Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 6, Issue 2, Summer 2019, Pages: 9-18

Original Article

doi: 10.52547/johe.6.2.9

A Fuzzy Multi-criteria Risk Assessment Based on Decision Matrix Technique: A Case Study in One of the Steel Industries

Ashkan Moradi[1,*], Mohadeseh Nadershahi[2]

[1] *MSc Student of Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, Kermanshah Branch, Jahad University, Kermanshah, Iran*

[2] *Instructor, Department of Industrial Engineering, Tehran Branch, Payame Noor University, Tehran, Iran*

**** Corresponding Author:** Ashkan Moradi, Department of Industrial Engineering, Kermanshah Branch, Jahad University, Kermanshah, Iran. Email: ashkanmoradi47@gmail.com*

Received: 06/05/2019
Accepted: 09/07/2019

How to Cite this Article:
Moradi A, Nadershahi M. A Fuzzy Multi-criteria Risk Assessment Based on Decision Matrix Technique: A Case Study in One of the Steel Industries. *J Occup Hyg Eng*. 2019; 6(2): 9-18. DOI: 10.52547/johe.6.2.9

Abstract

Background and Objective: Steel industries are among the most dangerous industries. Nowadays, risk assessment is of great importance in order to control them to maintain the health of the workforce. Decision matrix risk-assessment technique is a systematic approach widely used in the Occupational Health and Safety risk assessment. In this regard, the present study aimed at safety and occupational health risk assessment in one of the steel industry.

Materials and Methods: As a follow-up study used in the steel industry, the proposed risk assessment methodology was applied for hazard types in each department of the plant**.** In a typical matrix method approach, the measurement of risk value is obtained by evaluating two risk factors, including the likelihood of a hazard and severity of the hazard while it arises. In this study, the parameters of likelihood and severity related to the hazards in a steel manufacturing plant were weighted using Fuzzy Analytic Hierarchy Process, and then the priority order of various hazards was determined by Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity of an Ideal.

Results: Performing the assessments led to the identification of 66 types of hazard in 6 sections, including the hazards of the storage, hazards of the furnace, hazards of the production hall, hazards of the maintenance hall, hazards of the packing hall, and hazards of the quality control department. According to the intradepartmental ranking results of risk assessment, D4, F4, F7, PH3, PH7, MH7, P2, and QC7 were the high-risk hazards (i.e., the first ranks of each department) and required the highest level of attention. However, D1, F16, PH13, MH10, P6, and QC5 were reported with the least risk level (i.e., the last ranks of each department).

Conclusion: The fuzzy approach enables experts to use verbal variables for evaluating two factors that are the parameters of the matrix method. Therefore, in the present study, the fuzzy approach was proposed to deal with shortcomings of a crisp risk score calculation and decrease the inconsistency in decision making. Depending on the risk control hierarchy, control measures were implemented regarding the hazards placed at the top of intradepartmental rankings. The obtained results of this study enable managers to make the best decisions in order to provide and implement preventive measures based on indicators and events by the evaluation of safety performance.

Keywords: Fuzzy AHP; Fuzzy TOPSIS; Occupational Safety; Risk Assessment

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

Copyright © 2019 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.6.2.9

ارزیابی ریسک چندمعیاره فازی براساس روش ماتریس تصمیم: مطالعه موردی در ارتباط با یکی از صنایع فولاد

اشکان مرادی[۱،*]، محدثه نادرشاهی[۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، واحد کرمانشاه، جهاد دانشگاهی، کرمانشاه، ایران

[۲] مربی، گروه مهندسی صنایع، واحد تهران، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

* **نویسنده مسئول:** اشکان مرادی، گروه مهندسی صنایع، واحد کرمانشاه، جهاد دانشگاهی، کرمانشاه، ایران. ایمیل: ashkanmoradi47@gmail.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۸

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: صنایع فولاد از جمله پرمخاطره‌ترین صنایع محسوب می‌شوند. امروزه ارزیابی خطرات به‌منظور کنترل آن‌ها برای حفظ سلامت نیروی کار از اهمیت بالایی برخوردار است. روش ارزیابی ریسک ماتریس (DMRA: Decision Matrix Risk Assessment) یک رویکرد سیستماتیک کاربردی است که به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی ریسک سلامت و ایمنی شغلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این راستا، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی ریسک‌های ایمنی و بهداشت شغلی در یکی از صنایع فولاد انجام شد.

مواد و روش‌ها: به‌عنوان یک مطالعه پیگیری مورد استفاده در صنعت فولاد، از روش ارزیابی ریسک پیشنهادی برای انواع خطرات در هر بخش از کارخانه استفاده گردید. در نمونه رویکرد روش ماتریسی، اندازه‌گیری مقدار ریسک از طریق ارزیابی دو عامل ریسک یعنی احتمال خطر و شدت آن هنگام وقوع به‌دست می‌آید. در این مطالعه پارامترهای احتمال و شدت خطرات در یک کارخانه تولید فولاد با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) وزن‌دار شدند و در ادامه، ترتیب اولویت خطرات مختلف با استفاده از روش تاپسیس فازی FTOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity of an Ideal Solution) تعیین گردید.

یافته‌ها: ارزیابی‌های انجام‌شده در این مطالعه منجر به شناسایی ۶۶ نوع خطر در شش بخش شد که عبارت بودند از: خطرات انبار، خطرات کوره، خطرات سالن تولید، خطرات سالن تعمیرات، خطرات سالن بسته‌بندی و خطرات بخش کنترل کیفیت. مطابق با نتایج رتبه‌بندی درون‌بخشی ارزیابی ریسک، خطرات D4، F4، F7، PH3، PH7، MH7، P2 و QC7 خطراتی با ریسک بالا هستند (رتبه‌های اول هر بخش) و به بیشترین توجه نیاز دارند. این درحالی است که D1، F16، PH13، MH10، P6 و QC5 دارای حداقل ریسک می‌باشند (رتبه‌های آخر هر بخش).

نتیجه‌گیری: در این پژوهش رویکرد فازی که به متخصصان امکان استفاده از متغیرهای کلامی برای ارزیابی دو عاملی که پارامترهای روش ماتریس تصمیم هستند را می‌دهد، برای مقابله با نواقص و اشکالات محاسبه نمره ریسک قطعی و کاهش ناسازگاری در تصمیم‌گیری پیشنهاد شده است. در این مطالعه با توجه به سلسله‌مراتب کنترل خطر، از اقدامات کنترلی برای خطرات مستقر در رتبه اول رتبه‌بندی درون‌بخشی استفاده گردید. نتایج به‌دست‌آمده این فرصت را برای مدیران فراهم می‌کند تا بتوانند با استفاده از ارزیابی عملکرد ایمنی، بهترین تصمیم‌گیری را در رابطه با ارائه و اجرای راه‌کارها و اقدامات پیشگیرانه داشته باشند.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک؛ ایمنی شغلی؛ تاپسیس فازی؛ تحلیل سلسله‌مراتبی فازی

