵۰	۴۵	۳۰	۲۴	۲۴	۲۴	۲۴	۴
بخش مهندسی	۷۵	۴۵	۴۰	۴۸	۴۸	۴۸	۴۸	۶
انبارداری	۲۴	۳۰	۴۰	۴۸	۶	۶	۸	
مرکز داده	۲۱۶	۳۰	۵۰	۲۰	۳۰	۴	۴	
سرویس غذاخوری	۴	۴۸	۴۸	۱۴	۸	۸	۸۰	
نگهبانی	۲۴	۱۶۰	۳۰	۱۸	۲۱	۱۰	۱۰	
سیستم‌های ساختاری	۴	۱۸	۱۲	۱۶	۸	۱	۱	
سیستم‌های پوششی	۴	۳۲	۳۶	۱۰	۸	۴	۴	
سیستم‌های کاربردی	۶۰	۳۲	۱۲	۱۲	۱۵	۴	۴	
سیستم‌های مکانیکی	۱۲	۱۸	۲۴	۲۰	۶	۴	۴	
سیستم‌های لوله‌کشی و گاز	۱۰	۳۲	۴۵	۲۵	۳	۱	۱	
سیستم‌های الکترونیکی	۱۰	۱۸	۳۰	۲۰	۱	۱	۱	
سیستم‌های آتش‌نشانی	۲	۱۲	۲۴	۸	۲	۲	۲	
سیستم‌های ارتباطاتی و فناوری اطلاعات	۲۱۰	۱۲	۳	۱	۱۲	۱	۱	

جدول ۶: نتایج ارزیابی ریسک به روش FFEMA 430

واحد	نوع تهاجم		جهة مساحاتیه زیستی (تعهد)				
	جمع سایی	جمع کار					
بخش اداری	75/4	64/6	64/6	18/9	18/9	19/5	
بخش مهندسی	64/4	64/6	75/4	77/7	77/7	66/3	
انبارداری	64/6	64/6	75/4	77/7	66/3	19/5	
مرکز داده	551	64/6	75/4	68	64/6	19/5	
سرویس غذای خوری	19/5	77/7	68	77/7	19/5	77/7	
نگهداری	18/9	533	64/6	66/3	68	19/5	
سیستم‌های ساختاری	19/5	18/9	19/5	19/5	19/5	19/5	
سیستم‌های پوششی	19/5	17/8	64/6	19/5	19/5	19/5	
سیستم‌های کاربردی	75/4	19/5	19/5	19/5	66/3	19/5	
سیستم‌های مکانیکی	18/9	18/9	18/9	68	19/5	19/5	
سیستم‌های لوله‌کشی و گاز	19/5	19/5	64/6	68	19/5	19/5	
سیستم‌های الکتریکی	19/5	18/9	64/6	68	19/5	19/5	
سیستم‌های آتش‌نشانی	19/5	19/5	18/9	19/5	19/5	19/5	
سیستم‌های ارتباطاتی و فناوری اطلاعات	533	18/9	19/5	19/5	19/5	19/5	

جدول ۷: اهمیت نسبی معیارها در روش Topsis

معیار	مقادیر کمی شده
هزینه اجرا	0/61
زمان اجرا	0/67
نیاز آموزشی برای اجرا	0/56
سطح دقت کار	0/88

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

معیار	هزینه	زمان	نیاز آموزشی	سطح	معیار
رویکرد	اجرا	اجرا	برای اجرا	دقت کار	رویکرد
FEMA معمولی	0/5	0/5	0/857	0/857	0/857
FEMA فازی	0/143	0/5	0/143	0/857	0/857

جدول ۹: اولویت‌بندی رویکردها در روش Topsis

R	رویکرد
0/66	FEMA معمولی
0/80	FEMA فازی

تصمیم‌گیری شامل این موارد بود: هزینه اجرا، زمان اجرا، نیاز آموزشی برای اجرا و سطوح دقت.

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

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 قابل قبول به حالت نامطلوب تبدیل شد.

بر اساس نتایج مطالعات مشابه [۸، ۲۱-۲۳] و همچنین بهره‌گیری از نظر خبرگان (۱۳ نفر)، معیارهای منتخب در

