

Risk Assessment in Energy Trace and Barrier Analysis using TOPSIS in Steelmaking plant of Iran National Steel Industrial Group

Somayeh Behbahani¹, Soolmaz Dashti^{2,*}

¹ Department of Environmental Management, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

² Assistant Professor, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

* **Corresponding Author:** Soolmaz Dashti, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
Email: soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir; solmazdashti@gmail.com

Abstract

Received: 19/12/2017

Accepted: 03/11/2018

How to Cite this Article:

Behbahani S, Dashti S. Risk Assessment in Energy Trace and Barrier Analysis using TOPSIS in Steelmaking plant of Iran National Steel Industrial Group. *J Occup Hyg Eng.* 2018; 5(3): 25-34. DOI: 10.21859/johe.5.3.25

Background and Objective: Steel manufacturing industry is one of the most dangerous industries worldwide because the steel mill workers are vulnerable to a big deal of hazards regarding the job nature. This study evaluated the risk levels in the steel manufacturing unit of Iran National Steel Industrial Group in 2017.

Materials and Methods: Energy trace and barrier analysis were used in order to identify the risks.

The data were collected with the help of observation, interviews with workers and experts, questionnaires as well as accidents records in the safety unit. Pairwise Comparison was done and the probability of occurrence of various risk factors was determined by "Fuzzy analytical hierarchy process solver". The obtained score was considered as the risk occurrence probability value. The incident intensity and the controlling systems were also scored. Then, the risks were prioritized based on three factors, namely incident intensity, the probability of occurrence, and control systems using "BT TOPSIS Solver".

Results: According to the results, 27 risk factors were specified in terms of safety, health, and the environment. Exposure to the molten materials and gas consumption were ranked the highest (0.9001) and lowest (0.0263), respectively. In addition, the results were categorized based on four risk levels of the high (44%), serious (41%), and medium and low (15%).

Conclusion: The most important sorts of energies in steelmaking plant are chemical, heat, and potential. With regard to the risk assessment, safety risks are ranked the highest in terms of priority compared to the health and environmental risks in the steel manufacturing plant. The administrative solutions were proposed to control and reduce the risks.

Keywords: Energy Trace and Barrier Analysis; Fuzzy Analytical Hierarchy Process; Risk Assessment; Steelmaking; TOPSIS

ارزیابی ریسک به روش ردیابی انرژی و آنالیز موانع (ETBA) با استفاده از TOPSIS در واحد فولادسازی شرکت گروه ملی صنعتی فولاد ایران

سمیه بهبهانی^۱، سولماز دشتی^{۲*}

^۱ گروه مدیریت محیط زیست (HSE)، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

^۲ استادیار، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

* نویسنده مسئول: سولماز دشتی، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

ایمیل: solmazdashti@gmail.com؛ soolmazdashti@iauh.ac.ir

چکیده

سابقه و هدف: صنعت فولادسازی و ریخته‌گری یکی از پرخطرترین صنایع موجود می‌باشد؛ زیرا کارگران با توجه به ماهیت کار با بسیاری از خطرات مواجه هستند. در این ارتباط، پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۶ با هدف ارزیابی ریسک‌های ایمنی، بهداشت و محیط زیست در جهت کنترل خطرات احتمالی در واحد فولادسازی گروه ملی صنعتی فولاد ایران انجام شد.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۲۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۲

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

مواد و روش‌ها: به منظور شناسایی خطرات از تکنیک ردیابی انرژی و آنالیز موانع (ETBA) (Energy Trace and Barrier Analysis) استفاده گردید. در فرایند جمع‌آوری اطلاعات نیز از روش‌های مشاهده، مصاحبه با کارگران و کارشناسان، پرسشنامه و سوابق حوادث ثبت‌شده در واحد ایمنی بهره گرفته شد. با انجام مقایسات زوجی، احتمال وقوع ریسک‌ها به روش FAHP (Fuzzy Analytic Hierarchy Process) وزن‌دهی شدند و این وزن به‌عنوان نمره احتمال وقوع ریسک منظور گردید. شدت پیامد و سیستم‌های کنترل موجود نیز در پرسشنامه‌ها نمره‌دهی گردیدند. در ادامه، ریسک‌ها براساس سه شاخص (شدت اثر، احتمال وقوع و سیستم‌های کنترل و نظارت) با روش TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) اولویت‌بندی شدند.

یافته‌ها: ۲۷ خطر در سه گروه ریسک‌های ایمنی، بهداشت و محیط زیست شناسایی شدند که پرتاب مذاب با ضریب نزدیکی ۰/۹۰۰۱ در اولویت اول و مصرف گاز با ضریب نزدیکی ۰/۰۲۶۸ در اولویت آخر قرار گرفت. در ادامه، نتایج در چهار سطح (زیاد، جدی، متوسط و کم) دسته‌بندی گردیدند که ۴۴ درصد از آن‌ها از ریسک‌های زیاد و جدی، ۴۱ درصد ریسک متوسط و ۱۵ درصد از ریسک‌های کم بودند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان دادند که مهم‌ترین انرژی‌های موجود در واحد فولادسازی، انرژی شیمیایی، گرمایی و پتانسیل می‌باشند. همچنین، ارزیابی ریسک‌ها گویای آن بودند که ریسک‌های ایمنی موجود در کارخانه فولادسازی در اولویت بالاتری نسبت به ریسک‌های بهداشتی و زیست محیطی قرار دارند. در نهایت، راه کارهای مدیریتی جهت کنترل و کاهش ریسک‌ها ارائه شد.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک؛ فولادسازی؛ ETBA؛ FAHP؛ TOPSIS