مقدمه

در عصر توسعه صنایع و پیشرفت تکنولوژی، کارخانجات نقش مهمی را در فرایند تولید و چرخه اقتصادی کشورها بر عهده دارند و کارگران به‌عنوان عوامل انسانی برای استفاده از تکنولوژی برتر از سرمایه‌های باارزش محسوب می‌گردند؛ از این رو حفظ و ارتقای توانایی‌های جسمانی و روانی کارگران به‌عنوان نیروی مولد محور توسعه جامعه از ضرورت‌های حتمی می‌باشد [۱]. در حقیقت، نیروی انسانی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در تولید و خدمات، همواره توسط عوامل متعددی تهدید می‌شود که یکی از مهم‌ترین آن‌ها، حوادث ناشی از کار می‌باشد [۲]. شرایط کاری خطرناک و پیچیده، پیشرفت فناوری، افزایش کاربرد ماشین‌آلات متنوع و

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

وجود انواع عوامل زیان‌آور بهداشتی، روند خطرزایی و احتمال بروز حوادث در محیط‌های کاری را افزایش داده است [۳]. آمارهای سازمان بین‌المللی کار نشان می‌دهند که به‌طور متوسط سالانه ۲۵۰ میلیون حادثه شغلی در جهان رخ می‌دهد. میزان مرگ و میر ناشی از حوادث شغلی، ۱۴ نفر در هر ۱۰۰۰۰۰ نفر می‌باشد [۴]. ارزیابی ریسک تقریباً در تمام صنایع تولیدی و خدماتی حائز اهمیت است؛ بنابراین به‌عنوان بخشی با عملیات‌های با ریسک بالا، به فرایند ارزیابی ریسک توجه زیادی معطوف می‌گردد. در این ارتباط، مطالعات متعددی با رویکردهای مختلف ارزیابی ریسک انجام شده است [۵]؛ به‌عنوان مثال Grassi و همکاران در سال ۲۰۰۹ یک مدل چندشاخصه را برای ارزیابی ریسک در شرکت تولید مورتادلا (نوعی سوسیس ایتالیایی) در ایتالیا پیشنهاد کردند. آن‌ها از تاپسیس فازی برای تعیین شاخص ریسک فعالیت‌های خطرناک استفاده نمودند. بخش اصلی مطالعه مشارکت‌های ناشی از عدم تشخیص، حساسیت نسبت به عدم اجرای تعمیر و نگهداری و حساسیت به عدم استفاده از تجهیزات حفاظتی شخصی (PPE: Personal Protective Equipment) به همراه میزان آسیب و احتمال وقوع می‌باشد. با این وجود هنگام ارزیابی وزن‌های پنج معیار، پژوهشگران مذکور از روش مقایسه زوجی بین معیارهای ریسک استفاده کردند. شایان ذکر است که آن‌ها پنج معیار را با استفاده از نظر تنها یک تحلیل‌گر، وزن‌دار نمودند. این مسأله می‌تواند منجر به ارزیابی ذهنی واقعی شود. در این مطالعه سه متخصص ایمنی شغلی (OS: Occupational Safety) با مقایسه جفتی پارامترهای ریسک به‌دست‌آمده از روش ماتریس ریسک با درنظرگرفتن الگوریتم AHP فازی بوکلی، تصمیم گروهی را اتخاذ نمودند [۶]. یکی از مهم‌ترین مسائل موجود در فرایند ارزیابی ریسک، وجود پارامترهای غیرقطعی در آن است. در این ارتباط، Yaqiang و همکاران در سال ۲۰۱۱ در مطالعات خود در رابطه با ارزیابی ریسک ایمنی، استفاده از محیط‌های فازی را پیشنهاد نمودند [۷]. یکی دیگر از مشکلاتی که در فرایند ارزیابی ریسک وجود دارد، تأثیر معیارهای مختلف بر میزان ریسک می‌باشد که لازم است این مهم در رتبه‌بندی ریسک مورد توجه قرار گیرد. در این ارتباط، امیدواری و همکاران استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری را به‌عنوان یک روش مناسب برای تعیین میزان وزن معیارها و شاخص‌های ریسک پیشنهاد نمودند [۸]. FAHP یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره براساس نظریه مجموعه فازی است که به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد. AHP قادر به تعیین سبک تفکر ذهنی نمی‌باشد؛ از این رو برای حل مسائل فازی سلسله‌مراتبی، FAHP توسعه یافته است. روش‌های FAHP زیادی وجود دارند که توسط پژوهشگران مختلف پیشنهاد شده‌اند [۹]. در این مطالعه ما از روش بوکلی (۱۹۸۵) استفاده نمودیم؛ زیرا در روش‌های دیگر محدودیت‌هایی وجود دارد؛ به‌عنوان مثال، روش تحلیل محتوا قادر به استفاده کامل از تمام اطلاعات ماتریس‌های مقایسه فازی نمی‌باشد و این مسأله می‌تواند منجر به یک وزن صفر نامعقول و مبهم برای معیارهای انتخاب شود [۱۰]. یکی دیگر از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، مدل TOPSIS یا روش‌های ترجیح براساس شباهت به راه‌حل ایده‌آل است که توسط Hwang و Yoon در سال ۱۹۸۱ برای تعیین بهترین گزینه براساس مفاهیم راه‌حل ترکیبی پیشنهاد گردید. راه‌حل ترکیبی، راه‌حلی با کوتاه‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت و دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی را انتخاب می‌کند. از آنجایی که رتبه‌بندی‌های ترجیحی معمولاً به عدم قطعیت ذهنی اشاره می‌کنند؛ در نتیجه توسعه TOPSIS برای درنظرگرفتن موقعیت اعداد فازی، طبیعی می‌باشد [۱۱]. در مطالعه حاضر از روش TOPSIS فازی پیشنهادشده توسط Chen در سال ۲۰۰۰ بهره گرفته شده است [۱۲]. با توجه به مطالب بیان‌شده، اهداف مورد بررسی در پژوهش حاضر عبارت هستند از: شناسایی خطرات موجود، رتبه‌بندی خطرات براساس دو عامل شدت و احتمال خطر (در محیط فازی)، کاهش خطرات شناسایی‌شده و ثبت نتایج.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شرکت "جهان فولاد غرب" در سال ۱۳۸۲ به‌صورت سهامی خاص تأسیس شد و در سال ۱۳۸۴ عملیات اجرایی این پروژه در ۳۵ کیلومتری کرمانشاه، در زمینی به مساحت ۶۰ هکتار با زیربنای ۲۲۰۰۰ متر مربع آغاز گردید و در اواخر سال ۱۳۸۶ به تولید آزمایشی رسید. فاز اول این مجتمع در سال ۱۳۸۷ پروانه بهره‌برداری خود را از اداره صنایع و معادن دریافت نمود و در اندک زمانی محصول تیرآهن تولیدشده توانست پروانه استاندارد ملی ایران را دریافت کند. این شرکت دارای بخش‌های مختلفی از جمله: انبار، کوره، تولید، تعمیرات و نگهداری (شامل: واحد تعمیرات، واحد برق و واحد مونتاژ)، بسته‌بندی و کنترل کیفیت می‌باشد. شرکت مجتمع جهان فولاد غرب که دارای کارکنانی به تعداد بیش از ۲۵۰ نفر می‌باشد، مجهز به سیستم نورد گرم با تکنولوژی روز دنیا بوده و از توانایی تولید محصولات تیرآهن، میلگرد، نبشی و ناودانی با ظرفیت ۳۰۰۰۰۰ تن در سال برخوردار می‌باشد.

