Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 8, Issue 4, Winter 2022, Pages: 14-21

Original Article

doi: 10.52547/johe.8.4.14

# Weighting and Prioritizing of Indicators Affecting Resilience in the Fire-Induced Emergencies in a Combined Cycle Power Plant Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process

**Seyed Mahdi Mousavi[1], Mahsa Jahadi Naeni[2], Mojtaba Haghighat[3], Farzad Behzadi Nezhad[4,*]**

[1] *MSc, Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.*
[2] *MSc, Occupational Health Engineering, School of Public Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran*
[3] *Instructor, Department of Occupational Health Engineering, Behbahan Faculty of Medical Sciences, Behbahan, Iran*
[4] *MSc of Environment Management (HSE), Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran*

**** Corresponding Author:*** *Farzad Behzadi Nezhad, Environment Management, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. Email: behzadinezhad_f@mapnaMD1.com*

**Received:** 09/06/2021
**Accepted:** 04/08/2021

**How to Cite this Article:**
Mousavi M, Jahadi Naeni M, Haghighat M, Behzadi Nezhad F. Weighting and Prioritizing of Indicators Affecting Resilience in the Fire-Induced Emergencies in a Combined Cycle Power Plant Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *J Occup Hyg Eng*. 2022; 8(4): 14-21. DOI: 10.52547/johe.8.4.14

## Abstract

**Background and Objective:** Increasing the level of resilience is one of the approaches to reduce the consequences of fire. Resilience is one of the most important and practical concepts in crisis management that has been considered in recent years. The current study aimed to identify and prioritize the indicators affecting resilience in the event of fire-induced emergencies in a combined cycle power plant using the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP).

**Materials and Methods:** By reviewing the texts and using semi-structured interviews with 15 experts, 20 effective indicators in the fire resilience in the combined cycle power plant were identified and classified into three main groups based on the McManus model. In the next step, the weights of the indices and sub-indices of each group were determined using the FAHP method. Finally, the first three indicators of each group were selected for final prioritization, and pairwise comparisons were performed among them again.

**Results:** The results showed that three indicators of structural stability (W=0.168), senior management awareness of roles and responsibilities (W=0.145), as well as risk perception and acceptance (W=0.138), play the most important role in this regard. On the other hand, the logistics support index (W=0.069) obtained the least importance in determining the level of resilience.

**Conclusion:** By recognizing the effective indicators in determining the level of resilience against fire in emergency situations, decision-makers could define and implement corrective and preventive measures to improve safety and increase resilience based on priority.

**Keywords:** Combined Cycle Power Plant; Emergency; FAHP; Fire; Resilience

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-03 ]

[ DOI: 10.52547/johe.8.4.14 ]

**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

مقاله پژوهشی
doi: 10.52547/johe.8.4.14

# وزن‌دهی و اولویت‌بندی شاخص‌های تاب‌آوری در شرایط اضطراری ناشی از وقوع حریق در یک نیروگاه سیکل ترکیبی با به‌کارگیری رویکرد تحلیل سلسله مراتبی فازی

سیدمهدی موسوی[۱]، مهسا جهادی نائینی[۲]، مجتبی حقیقت[۳]، فرزاد بهزادی‌نژاد[۴،*]

[۱] کارشناس ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲] کارشناس ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
[۳] مربی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده علوم پزشکی بهبهان، بهبهان، ایران
[۴] کارشناس ارشد، مدیریت محیط زیست گرایش HSE، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* **نویسنده مسئول:** فرزاد بهزادی‌نژاد، مدیریت محیط زیست گرایش HSE، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. ایمیل: behzadinezhad_f@mapnaMD1.com

**تاریخ دریافت مقاله:** ۱۴۰۰/۰۳/۱۹
**تاریخ پذیرش مقاله:** ۱۴۰۰/۰۵/۱۳

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

**چکیده**

**سابقه و هدف:** یکی از راهکارهای کاهش پیامدهای ناشی از وقوع حریق، افزایش میزان سطح تاب‌آوری است. تاب‌آوری در شرایط اضطراری یکی از مفاهیم بسیار مهم و کاربردی در مدیریت بحران است که در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. هدف از این مطالعه وزن‌دهی و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر تاب‌آوری در شرایط اضطراری ناشی از حریق با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی در یک نیروگاه سیکل ترکیبی است.

**مواد و روش‌ها:** با انجام بررسی متون و مصاحبه نیمه ساختاریافته با ۱۵ نفر خبره، تعداد ۲۰ شاخص مؤثر بر تاب‌آوری در برابر حریق در نیروگاه سیکل ترکیبی شناسایی و بر اساس مدل مک مانومنس در سه گروه اصلی تقسیم‌بندی شدند. در گام بعد، وزن شاخص‌ها و زیرشاخص‌های هر گروه با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی تعیین شد. در پایان سه شاخص برتر هر گروه انتخاب و مجدداً مقایسات زوجی میان آن‌ها انجام شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد سه شاخص پایداری سازه‌ای (وزن نهایی ۰/۱۶۸)، آگاهی مدیریت ارشد از نقش‌ها و مسئولیت‌ها (وزن نهایی ۰/۱۴۵)، درک و پذیرش خطر (وزن نهایی ۰/۱۳۸) مهم‌ترین نقش و شاخص حمایت‌های لجستیکی (وزن نهایی ۰/۰۶۹) کمترین اهمیت را در تعیین سطح تاب‌آوری دارند.

**نتیجه‌گیری:** تصمیم‌گیرندگان با شناخت شاخص‌های مؤثر در تعیین سطح تاب‌آوری برای مقابله با حریق در شرایط اضطراری می‌توانند اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه را به‌منظور ارتقای ایمنی و افزایش تاب‌آوری تعریف، اولویت‌بندی و اجرا کنند.