بحث

یافته‌های Jamshidi و همکاران [۲۱] و Markowski همکاران بود [۳۱، ۳۲]. در مطالعه حاضر هنگام استفاده از روش معمولی بسیاری از بخش‌های صنعت بدون خطر زیاد حملات تروریستی برآورد می‌شدند، درحالی که 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 به منظور خروج از حالت کیفی و ماهیت‌بخشی کمی به ارزیابی ریسک‌ها تأکید کرده‌اند [۳۳]. به عبارت دیگر، استفاده از روش فازی به دلیل دخل و تصرف بر اهمیت روش در جعبه‌بازار فازی و درنتیجه ورود قوانین حاصل از برهم‌کنش متغیرهای مؤثر بر ریسک بر اساس نظرات متخصصان و خبرگان موجود در صنعت ممکن 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، محروم‌بودن 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 پیش‌بینی شده برای تکمیل مطالعه شد. به روزرسانی درجه ریسک واحداً در فواصل زمانی مشخص، استفاده از سیستم‌های افزونگی، بازآموزی مدام کارکنان مخصوصاً بخش حراست و استفاده از تدبیر ایمنی و امنیتی اکتیو به طوری که قادر باشند به محض شناسایی و تشخیص خطرات، بدون نیاز به کارکرد نیروی انسانی عمل کنند و از بالفعل در آمدن خطرات جلوگیری یا شدت پیامدهای آن را محدود کنند، از مهم‌ترین پیشنهادهای اصلاحی است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد به کاربردن روش فازی در ارزیابی ریسک حملات تروریستی در صنایع فرایندی و حیاتی کشور به عنوان ابزاری قدرتمند عمل می‌کند. همچنین نتایج نشان داد روش FEMA و TOPSIS در این ارزیابی ریسک به عنوان 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

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 SVA-Pro Vulnerability Analysis: SVA استفاده کرددند 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 کرددند و دریافتند این روش در مقایسه با روش‌های معمول استفاده شده در ارزیابی کمی ریسک، جامعیت بیشتری دارد [۲۵]. در یک مطالعه دیگر محمدفام و همکاران برای ارزیابی ریسک آتش‌سوزی‌های عمده، الگویی معرفی کردند که ابزار اصلی استفاده شده 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 نظری انگیزه تهدید، احتمال آسیب‌پذیری و نوع تهدید نیز استفاده شده است. در یک مطالعه دیگر که در زمینه 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 حمل و نقلی را بررسی کرد [۲۹]. در مطالعه مشابه دیگری Moore برای ارزیابی میزان آسیب‌پذیری امنیتی یک Rrisk Analysis and (RAMCAP) استفاده از روش Management for Critical Asset Protection کرد [۳۰]. نتایج این مطالعه نشان داد عواملی همچون شدت تهدیدها و پیامدهای مربوط به آن‌ها و همچنین میزان آسیب‌پذیری امنیتی تأثیر بسیاری بر ریسک حملات تروریستی خواهند داشت [۲۰].

نکته قابل توجه در نتایج مطالعه، دقت زیاد روش فازی نسبت به روش معمولی بود، به طوری که در روش فازی با درنظر گرفتن روابط پیچیده بین متغیرهای ورودی در سیستم فازی، دستیابی به نتایجی با عدم قطعیت کمتر میسر شد. این یافته مشابه

سهم نویسندها

پروفسور ایرج محمدفام: آنالیز TOPSIS، انجام مطالعه
موردنی، ویرایش مقاله و نظرارت و پایش مطالعه
کارمان غلامی زاده: پژوهش ایده، طراحی سیستم فازی، آنالیز
داده ها و نگارش مقاله

تضاد منافع

نویسندها 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.

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.

ملاحظات اخلاقی

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

REFERENCES

- 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](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.02.013)
- 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.
- 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](https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.03.004)
- Howie L. Terrorism, the worker and the city: simulations and security in a time of terror. London: Routledge; 2017.
- Hosseini 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.
- 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](https://doi.org/10.1002/prs.11683)
- 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](https://doi.org/10.1016/j.jlp.2017.05.023)
- 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](https://doi.org/10.1016/j.cose.2017.09.004)
- 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](https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.09.006)
- 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](https://doi.org/10.19082/5638)
- McClintock JA, Stathopoulos GN. Security risk response impact analysis. Washington, D.C: United States Patent; 2019.
- 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](https://doi.org/10.1108/WJE-02-2017-0031)
- De Silva CW. Intelligent control: fuzzy logic applications. Florida: CRC Press; 2018.
- 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](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.142)
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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](https://doi.org/10.1021/acs.chas.0c00018)
- 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/joh.e.6.3.1](https://doi.org/10.29252/joh.e.6.3.1)
- 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](https://doi.org/10.1007/s10661-017-6450-0)
- 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](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102842)
- 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](https://doi.org/10.18502/ohhp.v3i1.961)
- 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](https://doi.org/10.18757/jiss.2017.1.1390)
- 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.
- Mohammadfam I, Shokouhipour A, Zamanparvar A. A framework for assessment of intentional fires. *J Occup Hyg Eng*. 2014;1(1):16-25.
- 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](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.08.078)
- Mohammadfam I. Introducing a risk assessment and management model for bazaar safety analysis case study:

- 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.hazmat.2005.07.042](https://doi.org/10.1016/j.hazmat.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](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16920260/) DOI: [10.1016/j.hazmat.2006.06.133](https://doi.org/10.1016/j.hazmat.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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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](https://doi.org/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