پژوهش حاضر از نوع مطالعات توصیفی- پیمایشی است. جامعه آماری پژوهش را کارکنان، پیمانکاران، بازدیدکنندگان و تمامی افرادی که به هر نحوی به مجتمع جهان فولاد غرب رفت و آمد می‌کنند، تشکیل دادند. Main در سال ۲۰۱۲ چهار زیرمرحله را برای ارزیابی ریسک‌های اولیه تعریف کرده است. در مرحله اول، یک سیستم امتیازدهی ریسک انتخاب می‌گردد. شایان ذکر است که اغلب در مطالعات از سیستم‌های امتیازدهی مبتنی بر دو پارامتر (شدت و احتمال) همچون روش ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم استفاده می‌گردد. در مرحله دوم برای هر خطر، رتبه‌بندی شدت مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. باید خاطرنشان ساخت که شدت بر مبنای جراحت شخصی، ارزش املاک یا تجهیزات آسیب‌دیده، زیان یا ازدست‌دادن زمان کار و عواملی از این دست مورد ارزیابی قرار

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

می‌گیرد. در ادامه و در مرحله سوم، احتمال خطر ارزیابی می‌شود. باید توجه داشت که این مسأله با فرکانس یا فراوانی، مدت زمان و میزان درمعرض قرارگرفتن، آموزش و آگاهی و ویژگی‌های خطر ارتباط دارد. در نهایت، مرحله چهارم به دستیابی به سطح ریسک اولیه از سیستم امتیازدهی ریسک انتخابی اختصاص دارد. این مرحله فرایند را قادر می‌سازد تا کارآمدتر باشد؛ به‌گونه‌ای که در آن ریسک‌های مهم با استفاده از سلسله‌مراتب کنترل خطر به‌سرعت حذف می‌شوند [۱۳]. پس از اینکه کاهش ریسک انجام شد، یک ارزیابی ثانویه برای تأیید این نکته که اقدامات انتخابی، خطرات را به شکل مؤثری کاهش داده‌اند، صورت می‌گیرد. در حقیقت این مرحله، مرحله ارزیابی ریسک‌های باقی‌مانده می‌باشد. فرایند پس از این مرحله، از یک تصمیم پیروی می‌کند؛ تیم ارزیابی ریسک تصمیم گرفته است که خطرات به سطحی قابل‌قبول کاهش پیدا کنند. مرحله آخر، مرحله ثبت نتایج است [۱۴]. در فرایند ارزیابی ریسک، استفاده از یک روش مشخص می‌تواند مزایای متعددی را به همراه داشته باشد. در این ارتباط، نکته مهم نخست این است که خطرات شغلی و اقدامات اصلاحی را اثرگذارتر از اقدامات ایمنی متداول نشان می‌دهد. در این راستا لازم است به‌طور سیستماتیک از روش ارزیابی ریسک برای تعیین خطرات شغلی در محل کار بهره گرفته شود و از تجربیات کارکنان با کار تیمی بهتر استفاده گردد تا نتایج مشابهی در پایان بررسی برای هر بخش به‌دست آورده شود. شایان ذکر است که انتخاب روش ارزیابی ریسک مناسب در میان روش‌های مختلف با خروجی‌ها، مراحل و کاربردهای متفاوت از اهمیت حیاتی برخوردار می‌باشد. خروجی‌های ارزیابی ریسک با توجه به نوع روش انتخابی، متفاوت خواهد بود. در حال حاضر روش‌های ارزیابی ریسک زیادی به لحاظ برآورد ریسک‌ها، احتمال وقوع آن‌ها و اثرات احتمالی ریسک‌ها موجود می‌باشد [۱۴]. روش ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم، یک رویکرد سیستماتیک کاربردی می‌باشد که به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی ریسک سلامت، ایمنی شغلی، اندازه‌گیری و طبقه‌بندی ریسک‌ها براساس یک قضاوت آگاهانه نسبت به احتمال و شدت مورد استفاده قرار گرفته است [۱۵]. در پژوهش حاضر معیار ارزش ریسک (R) را با کمک رابطه شدت (S) و احتمال (P) به‌صورت $R=S\times P$ به‌دست آورده‌ایم. ابتدا اندازه‌گیری شدت (جدول ۱) و رتبه‌بندی احتمال (جدول ۲) با استفاده از این روش تعیین گردید و در ادامه، ماتریس ریسک و جدول تصمیم‌گیری ساخته شد (جدول ۳). سطح پذیرش ریسک‌ها نیز مطابق با جدول ۴ تفسیر گردید.

در پژوهش حاضر رویکرد فازی که به متخصصان امکان استفاده از متغیرهای کلامی برای ارزیابی دو عامل که پارامترهای تکنیک ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم هستند را می‌دهد، پیشنهاد شده است: الف. برای مقابله با نواقص و اشکالات محاسبه نمره ریسک قطعی؛ ب. به‌منظور کاهش ناسازگاری در

جدول ۱: طبقه‌بندی خطرات براساس شدت حادثه

شدت	رتبه	توصیف
ناچیز	۱	بدون ازدست‌دادن ساعات کاری و نیاز به کمک‌های اولیه
جزئی	۲	بدون ازدست‌دادن روزهای کاری؛ نیاز به کمک‌های اولیه و درمان سرپایی بدون تأثیر ماندگار
مرزی	۳	آسیب جزئی؛ نیاز به درمان در بیمارستان و بستری‌شدن
بحرانی	۴	آسیب شدید؛ نیاز به درمان و معالجه طولانی‌مدت؛ بیماری شغلی
فاجعه‌بار	۵	مرگ؛ معلولیت دائمی

جدول ۲: طبقه‌بندی خطرات براساس احتمال وقوع

احتمال	رتبه	توصیف
غیرمحتمل	۱	احتمال وقوع آن در طول عمر سیستم آنقدر پایین است که می‌توان آن را در حد صفر فرض کرد
بسیار کم	۲	احتمال وقوع آن در طول عمر سیستم بسیار کم است (یک بار در سال)؛ تنها در شرایط غیرعادی
برخی از مواقع	۳	در برخی از مواقع در طول عمر سیستم رخ می‌دهد (چند رویداد در یک سال)
محتمل	۴	چندین بار در طول عمر یک سیستم رخ می‌دهد (ماهانه)
مکرر	۵	به‌طور مکرر اتفاق می‌افتد (یک بار در هفته، هر روز)؛ در شرایط کار عادی