**واژگان کلیدی:** تاب‌آوری؛ حریق؛ شرایط اضطراری؛ FAHP؛ نیروگاه سیکل ترکیبی

## مقدمه

صنعت برق یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های اقتصادی و صنعتی هر کشوری محسوب می‌شود. نیاز روزافزون جهان و به‌ویژه کشورهای در حال توسعه به انرژی برق، توسعه نیروگاه‌ها را طلب می‌کند که این موضوع در ایران طی سال‌های اخیر بسیار پرشتاب بوده است [۱]. در سال‌های اخیر، پیشرفت فناوری باعث افزایش پیچیدگی‌های موجود در سیستم‌های فرایندی شده که این موضوع نیز به‌نوبه‌خود موجب بروز حوادث ناگوار شده است [۲]. بروز حوادثی مثل حریق در نیروگاه‌ها سیکل ترکیبی اجتناب‌ناپذیر است. در سال ۲۰۱۴ پژوهش شیرالی و همکاران با به‌کارگیری رویکرد درجه باورپذیری فازی نشان داد خطر وقوع انفجار یا آتش‌سوزی توربین در نیروگاه سیکل ترکیبی زیاد است و وقوع این حادثه پیامدهای شدیدی را به دنبال خواهد داشت [۳]. وقوع آتش‌سوزی در این نیروگاه‌ها ممکن است منجر به مرگ، آسیب و جراحت، کاهش تولید، ایجاد نقص در تجهیزات و خسارات‌های مالی شدید شود [۲]. صادقی و همکاران در سال ۲۰۲۰ با به کار بردن شاخص DOW، میزان خسارات مالی برآمده از ایجاد حریق در یک نیروگاه سیکل ترکیبی را حدود ۴/۱۲ میلیون دلار آمریکا تخمین زدند [۳]. بااین‌وجود، به‌منظور پیشگیری از وقوع خسارات‌های جانی و مالی برآمده از وقوع حریق در این نیروگاه‌ها،

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-03 ]
[ DOI: 10.52547/johe.8.4.14 ]

انجام اقداماتی مانند ارزیابی خطر وقوع حریق، پایش سیستم اعلام حریق و افزایش میزان سطح تاب‌آوری در شرایط وقوع حریق توصیه شده است [۶-۴].

نخستین بار Hauling مفهوم تاب‌آوری را در زمینه اکولوژی ارائه داد. بااین‌حال تعاریف گوناگونی از تاب‌آوری در بخش حوادث ارائه شده است [۷]. یکی از تعاریف گسترده و کاربردی آن در حوزه ایمنی به این شرح است: توانایی ذاتی یک سیستم برای تنظیم عملکرد خود قبل، حین و پس از بروز تغییرات یا آشفتگی‌های موجود در سیستم، به‌گونه‌ای‌که بتواند کارکردهای بایسته خود را هم در شرایط پیش‌بینی‌شده و هم غیرقابل‌پیش‌بینی حفظ کند [۸]. سازمان‌های تاب‌آور سازمان‌های هستند که به دلیل آمادگی، برنامه‌ریزی و انعطاف‌پذیری زیادی که در خود ایجاد می‌کنند، می‌توانند چالش‌ها و شرایط اضطراری ناشی از وقوع حوادث را با تحمل هزینه‌های کم پشت سر بگذارند [۹]. در همین راستا به‌تازگی توجه نسبتاً زیادی به سازمان‌های تاب‌آور در برابر بحران و شرایط اضطراری شده است. محققان تلاش کرده‌اند ویژگی‌های سازمان‌ها یا جوامع تاب‌آور را شناسایی و شاخص‌های مورد نیاز برای ایجاد این جوامع و سازمان‌ها را معرفی کنند [۱۰].

برای شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های تاب‌آوری، به کار بردن روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (Multiple-Criteria Decision-Making: MCDM) در سال‌های اخیر مورد توجه پژوهشگران قرارگرفته است [۱۱،۱۲]. در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۷ جعفری و همکاران انجام دادند، با استفاده از روش TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) فازی به رتبه‌بندی شاخص‌های مهندسی تاب‌آوری در یک مجتمع پالایشگاهی اقدام و وزن و رتبه شاخص‌ها تعیین و تحلیل شد [۱۳]. شیرالی و همکاران نیز در سال ۲۰۱۹ مطالعه‌ای به‌منظور ارزیابی شاخص‌های تاب‌آوری با استفاده از روش فرایند تحلیل شبکه ANP در یک شرکت فلزی انجام دادند و بر اساس آن وزن شاخص‌ها تعیین و اثر آن‌ها بر یکدیگر تحلیل شد [۱۴].

با این توصیف می‌توان نتیجه گرفت کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در دامنه‌های گوناگون علوم اهمیت بسیاری دارد. با توجه به افزایش استفاده از نیروگاه‌های سیکل ترکیبی به‌منظور تولید برق، ساخت و بهره‌برداری از این نیروگاه‌ها نیز افزایش یافته است. با توجه به اینکه خطر وقوع حوادث مانند حریق در این نیروگاه‌ها زیاد است، افزایش میزان تاب‌آوری مقابله با حوداث حریق منجر به کاهش خسارات جانی و مالی در این نیروگاه‌ها می‌شود. به‌منظور افزایش سطح تاب‌آوری مقابله با حریق، شناسایی شاخص‌های مؤثر و اولویت‌بندی آن‌ها اهمیت بسیاری دارد. لذا استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره سودمند است. مطالعه حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های مؤثر بر تاب‌آوری در شرایط اضطراری ناشی از وقوع حریق در یک نیروگاه سیکل ترکیبی با به‌کارگیری تحلیل سلسله مراتبی فازی انجام شد.