جدول ۳: ماتریس تصمیم ارزیابی ریسک

شدت	احتمال				
	غیرمحتمل (۱)	بسیار کم (۲)	برخی از مواقع (۳)	محتمل (۴)	مکرر (۵)
ناچیز (۱)	۱	۲	۳	۴	۵
جزئی (۲)	۲	۴	۶	۸	۱۰
مرزی (۳)	۳	۶	۹	۱۲	۱۵
بحرانی (۴)	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰
فاجعه‌بار (۵)	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

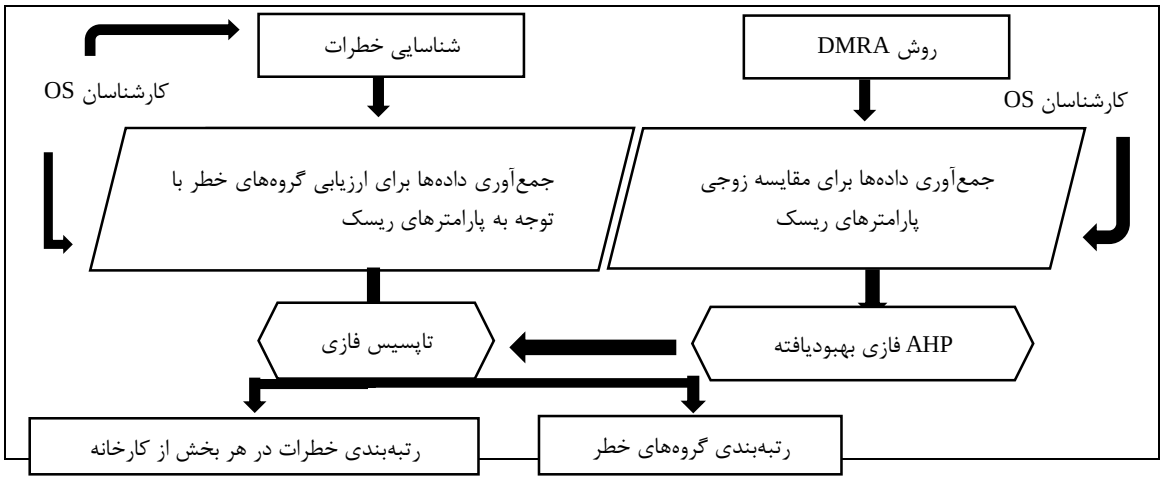
[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

جدول ۴: معیارهای تصمیم‌گیری براساس شاخص ریسک

معیار ریسک	توصیف
ریسک‌های ناچیز (۱)	نیازی به برنامه‌ریزی برای فرایندهای کنترلی به‌منظور ازبین‌بردن خطرات شناسایی‌شده و نگهداری سوابق فعالیت‌های انجام‌شده نمی‌باشد.
ریسک‌های قابل‌قبول (۲،۳،۴،۵،۶)	نیازی به برنامه‌ریزی برای فرایندهای کنترلی به‌منظور ازبین‌بردن خطرات شناسایی‌شده وجود ندارد. با این حال، کنترل‌های موجود باید نگهداری شوند و تحت نظارت باشند.
ریسک‌های متوسط (۸،۹،۱۰،۱۲)	اقدامات لازم باید برای کاهش خطرات شناسایی‌شده، عملی شوند. این احتمال وجود دارد که پیشگیری، خطر را کاهش دهد.
ریسک‌های قابل‌توجه (۱۵،۱۶،۲۰)	تا زمانی که خطرات شناسایی‌شده فوراً متوقف نگردند، کار نباید آغاز شود. اگر یک فعالیت مداوم وجود داشته باشد، باید متوقف گردد. اگر خطر مربوط به ادامه کار باشد، اقدامات احتیاطی (اورژانسی) ضروری باید انجام شود.
ریسک‌های غیرقابل‌قبول (۲۵)	تا زمانی که خطرات شناسایی‌شده به سطح قابل‌قبولی برسند، کار نباید آغاز شود. اگر یک فعالیت مداوم وجود داشته باشد، باید فوراً متوقف شود. اگر با وجود اقدامات احتیاطی (اورژانسی) امکان کاهش ریسک وجود نداشته باشد، باید از انجام فعالیت‌ها اجتناب گردد.

تصمیم‌گیری. روش ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم کلاسیک دارای محدودیت‌هایی است که ناشی از وزن معیار مساوی برای احتمال و شدت می‌باشد. انجام ارزیابی‌های مختلف در ارتباط با این معیارها ممکن است منجر به دستیابی به معانی متفاوتی شوند [۶]؛ به‌عنوان مثال این احتمال وجود دارد که خطرات با احتمال بالا و شدت پایین، هم‌سطح خطراتی با احتمال پایین و شدت بالا طبقه‌بندی شوند. روش ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم توسعه‌یافته جدید مبتنی بر روش فازی دارای مزایای می‌باشد که برخی از آن‌ها عبارت هستند از: الف. امکان تصمیم‌گیری گروهی در ارزیابی ریسک‌ها را فراهم ساخته است، ب. از اهمیت نسبی میان دو پارامتر ریسک از طریق مقایسه زوجی FAHP استفاده گردیده است، ج. در ارتباط با شدت و احتمال، غالباً سخت و دشوار است که بتوان آن‌ها را به‌طور دقیق ارزیابی نمود؛ بنابراین، در روش توسعه‌یافته از اصطلاحات کلامی استفاده شده است.

مراحل انجام این پژوهش در چهار گام به‌صورت زیر می‌باشد. پیش از هر چیز باید خاطرنشان ساخت که منطق فازی راهی برای تبدیل ابهام احساس انسانی و توانایی تصمیم‌گیری وی به فرمول ریاضی می‌باشد [۱۶]. در مرحله اول گروهی از متخصصان ایمنی شغلی، خطرات احتمالی را تشخیص دادند. در مرحله دوم ماتریس مقایسه زوجی برای دو عامل ریسک ساخته شد و از AHP فازی بهبودیافته برای تعیین اوزان این عوامل ریسک استفاده گردید. سپس، ارزیابی‌های کلامی متخصصان در رابطه با هریک از خطرات نسبت به پارامترهای ریسک، یکی شدند و بدین‌طریق مقدار متوسط به‌دست آمد. در مرحله سوم با کمک ماتریس تصمیم فازی به‌دست‌آمده، پیاده‌سازی تاپسیس فازی صورت گرفت. در فرایند تاپسیس فازی با استفاده از وزن‌های پارامترهای ریسک و ماتریس تصمیم فازی، ماتریس تصمیم فازی نرمال‌شده وزن‌دار ساخته شد؛ در نتیجه نقطه ایده‌آل مثبت FPIS (Fuzzy Positive Ideal Point)، نقطه ایده‌آل منفی FNIS (Fuzzy Negative Ideal Point) و فاصله هر خطر از FPIS و FNIS محاسبه گردید. در نهایت، در مرحله چهارم ضرایب نزدیکی تاپسیس فازی فرایندها محاسبه شد و بر مبنای ضرایب نزدیکی، ترتیب رتبه‌بندی کلیه گروه‌های خطر تعیین گردید. رتبه‌بندی خطرات برای هر بخش از کارخانه نیز به‌دست آمد. نمودار ۱، مدل ارزیابی ریسک چندمعیاره فازی پیشنهادی مبتنی بر روش ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم را نشان می‌دهد.