## روش کار

### *حجم نمونه و روش گردآوری داده‌ها*

مطالعه حاضر از نوع توصیفی و تحلیلی است که بهار ۱۳۹۹ انجام شد. در این مطالعه ۲۰ نفر از کارکنان نیروگاه سیکل ترکیبی حداقل با ۱۰ سال سابقه کار به‌صورت اتفاقی انتخاب و با آن‌ها مصاحبه نیمه ساختاریافته انجام شد. به دلیل شیوع اپیدمی کرونا و به‌منظور رعایت شیوه‌نامه‌های بهداشتی، تمامی گفت‌وگوها از طریق شبکه‌های اجتماعی انجام شد. در مصاحبه نیمه ساختاریافته پژوهنده یا پژوهشگر به‌جای در اختیار داشتن شمار اندکی پرسش، چارچوبی از موضوعات گوناگون را برای کاوش در اختیار دارد و با استفاده از این موضوعات، اطلاعات موردنیاز را جمع‌آوری می‌کند. پس از پایان مصاحبه، ۲۰ شاخص بر اساس مدل ارائه‌شده مک مانومنس در سه گروه شاخص‌های آگاهی موقعیتی، شاخص‌های آسیب‌پذیری کلیدی و شاخص‌های ظرفیت تطابق‌پذیری دسته‌بندی شدند [۱۵]. نخست شاخص‌های هر گروه با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی فازی وزن‌دهی شدند. در ادامه، به‌منظور شناسایی مهم‌ترین اولویت‌ها، سه شاخص مهم از هر گروه انتخاب و دوباره مقایسات زوجی بین این شاخص‌ها انجام شد.

### *روش تحلیل سلسله مراتبی فازی*

روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (Fuzzy Analytical Hierarchy Process: FAHP) یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در علوم مختلف برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی شاخص‌ها و گزینش مناسب‌ترین راهکار از بین چند گزینه موجود استفاده می‌شود. این روش با انجام مقایسات زوجی بین شاخص‌ها وزن نهایی هر شاخص را محاسبه و آن‌ها را بر این اساس اولویت‌بندی می‌کند. در این مطالعه از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی چانگ استفاده شد که مراحل اجرای این روش به شرح زیر است [۱۶،۱۷].

### *ایجاد ساختار سلسله مراتبی*

اولین مراحله در یک مسئله تصمیم‌گیری، تعیین ساختار سلسله مراتبی است. در این روش هدف و شاخص‌ها در یک ساختار سلسله مراتبی تنظیم می‌شوند (جدول ۱).

### *تعریف اعداد فازی و انجام مقایسات زوجی*

در این مرحله مقایسه زوجی با استفاده از اعداد مثلثی فازی انجام می‌شود. در این مرحله یک پرسش‌نامه بدون نام از طریق شبکه های اجتماعی برای خبرگان ارسال و از آن‌ها



[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-03 ]
[ DOI: 10.52547/johe.8.4.14 ]

**جدول ۱:** شاخص‌ها و زیرشاخص‌های تاب‌آوری در برابر حریق در شرایط اضطراری

| گروه | آگاهی موقعیتی | آسیب‌پذیری | تطابق‌پذیری |
|---|---|---|---|
| معیار | نقش‌ها و مسئولیت‌ها | ماشین‌آلات و تجهیزات عملیاتی | سطح سواد کارکنان و مدیران |
| | درک خطر | تعداد شیرهای هیدارنت در نیروگاه | عبرت‌آموزی از حوادث |
| | آگاهی از ارتباطی درون‌سازمانی | ایستگاه تأمین آب اضطراری | چارت سازمانی |
| | آگاهی از بیمه | جانمایی صحیح ایستگاه‌ها | اقدامات انگیزشی |
| | شناخت تجهیزات | توانایی نیروهای انسانی | حمایت‌های لجستیکی |
| | آگاهی از تعداد فایرباکس‌ها | امکانات عملیاتی | |
| | شناخت نقاط مستعد خطر | کارایی تجهیزاتی | |
| | | پایداری سازه‌ای ایستگاه‌ها | |

**جدول ۲:** مقیاس زبانی و اعداد فازی مثلثی مترادف آن

| مقیاس عدد فازی | مقیاس زبانی | عدد فازی |
|---|---|---|
| ۱ | اهمیت برابر | (۱،۱،۱) |
| ۲ | اهمیت برابر تا اندکی بیشتر | (۱،۲،۳) |
| ۳ | اهمیت اندکی بیشتر | (۲،۳،۴) |
| ۴ | اهمیت اندکی بیشتر تا اهمیت بیشتر | (۳،۴،۵) |
| ۵ | اهمیت بیشتر | (۴،۵،۶) |
| ۶ | اهمیت بیشتر تا اهمیت خیلی بیشتر | (۵،۶،۷) |
| ۷ | اهمیت خیلی بیشتر | (۶،۷،۸) |
| ۸ | اهمیت خیلی بیشتر تا اهمیت مطلق | (۷،۸،۹) |
| ۹ | اهمیت مطلق | (۸،۹،۱۰) |

خواسته شد شاخص‌های مؤثر در تاب‌آوری را در برابر حریق در شرایط اضطراری با به‌کارگیری عبارت‌های کلامی موجود در جدول ۲، دوبه‌دو با هم مقایسه کنند

### *تشکیل ماتریس مقایسات زوجی با به‌کارگیری اعداد فازی*

در این مرحله ماتریس‌های توافقی مطابق با درخت تصمیم و با استفاده از نظرات خبرگان تشکیل داد شد. سپس نرخ ناسازگاری مطابق روش گوگوس و بوچر محاسبه شد. ماتریس مقایسه زوجی مطابق شکل ۱ تشکیل می‌شود.

$$\widetilde{A}=\begin{bmatrix} 1 & \widetilde{a_{12}} & \dots & \widetilde{a_{1n}} \\ \widetilde{a_{21}} & 1 & \dots & \widetilde{a2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \widetilde{n1} & \widetilde{a_{n2}} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

**شکل ۱.** ماتریس مقایسات زوجی

### *محاسبه Si برای هریک از سطرهای مقایسات زوجی*

$S_i$ که یک عدد فازی مثلثی است، از رابطه ۱ به‌دست می‌آید.

رابطه (۱) $$S_i=\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \otimes \left[\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$$

در این رابطه، i بیانگر شماره سطر و j بیانگر شماره ستون است. همچنین $M_{gi}^{j}$ اعداد فازی ماتریس‌های زوجی است.

مقادیر $\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ و $\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}$ و $\left[\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ را می‌توان به ترتیب از روابط ۲ تا ۴تعیین کرد.

رابطه (۲) $$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{m} l_j \,.\, \sum_{j=1}^{m} m_j \,.\, \sum_{j=1}^{m} u_j\right)$$

رابطه (۳) $$\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j} = \left(\sum_{j=1}^{n} l_j \,.\, \sum_{j=1}^{n} m_j \,.\, \sum_{j=1}^{n} u_j\right)$$

رابطه (۴) $$\left[\sum_{i=l}^{n}\sum_{j=l}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i} \,.\, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i} \,.\, \frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right)$$

### *محاسبه درجه بزرگی Siها نسبت به همدیگر*

به‌طورکلی اگر $M1=(l_1, m_1, u)$ و $M2=(l_2,m_2,u_2)$ دو عدد مثلثی فازی باشند، درجه بزرگی M1 نسبت به M2 به صورت زیر تعریف می‌شود:

رابطه (۵) $$V(M_2 \geq M_1)=hgt(M_1 \cap M_2)= \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & if\ m2 \geq m1 \\ 0 & if\ l1 \geq u2 \\ \frac{l1-u2}{(M_2-u2)-(m1-l1)} & other\ wise \end{cases}$$

از طرف دیگر، میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی از K عدد فازی مثلثی دیگر از رابطه ۶ به‌دست می‌آید:

رابطه (۶) $$V(M\geq M1, M2, \dots M_k) = V[(M \geq M1) and\ (M \geq M2) and \dots\dots and\ (M \geq M_k)] = \text{Min } V\ (M\geq M_i), i=1,2,3,\dots,k$$



[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-03 ]

[ DOI: 10.52547/johe.8.4.14 ]

### محاسبه وزن معیارها و گزینه‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی

بدین منظور از رابطه ۷ استفاده می‌شود:

رابطه (۷) $\acute{d}(A_i)=\text{Min V}\ (S_{i\geq}\ S_{k)}\ k=1,2,\ldots,n\ ,\ k\neq i$

بنابراین، بردار وزن نرمال‌نشده به صورت زیر خواهد بود:

رابطه (۸) $w \acute{=} (\acute{d}(A_l).\acute{d}(A_l)\ldots.\acute{d}(A_n))^T \quad A_l=(i=1,2,\ldots,n)$

### محاسبه بردار وزن نهایی

برای محاسبه بردار وزن نهایی باید بردار وزن محاسبه‌شده در مرحله قبل را نرمال‌سازی کرد؛ بنابراین، وزن نهایی از رابطه (۹) محاسبه می‌شود.

رابطه (۹) $w = d(A_l).d(A_l)\ldots.d(A_n))^T$

### محاسبه نرخ ناسازگاری

به‌منظور اطمینان از صحت مقایسات و قابلیت اطمینان ماتریس‌های تصمیم‌گیری با به‌کارگیری روش پیشنهادی گاگوس و بوچر میزان نرخ ناسازگاری محاسبه شد. چنانچه نرخ ناسازگاری به‌دست‌آمده کمتر از ۰/۱ باشد، نشان‌دهنده مقبولیت مقایسه‌های انجام‌شده است [۱۸].

### تحلیل داده‌ها

در این پژوهش تمام محاسبات مربوط به روش تحلیل سلسله مراتبی فازی با استفاده از نرم‌افزار متلب (MATLAB 2018a) انجام شد.

## نتایج

نتایج مرحله اول مقایسات زوجی در گروه شاخص‌های مربوط به آگاهی موقعیتی نشان داد سه شاخص آگاهی مدیریت از نقش‌ها و وظایف با وزن نهایی ۰/۲۱۹، درک و پذیرش خطر با وزن نهایی ۰/۱۷۱ و آگاهی از نقاط ایمن با وزن نهایی ۰/۱۶۵ به ترتیب بیشترین میزان اهمیت را در این گروه دارند (جدول ۳).

**جدول ۳:** وزن نرمال و غیرنرمال شاخص‌های گروه آگاهی موقعیتی

| شاخص | حاصل فازی | | | وزن غیرنرمال | وزن نرمال | اولویت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | کران بالا | متوسط | کران پایین | | | |
| آگاهی مدیریت از نقش و وظایف | ۱/۳۵۱ | ۰/۰۳۲ | ۰/۰۸۳ | ۱/۰۰ | ۰/۲۱۹ | ۱ |
| درک و پذیرش خطر | ۰/۶۶۲ | ۰/۱۶۳ | ۰/۰۳۹ | ۰/۷۷۷ | ۰/۱۷۱ | ۲ |
| آگاهی از نقاط ایمن موجود | ۰/۶۰۹ | ۰/۱۵۴ | ۰/۰۳۵ | ۰/۷۵۱ | ۰/۱۶۵ | ۳ |
| آگاهی از ارتباطی درون سازمانی | ۰/۵۵۶ | ۰/۱۳۹ | ۰/۰۲۹ | ۰/۷۱۴ | ۰/۱۵۷ | ۴ |
| آگاهی از نحوه کار تجهیزات | ۰/۵۰۳ | ۰/۱۳۳ | ۰/۰۲۳ | ۰/۶۸۲ | ۰/۱۵۰ | ۵ |
| آگاهی از تعداد ایستگاه‌های آتش‌نشانی | ۰/۲۷۳ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۱۸ | ۰/۴۱۰ | ۰/۰۹۰ | ۶ |
| آگاهی از بیمه | ۰/۱۶۴ | ۰/۰۲۶ | ۰/۰۱۲ | ۰/۲۱۰ | ۰/۰۴۶ | ۷ |

همچنین نتایج مقایسات زوجی گروه آسیب‌پذیری نشان داد در جدول ۴ سه شاخص پایداری سازه‌ای، توانایی نیروی‌های انسانی و امکانات عملیاتی به ترتیب با وزن‌های ۰/۱۳۵، ۰/۱۸۰، ۰/۲۱۷ سه شاخص مهم این گروه هستند.