نمودار ۱: روش ارزیابی ریسک چندمعیاره فازی پیشنهادی

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

یافته‌ها

مطابق با نتایج حاصل از شناسایی خطرات، در مجموع ۶۶ نوع خطر در شش بخش در رابطه با عملیات‌های سلامت و ایمنی شغلی در کارخانه تولید فولاد توسط گروهی از متخصصان ایمنی شغلی شناسایی گردید. پس از شناسایی خطرات با استفاده از روش FAHP بهبودیافته، از ارزیابی‌های سه متخصص ایمنی شغلی با استفاده از متغیرهای کلامی (جدول ۵) برای تعیین اهمیت دو پارامتر ریسک (S) و (P) از طریق مقایسه زوجی بهره گرفته شد.

جدول ۵: عبارات کلامی برای تعیین وزن معیارها

اعداد فازی	مقادیر زبانی	معادل فارسی
(۲،۵/۲،۳)	Absolutely Strong (AS)	کاملاً قوی
(۳/۲،۲،۵/۲)	Very Strong (VS)	بسیار قوی
(۱،۳/۲،۲)	Strong (S)	قوی
(۱،۱،۳/۲)	Fairly Strong (FS)	نسبتاً قوی
(۱،۱،۱)	Equal (E)	برابر
(۲/۳،۱،۱)	Fairly Weak (FW)	نسبتاً ضعیف
(۱/۲،۲/۳،۱)	Weak (W)	ضعیف
(۲/۵،۱/۲،۲/۳)	Very Weak (VW)	بسیار ضعیف
(۱/۳،۲/۵،۱/۲)	Absolutely Weak (AW)	کاملاً ضعیف

جدول ۶: ارزیابی‌های متخصصان ایمنی شغلی با استفاده از متغیرهای کلامی

وزن‌های نرمال	وزن‌های فازی	شدت	احتمال	کارشناسان OS (۳-۲-۱)
۰/۴۴۷	(۰/۰،۳۴۱/۰،۴۶۶/۵۶۲)	FW-W-FW	E-E-E	احتمال
۰/۵۵۳	(۰/۰،۴۳۸/۰،۵۳۴/۷۲۳)	E-E-E	-	شدت

جدول ۷: رتبه‌بندی نهایی تاپسیس فازی

بخش	کد	توصیف خطر	c_i^*	رتبه درون‌بخشی	رتبه کلی
انبار	D1	آتش‌سوزی	۰/۳۰۳	۶	۳۳
	D2	تماس مواد شیمیایی با چشم	۰/۳۲۲	۵	۳۰
	D3	سقوط اشیا روی بدن	۰/۳۸۸	۲	۹
	D4	برق‌گرفتگی	۰/۳۹۷	۱	۶
	D5	برخورد با اجسام و موانع	۰/۳۸۱	۳	۱۰
	D6	آسیب ارگونومیک	۰/۳۶۴	۴	۱۸
کوره	F1	انفجار مربوط به کپسول هوای برش	۰/۳۰۷	۱۱	۳۲
	F2	سوختگی ناشی از گدازه‌های مذاب هنگام برش شمش	۰/۲۵۶	۱۲	۳۹
	F3	آسیب‌های چشمی در نتیجه IR هنگام برش شمش	۰/۳۸۹	۳	۸
	F4	آسیب به چشم در اثر افتادن پلیسه در چشم هنگام برش شمش	۰/۴۴۰	۱	۲
	F5	آسیب ناشی از حمل شمش با جرثقیل	۰/۳۱۷	۱۰	۳۱
	F6	شکستگی و ترومای عضو هنگام آزادسازی ناخنک دستگاه شارژ	۰/۲۰۸	۱۴	۴۳
	F7	آسیب شنوایی برای اپراتور شارژ کوره	۰/۴۴۰	۱	۲
	F8	تنش حرارتی برای اپراتورهای شارژ کوره	۰/۳۲۷	۹	۲۶
	F9	آتش‌سوزی	۰/۳۰۷	۱۱	۳۲
	F10	برق‌گرفتگی	۰/۳۳۱	۷	۲۴
	F11	نزدیک‌شدن افراد به قسمت‌های پرخطر و داغ	۰/۳۵۹	۶	۱۹
	F12	سقوط در چاله	۰/۳۷۵	۵	۱۳
	F13	آسیب به چشم در اثر اشعه IR برای اپراتور سوزن‌زن	۰/۳۲۸	۸	۲۵
	F14	تنش حرارتی برای اپراتور سوزن‌زن	۰/۳۲۷	۹	۲۶
	F15	آسیب شنوایی برای اپراتور سوزن‌زن	۰/۳۹۷	۲	۶
	F16	سوختگی هنگام جابه‌جایی شمش برگشتی	۰/۲۴۳	۱۳	۴۱
	F17	آسیب ارگونومیک	۰/۳۸۰	۴	۱۱

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

ادامه جدول ۷.