در جدول ۵ نتایج به‌دست‌آمده از مقایسات زوجی در گروه انطباق‌پذیری نمایش داده شده است. بر اساس نتایج، سه

**جدول ۴:** وزن نرمال و غیرنرمال شاخص‌های گروه آسیب پذیری

| شاخص | حاصل فازی | | | وزن غیرنرمال | وزن نرمال | اولویت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | کران بالا | متوسط | کران پایین | | | |
| پایداری سازه‌ای | ۱/۵۵۲ | ۰/۰۵۱ | ۰/۰۶۳ | ۱/۰۰ | ۰/۲۱۷ | ۱ |
| توانایی نیروهای انسانی | ۰/۷۳۵ | ۰/۱۴۱ | ۰/۰۴۳ | ۰/۸۳۲ | ۰/۱۸ | ۲ |
| امکانات عملیاتی | ۰/۷۰۸ | ۰/۱۳۶ | ۰/۰۴۲ | ۰/۶۲۳ | ۰/۱۳۵ | ۳ |
| تعداد شیرهای هیدرانت در نیروگاه | ۰/۶۷۵ | ۰/۱۲۴ | ۰/۰۳۲ | ۰/۵۰۱ | ۰/۱۰۸ | ۴ |
| ایستگاه تأمین آب اضطراری | ۰/۵۸۱ | ۰/۱۱۴ | ۰/۰۳۱ | ۰/۴۲۹ | ۰/۰۹۳ | ۵ |
| جانمایی صحیح ایستگاه‌های آتش‌نشانی | ۰/۴۳۲ | ۰/۱۱۳ | ۰/۰۳۱ | ۰/۴۱۸ | ۰/۰۹۰ | ۶ |
| کارایی تجهیزاتی | ۰/۳۵۱ | ۰/۱۰۹ | ۰/۰۳۰ | ۰/۴۰۹ | ۰/۰۸۸ | ۷ |
| ماشین‌آلات و تجهیزات عملیاتی | ۰/۲۵۳ | ۰/۱۰۸ | ۰/۰۲۱ | ۰/۳۹۴ | ۰/۰۸۵ | ۸ |

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-03 ]

[ DOI: 10.52547/johe.8.4.14 ]

**جدول ۵:** وزن نرمال و غیرنرمال شاخص‌های گروه انطباق‌پذیری

| شاخص | حاصل فازی | | | وزن غیرنرمال | وزن نرمال | اولویت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | کران بالا | متوسط | کران پایین | | | |
| سطح سواد کارکنان و مدیران | ۱/۷۱۲ | ۰/۴۵۷ | ۰/۰۷۰ | ۱/۰۰ | ۰/۲۹۹ | ۱ |
| عبرت‌آموزی از حوادث | ۰/۸۸۶ | ۰/۲۰۲ | ۰/۰۵۹ | ۰/۷۶۱ | ۰/۲۲۳ | ۲ |
| حمایت‌های لجستکی | ۰/۷۶۷ | ۰/۱۸۵ | ۰/۰۴۹ | ۰/۷۱۸ | ۰//۲۱ | ۳ |
| اقدامات انگیزشی | ۰/۵۳۱ | ۰/۱۰۶ | ۰/۰۳۵ | ۰/۵۶۷ | ۰/۱۶۶ | ۴ |
| چارت سازمانی | ۰/۲۵۹ | ۰/۰۴۸ | ۰/۰۲۴ | ۰/۳۵۴ | ۰/۱۰۴ | ۵ |

شاخص با اهمیت زیاد شامل سطح سواد کارکنان و مدیران (وزن نهایی ۰/۲۹۹)، عبرت‌آموزی از حوادث (وزن نهایی ۰/۲۲۳) و حمایت‌های لجستیکی (وزن نهایی ۰/۲۱) سه شاخص مهم این گروه هستند.

نتایج مرحله دوم و مقایسات زوجی نهایی با روش تحلیل سلسله مراتبی فازی نشان داد به ترتیب سه شاخص پایداری سازه‌ای (وزن نهایی ۰/۱۶۸)، آگاهی مدیریت ارشد از نقش‌ها و مسئولیت‌ها (وزن نهایی ۰/۱۴۵) و درک و پذیرش خطر (وزن نهایی ۰/۱۳۸) مهم‌ترین نقش و سه شاخص عبرت‌آموزی از حوادث گذشته (وزن نهایی ۰/۰۸۲)، آگاهی از نقاط ایمن (وزن نهایی ۰/۰۷۷) و حمایت‌های لجستیکی (وزن نهایی ۰/۰۶۹) کمترین نقش را در افزایش سطح تاب‌آوری در مقابله با حریق دارند (جدول ۶).

**جدول ۶:** اولویت‌بندی نهایی شاخص‌های مؤثر بر تاب‌آوری

| شاخص | حاصل فازی | | | وزن غیرنرمال | وزن نرمال | اولویت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | کران بالا | متوسط | کران پایین | | | |
| پایداری سازه‌ای | ۱/۳۲۴ | ۰/۹۱۲ | ۰/۰۸۵ | ۱ | ۰/۱۶۸ | ۱ |
| آگاهی مدیریت ارشد از نقش‌ها و مسئولیت‌ها | ۰/۸۲۱ | ۰/۱۵۶ | ۰/۰۶۷ | ۰/۸۶۳ | ۰/۱۴۵ | ۲ |
| درک و پذیرش خطر | ۰/۸۱۳ | ۰/۱۴۲ | ۰/۰۷۵ | ۰/۸۲۳ | ۰/۱۳۸ | ۳ |
| توانایی نیروی انسانی | ۰/۷۸۹ | ۰/۱۳۶ | ۰/۰۵۹ | ۰/۷۳۲ | ۰/۱۲۳ | ۴ |
| امکانات عملیاتی | ۰/۷۸۳ | ۰/۱۳۵ | ۰/۰۴۶ | ۰/۶۳۲ | ۰/۱۰۶ | ۵ |
| سطح سواد کارکنان و مدیران | ۰/۷۶۸ | ۰/۱۲۹ | ۰/۰۴۱ | ۰/۵۲۸ | ۰/۰۸۸ | ۶ |
| عبرت‌آموزی از حوادث گذشته | ۰/۷۶۷ | ۰/۱۲۷ | ۰/۰۳۹ | ۰/۴۹۰ | ۰/۰۸۲ | ۷ |
| آگاهی از نقاط ایمن | ۰/۷۵۳ | ۰/۱۱۶ | ۰/۰۳۷ | ۰/۴۵۹ | ۰/۰۷۷ | ۸ |
| حمایت‌های لجستیکی | ۰/۷۴۹ | ۰/۱۰۵ | ۰/۰۲۹ | ۰/۴۱۳ | ۰/۰۶۹ | ۹ |

## بحث

نتایج روش تحلیل سلسله مراتب فازی نشان داد شاخص پایداری سازه (وزن نهایی ۰/۱۶۸) مهم‌ترین شاخص تاب‌آوری در مقابله با حریق در نیروگاه سیکل ترکیبی است. عسکری‌پور و همکاران در سال ۲۰۱۵ با استفاده از منطق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی مشخص کردند حریق در توربین نیروگاه‌های سیکل ترکیبی مهم‌ترین خطر این صنعت است و مهم‌ترین راهکار برای کاهش خسارات برآمده از وقوع آتش‌سوزی در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی، افزایش پایداری سازه و به‌کارگیری مواد مقاوم به حریق است. این یافته آن‌ها با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد [۱۹]. Akaa و همکاران در سال ۲۰۱۶ با استفاده از روش AHP به اولویت‌بندی راهکارهای مقابله با حریق در سازه‌های استیل پرداختند که مقاوم‌سازی و محافظت از سازه به‌عنوان مناسب‌ترین راهکار مقابله با گسترش حریق انتخاب شد [۲۰]. نتایج مطالعه حاضر نشان داد شاخص آگاهی مدیریت ارشد از نقش‌ها و مسئولیت‌ها با وزن نهایی ۰/۱۴۵ پس از شاخص پایداری سازه بیشترین اهمیت را در تعیین میزان تاب‌آوری نیروگاه سیکل ترکیبی در مقابله با حریق دارد.

در مطالعه امیدوار و همکاران از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به‌منظور ارزیابی سطح عملکرد تاب‌آوری یک صنعت پتروشیمی استفاده شد. نتایج نشان داد شاخص تعهد مدیریت و درک خطر اهمیت زیادی در تعیین سطح تاب‌آوری دارد. صنعت پتروشیمی جزء صنایع فرایندی است. در این صنایع به دلیل وجود حجم زیاد ذخیره و تولید مواد با قابلیت اشتعال زیاد، خطر وقوع حوادث حریق و انفجار وجود دارد. ازاین‌رو، از مهم‌ترین شاخص‌های ارتقای سطح تاب‌آوری در این صنایع، تعهد مدیریت و درک خطر معرفی‌شده است (تعهد مدیریت در

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-03 ]

[ DOI: 10.52547/johe.8.4.14 ]

زمینه‌های گوناگونی همانند تأمین منابع مالی، تعهد به ایمنی، تقدیم ایمنی بر تولید، ممیزی و بازرسی تجلی می‌یابد) که با مطالعه حاضر مطابقت دارد [۲۱]. Pinion و همکاران نیز در مطالعه خود به این نکته اشاره کرده‌اند که تعهد مدیریت به ایمنی سبب افزایش کنترل شغل کارکنان از طریق خودگزارش‌دهی آنان می‌شود. این موضوع نشان‌دهنده این است که برای بهبود تاب‌آوری باید بیشترین کوشش در راستای تغییر تفکر مدیریت ارشد به‌منظور بها دادن به موضوعات ایمنی و پذیرش آن‌ها به‌عنوان یک ارزش در سازمان باشد [۲۲]. جعفری ندوشن و همکاران در سال ۲۰۱۷ به شناسایی و اولویت‌بندی شاخص‌های تاب‌آوری سازمانی در یک مجتمع پالایشگاهی با به‌کارگیری روش TOPSIS فازی پرداختند. نتایج آنان نشان داد شاخص تعهد مدیریت ارشد با وزن نهایی ۰/۰۳۵ اولویت بیشتری نسبت به دیگر شاخص‌ها دارد. متفاوت بودن صنعت و همچنین نبود شاخص پایداری سازه در مطالعه ندوشن و همکاران می‌تواند دلیل تفاوت این دو مطالعه باشد [۱۳].

بر اساس نتایج، سومین شاخص مهم در تعیین میزان تاب‌آوری در مقابله با حریق، شاخص درک و پذیرش خطر با وزن نهایی ۰/۱۳۸ است. نتایج مطالعه Benoît و Caroline در سال ۲۰۱۰ نشان داد یکی از شاخص‌های مهم و اثرگذار بر میزان تاب‌آوری سازمان، شاخص پذیرش و شناخت خطر است که بامطالعه حاضر مطابقت دارد [۷]. پذیرش و شناخت خطر با استفاده از ارزیابی خطر حریق امکان‌پذیر است [۲۳]. ارزیابی خطر حریق ابزار سودمندی برای شناسایی خطرات بالقوه حریق و عوامل مؤثر در ایجاد آن، تعیین وضعیت ایمنی و برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری است [۲۴]. با استفاده از ارزیابی خطر می‌توان نقاط مستعد برای ایجاد حریق را در نیروگاه سیکل ترکیبی شناسایی و اقدامات کنترلی را برای پیشگیری از وقوع حریق و افزایش تاب‌آوری در مقابل آن تعریف و ایجاد کرد [۲۵].