سالن تولید	PH1	آسیب به چشم در اثر اشعه IR برای اپراتور رافینگ	۰/۳۸۰	۳	۱۱
	PH2	تنش حرارتی برای اپراتور رافینگ	۰/۳۲۷	۸	۲۶
	PH3	آسیب چشمی در نتیجه پرتاب و افتادن پلیسه در چشم برای نوردکاران قسمت رافینگ	۰/۴۴۰	۱	۲
	PH4	بیماری‌های تنفسی برای نوردکاران قسمت رافینگ	۰/۳۸۰	۳	۱۱
	PH5	تنش حرارتی برای نوردکاران قسمت رافینگ	۰/۳۲۷	۸	۲۶
	PH6	آسیب به چشم در اثر اشعه IR برای نوردکاران قسمت رافینگ	۰/۳۶۸	۵	۱۶
	PH7	سقوط در چاله هنگام رفع گیر شمش در رافینگ	۰/۴۴۰	۱	۲
	PH8	خطر پیچش شمش در نتیجه خواب‌آلودگی اپراتور	۰/۳۶۵	۶	۱۷
	PH9	خطر پیچش شمش در نتیجه خراب‌شدن بلبرینگ	۰/۳۲۴	۹	۲۸
	PH10	آتش‌سوزی در نتیجه روغن هیدرولیک	۰/۳۷۹	۴	۱۲
	PH11	سقوط از ارتفاع هنگام تغییر کالیبر	۰/۳۸۹	۲	۸
	PH12	سقوط اجسام روی سر کارکنان کمکی هنگام تغییر کالیبر	۰/۳۴۲	۷	۲۲
	PH13	شکستگی اندام‌های بدن ناشی از لیزخوردن هنگام گریس‌کاری	۰/۲۶۰	۱۰	۳۷
	PH14	آسیب ارگونومیک	۰/۳۸۰	۳	۱۱
سالن تعمیرات	MH1	آسیب به چشم ناشی از اشعه UV هنگام جوشکاری	۰/۳۷۵	۳	۱۳
	MH2	سوختگی در سطح بدن هنگام جوشکاری	۰/۳۲۳	۸	۲۹
	MH3	شوک الکتریکی و برق‌گرفتگی هنگام جوشکاری	۰/۳۰۷	۹	۳۲
	MH4	بیماری‌های تنفسی ناشی از استنشاق فیوم فلزی هنگام جوشکاری	۰/۳۴۰	۶	۲۳
	MH5	آسیب اسکلتی- عضلانی ناشی از فشار زیاد یا ضربه هنگام حمل دستی بار	۰/۳۸۰	۲	۱۱
	MH6	نقص عضو و ازکارافتادگی در نتیجه شکستن سنگ فرز	۰/۳۲۶	۷	۲۷
	MH7	نقص عضو و ازکارافتادگی در نتیجه پرتاب قطعه و برخورد با افراد هنگام کار با دستگاه پرس	۰/۳۹۰	۱	۷
	MH8	آتش‌سوزی	۰/۳۵۲	۴	۲۰
	MH9	برق‌گرفتگی	۰/۳۲۶	۷	۲۷
	MH10	بیماری‌های پوستی ناشی از تماس مواد نفتی با پوست	۰/۱۵۹	۱۱	۴۴
	MH11	ازدست‌دادن اندام‌های بدن در نتیجه گیرکردن لباس و اعضای بدن در قسمت‌های متحرک هنگام گریس‌کاری	۰/۳۷۵	۳	۱۳
	MH12	سوختگی ناشی از برخورد با اجسام داغ و آب استند هنگام گریس‌کاری	۰/۳۲۶	۷	۲۷
	MH13	سقوط از ارتفاع هنگام عملیات مونتاژ و گوه‌زنی	۰/۳۵۰	۵	۲۱
	MH14	سقوط تجهیزات هنگام عملیات مونتاژ و گوه‌زنی	۰/۲۴۵	۱۰	۴۰
سالن بسته‌بندی	P1	آسیب شنوایی برای کارگر بسته‌بندی	۰/۳۸۰	۳	۱۱
	P2	ازدست‌دادن اندام‌های بدن در نتیجه گیرکردن لباس و اعضای بدن در ماشین‌های دوار	۰/۴۰۹	۱	۴
	P3	ازدست‌دادن اندام‌های بدن در نتیجه قرارگرفتن شخص بین اتو و میز بسته‌بندی و برخورد با بدن	۰/۳۷۲	۴	۱۴
	P4	اختلالات اسکلتی- عضلانی در نتیجه فشار فیزیکی	۰/۴۰۳	۲	۵
	P5	آسیب ناشی از سقوط بار از جرثقیل	۰/۲۹۰	۵	۳۴
	P6	آسیب ناشی از برخورد جرثقیل با کارکنان	۰/۲۳۷	۸	۴۲
	P7	آسیب ناشی از برخورد تریلر با کارکنان	۰/۲۶۷	۶	۳۶
	P8	آسیب ناشی از سقوط بار روی تریلر	۰/۲۵۷	۷	۳۸
کنترل کیفیت	QC1	آسیب چشمی در نتیجه پرتاب پلیسه در چشم هنگام نمونه‌برداری	۰/۴۱۰	۲	۳
	QC2	آسیب‌های ریوی و بیماری‌های تنفسی در نتیجه استنشاق اکسید آهن	۰/۳۹۰	۳	۷
	QC3	تنش حرارتی هنگام نمونه‌برداری	۰/۳۷۰	۵	۱۵
	QC4	آسیب شنوایی در نتیجه سر و صدای زیاد	۰/۳۸۸	۴	۹
	QC5	سوختگی ناشی از تماس با اجسام داغ هنگام نمونه‌برداری	۰/۳۲۶	۷	۲۷
	QC6	آسیب چشمی در نتیجه اشعه IR هنگام اندازه‌گیری	۰/۲۸۵	۶	۳۵
	QC7	سوختگی ناشی از تماس با اجسام داغ هنگام اندازه‌گیری	۰/۴۵۰	۱	۱

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

ارزیابی‌ها به شکل متغیرهای کلامی در جدول ۶ نشان داده شده‌اند؛ به‌عنوان مثال هنگام مقایسه پارامترهای ریسک، احتمال و شدت آن، پاسخ‌های سه متخصص به‌ترتیب "نسبتاً ضعیف (FW)، ضعیف (W) و نسبتاً ضعیف (FW)" می‌باشد. پس از استفاده از FAHP، وزن پارامترهای ریسک به‌ترتیب برای شدت و احتمال معادل ۰/۵۵۳ و ۰/۴۴۷ به‌دست آمد.

در ادامه با استفاده از وزن پارامترهای ریسک به‌دست‌آمده توسط FAHP بهبودیافته و ارزیابی‌های فازی هر پارامتر ریسک نسبت به گروه‌های خطر، از تاپسیس فازی استفاده گردید. در این پژوهش متخصصان ایمنی شغلی، گروه‌های خطر را با استفاده از متغیرهای کلامی مورد ارزیابی قرار دادند که به تفکیک در جدول ۷ ارائه شده‌اند. ارزیابی‌های متخصصان ایمنی شغلی توسط متغیرهای کلامی برای پارامترهای ریسک نسبت به ۶۶ گروه خطر به‌صورت متفاوت انجام شد. سپس، مراحل تاپسیس فازی به اجرا درآمد که مطابق با این روش، گروه دارای بالاترین خطر، گروهی با کوتاه‌ترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل مثبت فازی و دورترین فاصله از راه‌حل ایده‌آل منفی فازی می‌باشد. در رابطه با نتایج به‌دست‌آمده باید گفت که رتبه‌بندی خطرات این‌گونه انجام شده است که نزدیک‌ترین مقدار C_i^* به ۱ به‌عنوان بالاترین ریسک رتبه‌بندی‌شده شناخته شده است. این درحالی می‌باشد که ریسک‌هایی با دورترین مقدار C_i^* از ۱ در پایین‌ترین رتبه ریسک جای گرفته‌اند. راه‌کارهای عملی برای ریسک‌هایی که در رتبه اول هر بخش قرار گرفته‌اند، در جدول ۸ قابل‌مشاهده می‌باشد.

جدول ۸: راه‌کارهای عملی جهت بهبود سطح ریسک‌ها

خطر	اقدامات کنترلی
D4	ناشی از اتصال کابل‌های برق‌دار با قفسه‌ها است. در این راستا می‌بایست اقدامات کنترلی در مورد داکت‌بندی و حفاظ‌گذاری تمامی سیستم‌های روشنایی و برق‌رسانی انبار صورت گیرد.
F4	ناشی از افتادن پلیسه در چشم می‌باشد. اقدام کنترلی آن به این صورت است که باید اپراتور مورد نظر به عینک مخصوص IR و محافظ صورت مجهز شود.
F7	ناشی از صدای زیاد کوره بوده و اقدامات کنترلی زیر باید برای آن انجام شود: تجهیز اپراتور به گوش‌گیرهای مناسب صنعتی، کنترل اپراتور به‌منظور استفاده منظم از گوش‌گیرها، ساخت اتاقک
PH7	ناشی از معیوب‌بودن حفاظ دریچه‌ها و خرابی آن‌ها می‌باشد. در این ارتباط لازم است اقدامات کنترلی در مورد نصب و سالم‌بودن حفاظ‌های دریچه و تعمیر به‌موقع آن‌ها صورت گیرد.
MH7	ناشی از پرتاب قطعه و برخورد با افراد هنگام کار با دستگاه پرس می‌باشد. در این راستا لازم است اقدامات کنترلی در مورد ایجاد حفاظ برای قسمتی از دستگاه که اپراتور پشت آن قرار گرفته است، صورت گیرد.
P2	ناشی از گیرکردن لباس و اعضای بدن در ماشین‌های دوار بوده و اقدام کنترلی آن به این صورت است که باید آموزش ایمنی در مورد استفاده از لباس مناسب به کارکنان ارائه شود و نکات ایمنی توسط کارکنان رعایت گردد.
QC7	ناشی از تماس با اجسام داغ می‌باشد. اقدام کنترلی در مورد این خطر به این صورت است که کارکنان می‌بایست به استفاده از دستکش ایمنی مجهز شوند.

بحث

در طول ۵۰ سال گذشته تغییرات قابل‌توجهی در مواد، فرایندها و نوع فعالیت‌ها در صنایع فولادی صورت گرفته است. تنوع مواد و محصولات فولادی مورد استفاده در بازار، اثرات و پیامدهای محیطی و اجتماعی و حوادث شیمیایی در این صنایع موجب شده است که از نظر عموم، این صنایع به‌عنوان یکی از خطرناک‌ترین صنایع اثرگذار بر مؤلفه‌های محیط زیست محسوب شوند. بروز حوادث در فرایندهای شیمیایی که به وقوع فجایع انسانی و محیطی می‌انجامد، متخصصان را بر آن داشته است که برای برآورد تواتر و پیامد این‌گونه حوادث به رهیافت‌های احتمال‌گرا روی آورند؛ از این رو لازم است قبل از بروز حادثه به‌منظور کنترل فرکانس و شدت آن برنامه‌ریزی شود [۱۷]. مطابق با نتایج رتبه‌بندی درون‌بخشی ارزیابی ریسک، خطرات D4، F4، F7، PH3، PH7، MH7، P2 و QC7 خطراتی با ریسک بالا به شمار می‌روند (رتبه‌های اول هر بخش) و به بیشترین توجه نیاز دارند. این درحالی است که D1، F16، PH13، MH10، P6 و QC5 دارای حداقل ریسک بودند (رتبه‌های آخر هر بخش). در این راستا در مطالعه Kang و همکاران در سال ۲۰۱۴، مدل ارزیابی ریسک برای محدوده مخازن ذخیره‌سازی نفت براساس نظریه دو نوع خطر ارائه گردید (خطرات ذاتی و خطرات قابل‌کنترل). شایان ذکر است که خطرات ذاتی با استفاده از روش خطرات اصلی (براساس احتمال و شدت حوادث) مورد ارزیابی قرار گرفتند. عوامل ریسک خطرات قابل‌کنترل نیز با استفاده از تحلیل درخت خطا (FTA: Fault Tree Analysis) شناسایی شدند. علاوه‌براین، وزن‌های عوامل با استفاده از AHP تعیین گردیدند. در ادامه، حالت ارزیابی جامع فازی برای خطرات قابل‌کنترل مشخص شد و از روش ماتریس ریسک 5x5 برای تعیین رتبه ریسک محدوده مخازن ذخیره‌سازی نفت استفاده گردید. در مدل پیشنهادی، روش‌های

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]
[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

خطرات اصلی، AHP، ارزیابی جامع فازی و ماتریس ریسک 5x5 با یکدیگر ترکیب شده‌اند [۱۸]. در این ارتباط مهدوری و همکاران در سال ۱۳۹۳، ۸۶ خطر را با استفاده از تاپسیس فازی در مورد ذخایر زغال سنگ کرمان شناسایی و رتبه‌بندی نمودند. آن‌ها ریسک‌ها را به ۱۲ گروه مختلف از جمله ریسک‌های ژئومکانیکی، ژئوشیمیایی و محیط زیستی دسته‌بندی کردند و اقدامات کنترلی را در پایان مطالعه مطرح نمودند [۱۹]. John و همکاران نیز در سال ۲۰۱۴، روش ارزیابی ریسک فازی در عملیات دریایی با استفاده از FAHP، روش استدلال مبتنی بر مدارک و شواهد، نظریه مجموعه فازی و مطلوبیت مورد انتظار را پیشنهاد کردند. این پژوهشگران از روش FAHP برای وزن‌دارکردن عوامل ریسک استفاده نمودند. این درحالی است که از روش استدلال مبتنی بر مدارک و شواهد برای ترکیب آن‌ها بهره گرفتند [۲۰]. با مرور ادبیات پژوهش می‌توان گفت که مطالعه حاضر از جنبه‌هایی به پژوهش مربوط به مدل‌های ارزیابی ریسک مرتبط با روش‌های MCDM (Multiple Criteria Decision Making) فازی کمک نموده است: الف. یک روش MCDM فازی ترکیبی را پیشنهاد داده است که از موانع و اشکالات محاسبه نمره ریسک قطعی، اجتناب کرده و ناسازگاری در تصمیم‌گیری را کاهش می‌دهد، ب. ارزیابی پارامترهای ریسک و رتبه‌بندی خطر توسط سه متخصص مجرب OS با رضایت کامل انجام شده است، ج. صرف نظر از رویکرد DMRA کلاسیک، متخصصان وزن معیارها را به شیوه مقایسه زوجی AHP فازی بوکلی اختصاص داده‌اند.