بنابر نتایج به‌دست‌آمده، شاخص مهم دیگر توانایی نیروهای انسانی با وزن ۰/۱۲۳ است. قلب فعالیت سازمان‌ها و صنایع منابع انسانی است. مدیریت صحیح منابع انسانی شامل رضایت شغلی، کاهش استرس شغلی و کاهش تعارض کار- خانواده می‌شود. مدیریت صحیح این منابع درنهایت به افزایش ایمنی و تاب‌آوری سازمان منجر خواهد شد [۲۶]. شاخص‌های بعدی به ترتیب اولویت اهمیت آن‌ها در تعیین سطح تاب‌آوری در مقابله با حریق عبارت‌اند از: امکانات عملیاتی، سطح سواد کارکنان و مدیران، عبرت‌آموزی از حوادث، آگاهی از نقاط ایمن و حمایت‌های لجستیکی.

امکانات عملیاتی یکی دیگر از شاخص‌های مهم در تعیین تاب‌آوری در مقابله با حریق است. صرف نظر از نوع و عوامل ایجادکننده حریق، امکانات عملیاتی مانند سیستم‌های اعلام و اطفای حریق از تجهیزات اصلی و مهم هستند که باید در طراحی در نظر گرفته شوند. در این میان ایستگاه‌های پمپاژ اصلی‌ترین بخش سیستم اطفای حریق را تشکیل می‌دهند [۲۷]. یکی از مهم‌ترین اقدامات مدیران و سرپرستان که نشانگر حمایت عملی آن‌ها از ایمنی است، ارائه آموزش‌های ایمنی است. در مطالعه‌ای که در یک پالایشگاه نفت انجام شد، گزارش شد که آموزش بیشترین تأثیر را در بین عوامل مدیریتی و سازمانی دارد [۲۸].

در مطالعه حاضر ارتباطات درونی بین شاخص‌ها بررسی نشده است که از آن می‌توان به‌عنوان محدودیت یاد کرد. همچنین این مطالعه تحت تأثیر همه‌گیری بیماری کووید ۱۹ انجام شد که باعث شد فرایند مصاحبه به‌صورت غیرحضوری انجام شود و دسترسی به تعداد خبرگان بیشتر امکان‌پذیر نبود. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، اثر ارتباطات درونی بین معیارها با استفاده از روش تحلیل شبکه ( Analytical Network Process: ANP) با تعداد بیشتری از خبرگان انجام و نتایج با مطالعه حاضر مقایسه شود.

## نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌ها سه شاخص پایداری سازه، آگاهی مدیریت ارشد از نقش‌ها و مسئولیت‌ها و پذیرش و درک خطر بیشترین تأثیر را نسبت به دیگر شاخص‌های مؤثر بر میزان تاب‌آوری نیروگاه سیکل ترکیبی در مقابله با حریق دارند. ازاین‌رو، لازم است اقداماتی اندیشیده شود تا مدیریت ارشد بیش‌ازپیش با مسائل ایمنی مبتنی بر افزایش تاب‌آوری آشنا شود و به‌منظور کاهش خسارات ناشی از وقوع حریق در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی تصمیماتی اتخاذ شود. همچنین توصیه می‌شود برای کاهش میزان خسارات ناشی از وقوع حریق در سایر صنایع، مدیران و تصمیم‌گیرندگان شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مهم و تأثیرگذار بر میزان تاب‌آوری را در مقابله با حریق متناسب با نوع صنعت شناسایی و بر اساس اولویت روی آن‌ها تمرکز کنند.

## تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از تمامی خبرگان نیروگاه سیکل ترکیبی کاشان که در اجرای این مطالعه با توجه به شرایط خاص ایجادشده به دلیل بیماری کووید ۱۹ نهایت همکاری و تعامل را با پژوهشگران داشتند، کمال تشکر و قدردانی را ابراز کنند.

## تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی بین نویسندگان حاضر در این مطالعه وجود ندارد.

## ملاحظات اخلاقی

این مقاله برگرفته از یک برنامه عملیاتی اداره HSE نیروگاه

[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-03 ]

[ DOI: 10.52547/johe.8.4.14 ]

سیکل ترکیبی کاشان، با عنوان «شناسایی عوامل مؤثر در ارتقای سطح تاب‌آوری در نیروگاه سیکل ترکیبی» است. اجرای تمامی مراحل پژوهش زیر نظر کمیته پژوهش و توسعه این شرکت انجام شده است.

## سهم نویسندگان

در مطالعه حاضر سید مهدی موسوی در مرحله ایده طراحی پژوهش و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، مهسا جهادی نائینی و مجتبی حقیقت در مرحله نگارش و اصلاحات مقاله و فرزاد بهزادی‌نژاد در جمع‌آوری داده‌ها نقش داشته‌اند.

## حمایت مالی

این مطالعه با حمایت مالی نیروگاه سیکل ترکیبی کاشان انجام شده است.