نتیجه‌گیری

روش ارزیابی ریسک چندمعیاره فازی که به متخصصان ایمنی شغلی امکان استفاده از متغیرهای کلامی برای ارزیابی دو معیار که پارامترهای تکنیک ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم هستند را می‌دهد، برای مقابله با موانع و اشکالات محاسبه نمره ریسک قطعی و کاهش ناسازگاری در تصمیم‌گیری پیشنهاد شده است. در این مطالعه پارامترهای احتمال و شدت مرتبط با خطرات یک کارخانه تولید فولاد با استفاده از روش FAHP وزن‌دار شدند. در ادامه، ۶۶ نوع خطر مختلف در شش بخش شناسایی گردیدند و با استفاده از روش تاپسیس فازی رتبه‌بندی شدند. مطابق با نتایج رتبه‌بندی درون‌بخشی ارزیابی ریسک، خطرات D4، F4، F7، PH3، PH7، MH7، P2 و QC7 خطراتی با ریسک بالا هستند (رتبه‌های اول هر بخش). شایان ذکر است که رتبه‌بندی کلی در ارتباط با مقادیر c_i^* برای هر خطر به‌دست آمد و بر این اساس به‌منظور مدیریت خطرات و پیشنهاد معیارهای کنترل مناسب، یک گروه‌بندی نسبت به مقدار c_i^* پیشنهاد گردید. باید توجه داشت که مدیریت ریسک قادر به رفع کلیه ریسک‌ها به‌طور همزمان نبوده و تنها می‌تواند راه‌کارهای مناسب برای مدیریت آن‌ها را پیشنهاد کند؛ بنابراین پس از شناسایی، تحلیل و ارزیابی ریسک‌ها، هریک باید کنترل شده و یا حذف گردند. لازم به ذکر است که اگر این امکان وجود نداشته باشد، باید آن‌ها را به یک سطح قابل‌قبول کاهش داد [۱۹]. در این پژوهش از رویکرد ترکیبی FAHP-TOPSIS فازی برای رتبه‌بندی خطرات با استفاده از اعداد فازی منطبق با موارد دنیای واقعی به‌جای اعداد قطعی استفاده نمودیم. ذکر این نکته ضرورت دارد که برای کاهش ریسک، سلسله‌مراتب کنترل خطر مورد نیاز می‌باشد. ترتیب سلسله‌مراتب کنترل به تعیین معیارهای آن به‌منظور مدیریت ریسک‌های مختلف در کارخانه کمک می‌کند. این ترتیب به‌عنوان مؤثرترین راه برای کنترل معیارهای خطر محسوب می‌شود. اگر بهترین معیار کنترل ممکن نباشد، آنگاه از معیارهای دیگر برای کاهش آن‌ها استفاده می‌شود. با توجه به سلسله‌مراتب کنترل خطر، اقدامات کنترلی برای خطراتی که در جایگاه نخست رتبه‌بندی‌های درون‌بخشی توسط کارشناسان ایمنی شغلی قرار گرفته‌اند، مشخص گردید. باید توجه داشت که مدیریت ریسک، یک بازنگری مداوم از فرایندها می‌باشد. معیارهایی که ممکن است بر امتیاز ریسک تأثیر بگذارند ممکن است در طول زمان تغییر کنند؛ بنابراین، لازم است کارشناسان ایمنی شغلی و مدیریت ارشد بر ریسک‌ها در دوره‌های منظم، نظارت و کنترل داشته باشند. به‌عنوان یک پیشنهاد برای آینده، توسعه روش‌های ترکیبی جدید ارزیابی ریسک چندمعیاره فازی که متشکل از روش‌های شناخته‌شده MCDM (از جمله ANP (Atrial Natriuretic Peptide)، VIKOR (Vlse Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje)، PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations) و غیره) است، می‌تواند ذینفعان صنعت فولاد را نسبت به جلوگیری مؤثرتر از خطرات بیشتر، توانمند سازد. شایان ذکر است که رویکرد فازی پیشنهادشده می‌تواند به‌راحتی در ارتباط با سایر صنایع تولیدی غیر از صنعت فولاد مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی صنایع، گرایش بهینه‌سازی سیستم‌ها می‌باشد. بدین‌وسیله از تمامی افرادی که نویسندگان را در راستای انجام این پژوهش یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Zarei E, Sarsangi V, Falah H, Gholami A, Miri SS, Mortazavi A, et al. Risk Assessment of different units in brake pads manufacture by using Frank Morgan method. *J Neyshabur Univ Med Sci*. 2014;**2**(2):32-6.[Persian]
2. Abootorabi SM, Mehrno H, Omidvari M. Proposing a model for safety risk assessment in the construction industry using gray multi-criterion decision-making. *Health Saf Work*. 2014;**4**(3):67-74. [Persian]
3. Shahraki AR, Moradi M. Risk evaluation in the workplace using fuzzy multi-criteria model. *Iran Occup Health*.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]

2013;**10**(4):43-54. [Persian]
4. Mohammadfam I, Zokaei HR, Simaei N. Assessment of the costs of fatal occupational accidents in Tehran. *Feyz J*. 2007;**11**(1):61-6. [Persian]
5. Marhavilas PK, Koulouriotis DE. A risk-estimation methodological framework using quantitative assessment techniques and real accidents' data: application in an aluminum extrusion industry. *J Loss Prev Proc Indust*. 2008;**21**(6):596-603. DOI: 10.1016/j.jlp.2008.04.009
6. Grassi A, Gamberini R, Mora C, Rimini B. A fuzzy multi-attribute model for risk evaluation in workplaces. *Saf Sci*. 2009;**47**(5):707-16. DOI: 10.1016/j.ssci.2008.10.002
7. Yaqiong L, Man LK, Zhang W. Fuzzy theory applied in quality management of distributed manufacturing system: A literature review and classification. *Eng Appl Artific Intellig*. 2011;**24**(2):266-77. DOI: 10.1016/j.engappai.2010.10.008
8. Omidvari M, Mansouri N, Nouri J. A pattern of fire risk assessment and emergency management in educational center laboratories. *Saf Sci*. 2015;**73**:34-42. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.11.003
9. Buckley JJ. Fuzzy hierarchical analysis. *Fuzzy Sets Syst*. 1985;**17**(3):233-47. DOI: 10.1016/0165-0114(85)90090-9
10. Chan HK, Wang X. Fuzzy extent analysis for food risk assessment. *Fuzzy Hierarch Model Risk Assess*. 2013;**5**:89-114. DOI: 10.1007/978-1-4471-5043-5_6
11. Tzeng GH, Huang JJ. Multiple attribute decision making: methods and applications. Florida: Chapman and Hall/CRC; 2011.
12. Chen CT. Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets Syst*. 2000; **114**(1):1-9. DOI: 10.1016/S0165-0114(97)00377-1
13. Main BW. Risk assessment. Ann Arbor: Design Safety Engineering, Inc; 2012.
14. Marhavilas PK, Koulouriotis D, Gemeni V. Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009. *J Loss Prev Proc Indust*. 2011;**24**(5):477-523. DOI: 10.1016/j.jlp.2011.03.004
15. Ceylan H, Başhelvacı V. Risk analysis with risk assessment matrix method: an application. *Int J Eng Res Dev*. 2011; **3**(2):25-33.
16. Kutlu AC, Ekmekçioğlu M. Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Exp Syst Appl*. 2012;**39**(1):61-7. DOI: 10.1016/j.eswa.2011.06.044
17. Allahyari T. Risk analysis and risk assessment in chemical processes. Tehran: Fanavaran; 2006. [Persian]
18. Kang J, Liang W, Zhang L, Lu Z, Liu D, Yin W, et al. A new risk evaluation method for oil storage tank zones based on the theory of two types of hazards. *J Loss Prev Proc Indust*. 2014;**29**:267-76. DOI: 10.1016/j.jlp.2014.03.007
19. Mahdevari S, Shahriar K, Esfahanipour A. Human health and safety risks management in underground coal mines using fuzzy TOPSIS. *Sci Total Environ*. 2014;**488**:85-99. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.04.076
20. John A, Paraskevadakis D, Bury A, Yang Z, Riahi R, Wang J. An integrated fuzzy risk assessment for seaport operations. *Saf Sci*. 2014;**68**:180-94. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.04.001

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-13]

[DOI: 10.52547/johe.6.2.9]