## REFERENCES


1. Gorjian S, Zadeh BN, Eltrop L, Shamshiri RR, Amanlou Y. Solar photovoltaic power generation in Iran: Development, policies, and barriers. *Rene Sust Ene Rev*. 2019;**106**:110-23. DOI: 10.1016/j.rser.2019.02.025
2. Orme GJ, Venturini M. Property risk assessment for power plants: Methodology, validation and application. *Ener*. 2011;**36**(5):3189-203. DOI: 10.1016/j.energy.2011.03.008
3. Sadeghi A, Jabbari M, Rezaeian M, Alidoosti A, Eskandari D. Fire and Explosion Risk Assessment in a Combined Cycle Power Plant. *Ir J Chem Chem Eng Research Article*. 2020;**6**(104):303-311. DOI: 10.30492/IJCCE.2020.81321.2972
4. Al Saffar IQ, Ezzat AW. Qualitative Risk Assessment of Combined Cycle Power Plant Using Hazards Identification Technique. *J Mech Eng Res Devel*. 2020;**43**(2):284-93.
5. Hajibashi FA, Arabkoohsar A, Babaelahi M. Risk assessment, dynamic analysis and multi-objective optimization of a solar-driven hybrid gas/steam power plant. *J Ther Anal Calor*. 2020,**2**:1-17. DOI: 10.1007/s10973-020-10221-z
6. Harris LB, Taylor AH. Rain-shadow forest margins resilient to low-severity fire and climate change but not high-severity fire. *Ecos*. 2020;**11**(9):e03258. DOI: 10.1002/ecs2.3258
7. Catalan C, Robert B, editors. Evaluation of organizational resilience: application in Quebec. Proceedings of the fourth resilience engineering symposium France; 2011.
8. Yu DJ, Schoon ML, Hawes JK, Lee S, Park J, Rao PSC, et al. Toward general principles for resilience engineering. *Risk Ana*. 2020;**40**(8):1509-37. DOI: 10.1111/risa.13494
9. Shah AA, Gong Z, Pal I, Sun R, Ullah W, Wani GF. Disaster risk management insight on school emergency preparedness–a case study of Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Int J Dis Risk Red*. 2020;**51**:101805. DOI: 10.1016/j.ijdrr.2020.101805
10. Lee AV, Vargo J, Seville E. Developing a tool to measure and compare organizations' resilience. *Natu Haz Rev*. 201; **14**(1):29-41. DOI: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000075.
11. Mousavi SM, Abbasi M, Yazdanirad S, Yazdanirad M, Khatooni E. Fuzzy AHP-TOPSIS method as a technique for prioritizing noise control solutions. *Noi Con Eng J*. 2019;**67**(6):415-21. DOI: 10.3397/1/376738
12. mousavi sm, karimi a, zakerian sa, jahadi naeini m. Identifying and ranking the criteria affecting the performance of the Permit to work system in an oil refinery using a fuzzy delphi methode and FAHP approach. *J Occupa Hyg Eng*. 2021;**8**(1):37-45.
13. Jafari Nodoushan R, Jafari MJ, Shirali GA, Khodakarim S, Khademi Zare H, Hamed Monfared AA. Identifying and ranking of organizational resilience indicators of refinery complex using fuzzy TOPSIS. *Heal Saf Work*. 2017;**7**(3):219-32.
14. Shirali GA, Nematpour L. Evaluation of resilience engineering using super decisions software. *Heal Promo Persp*. 2019;**9**(3):191. DOI: 10.15171/hpp.2019.27
15. Cutter SL, Barnes L, Berry M, Burton C, Evans E, Tate E, et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Glo Envir Chan*. 2008;**18**(4):598-606. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013
16. Deshmukh S, Sunnapwar V, editors. Fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) for green supplier selection in Indian industries. Proceedings of international conference on intelligent manufacturing and automation; 2019: Springer. DOI: 10.1007/978-981-13-2490-1_63
17. Mousavi SM, Jahadi Naeini M, Yazdani Rad S, Haghighat M. Identification and Ranking of Noise Control Solutions by Using Fuzzy Delphi approach, Fuzzy Analytic Hierarchy Analysis (FAHP) and Fuzzy Vikor in an Oil Refinery. *Arch Occupa Heal*. 2021;**5**(1):913-20.
18. Moradirad R, Haghighat M, Yazdanirad S, Hajizadeh R, Shabgard Z, Mousavi SM. Selection of the most suitable sound control method using fuzzy hierarchical technique. *J Heal Saf Work*. 2019;**8**(4):371-82.
19. Askaripoor T, Kazemi E, Aghaei H, Marzban M. Evaluating and comparison of fuzzy logic and analytical hierarchy process in ranking and quantitative safety risk analysis (case study: a combined cycle power plant). *Saf Prom Inj Prev*. 2015;**3**(3):169-74. DOI: 10.22037/meipm.v3i3.7214
20. Akaa OU, Abu A, Spearpoint M, Giovinazzi S. A group-AHP decision analysis for the selection of applied fire protection to steel structures. *Fi Saf J*. 2016;**86**:95-105. DOI: 10.1016/j.firesaf.2016.10.005
21. Omidvar M, Mazlomi A, MohammadFam I, Rahimi Foroushani A, Nirumand F. Development of a framework for assessing organizational performance based on resilience engineering and using fuzzy AHP method: A case study of petrochemical plant. *Heal Saf Work*. 2016;**6**(3):43-58.
22. Pinion C, Brewer S, Douphrate D, Whitehead L, DelliFraine J, Taylor WC, et al. The impact of job control on employee perception of management commitment to safety. *Saf Sci*. 2017;**93**:70-5. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.11.015
23. Ntzeremes P, Kirytopoulos K. Evaluating the role of risk assessment for road tunnel fire safety: A comparative review within the EU. *J Tra Trans Eng*. 2019;**6**(3):282-96. DOI: 10.1016/j.jtte.2018.10.008
24. Hosseini N, Givehchi S, Maknoon R. Cost-based fire risk assessment in natural gas industry by means of fuzzy FTA and ETA. *J Los Prev Proc Indu*. 2020;**63**(1):104025. DOI: 10.1016/j.jlp.2019.104025
25. Park J, Sung K, Li L, Choi J, Kim D, Lee SH, et al. Numerical Study of Fire Behavior Induced by Gas Leakage in Combined Cycle Power Plant. *J ILA Kor*. 2015;**20**(2):107-13. DOI: 10.15435/JILASSKR.2015.20.2.107
26. Obrenovic B, Jianguo D, Khudaykulov A, Khan MAS. Work-family conflict impact on psychological safety and psychological well-being: A job performance model. *Fron Psych*. 2020;**11**(2):475-481. PMCID: PMC7137557 DOI: 10.3389/fpsyg.2020.00475
27. Kanta L, Zechman E, Brumbelow K. Multiobjective evolutionary computation approach for redesigning water distribution systems to provide fire flows. *J Wat ResPla Mana*. 2012;**138**(2):144-52.
28. Zare A, Yazdani Rad S ,Dehghani F, Omidi F, Mohammadfam I. Assessment and analysis of studies related human error in Iran: A systematic review. *Heal Saf Work*. 2017;**7**(3):267-78.


[ Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-02-03 ]

[ DOI: 10.52547/johe.8.4.14 ]