مقدمه

جهت پیشگیری از وقوع حوادث، ابتدا باید دلایل آن‌ها را بررسی و پردازش نمود تا از تکرار حوادث مشابه جلوگیری شود. ارزیابی ریسک یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل هدفمند خطرات در صنعت می‌باشد. در این ارتباط، Pinto و همکاران در سال ۲۰۱۴ در مطالعه خود خاطر نشان ساختند که مدیریت ریسک یکی از مهم‌ترین ابزارهای تعیین استراتژی‌های کنترل است که باید در سطوح مختلف یک فرایند کاری بررسی

کارخانه‌های فولاد از صنایعی هستند که انجام روش‌های کاری ایمن در آن‌ها اهمیت دارد؛ زیرا با توجه به ماهیت کار، کارگران با خطرات بسیاری مواجه هستند. در محیط کار این نوع صنعت همیشه خطر جراحات و سوختگی وجود دارد. آمار منتشرشده توسط مرکز بیمه سوئد نشان می‌دهد که کارگران صنایع فلز در معرض بیشترین تعداد حوادث سالانه (۲۰۱۰-۲۰۰۶) در مقایسه با سایر مشاغل قرار دارند [۱].

گردد [۲].

درخت خطا) برگرفته شده است. عدم وجود حفاظ یا هرگونه نقص در طراحی یا عملکرد موانع می‌تواند موجب مواجهه اهداف با انرژی‌های خطرناک شده و در نهایت منجر به وقوع یک حادثه گردد [۷].

یکی از مهم‌ترین مسائل موجود در فرایند ارزیابی ریسک، وجود پارامترهای غیرقطعی در آن است. در این ارتباط، Yaqiang و همکاران در سال ۲۰۱۱ پیرو مطالعات خود در رابطه با ارزیابی ریسک ایمنی، استفاده از محیط‌های فازی را پیشنهاد نمودند [۸]. یکی دیگر از مشکلاتی که در فرایند ارزیابی ریسک وجود دارد، تأثیر معیارهای مختلف بر میزان ریسک می‌باشد که لازم است در رتبه‌بندی آن مدنظر قرار گیرد. در این رابطه، امیدواری و همکاران استفاده از ابزارهای تصمیم‌گیری را به‌عنوان یک روش مناسب برای تعیین میزان وزن معیارها و شاخص‌های ریسک پیشنهاد نموده‌اند [۹]. از جمله مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره موجود، مدل TOPSIS می‌باشد که توسط Santos Reyes و همکاران طی مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰ عنوان نمودند که یکی از مهم‌ترین روش‌های ارزیابی ریسک در فرایندهای صنعتی، ارزیابی سیستم‌های کنترلی به‌کاررفته در این فرایندها می‌باشد که در روش ETBA مورد توجه قرار گرفته است؛ از این رو، در مطالعه خود به مناسب‌بودن روش ETBA جهت ارزیابی ریسک ایمنی در صنایع مختلف اشاره نموده‌اند [۴]. Maiti و Mandal در سال ۲۰۱۴ در مطالعه خود اظهار نمودند که در کنترل ریسک‌های ایمنی به‌جای اینکه فقط به خطاها و عوامل انسانی پرداخته شود، بهتر است به منابع انرژی و لایه‌های کنترلی آن توجه گردد تا بتوان به روش‌های کنترلی اثربخش‌تری دست یافت. در مطالعه مذکور نیز به کاربرد ETBA در کنترل ریسک‌ها اشاره شده است. همچنین در این مطالعه بیان شده است که با کنترل منابع انرژی می‌توان بخش بزرگی از حوادث را کنترل نمود [۵]. از سوی دیگر، جمشیدی و همکاران در سال ۲۰۱۳ طی پژوهشی به ارائه مدل پیشنهادی جهت افزایش ایمنی پرداختند و بیان نمودند که روش‌های فراوانی برای ارزیابی ریسک معرفی شده‌اند که هرکدام بر یک پارامتر از ریسک تأکید می‌کنند. آن‌ها معتقد هستند که روش‌هایی مانند ETBA قادر می‌باشند با ارزیابی یک سیستم مانند سیستم‌های انرژی و ردیابی انتقال انرژی، راه‌های کنترلی بهتری را برای کنترل خطرات ارائه نمایند [۶].

روش ردیابی انرژی و واکاوای حفاظها (ETBA) یکی از ساده‌ترین اشکال بسط‌یافته مدل انرژی می‌باشد که براساس این منطق شکل گرفته است که خسارت ناشی از حادثه در اثر تبادلات ناخواسته‌ای که در جریان عبور انرژی از حفاظ به درون سیستم در معرض تماس رخ می‌دهند، به وجود می‌آید. این روش که به‌عنوان ابزاری جهت تجزیه و تحلیل اصولی دلایل حوادث مورد استفاده قرار می‌گیرد، در اصل از تکنیک (پایش مدیریتی و

یکی از روش‌های ارزیابی ریسک که کاربرد زیادی دارد، ETBA است. Ericson در سال ۲۰۰۵ طی مطالعه‌ای روش ETBA را به‌عنوان یک روش مناسب برای شناسایی خطر معرفی نمود. در این پژوهش اشاره شده است که در این روش چهار پارامتر در هر سیستم مورد ارزیابی، مدنظر قرار می‌گیرند که عبارت هستند از: منبع یا منابع انرژی در سیستم، متناسب‌بودن موانع موجود در مسیر انرژی‌ها، تعامل عامل انسانی یا سیستم و اهداف نهایی انرژی ناخواسته یا کنترل‌نشده (اهداف نهایی ممکن است افراد یا اشیا باشند) [۳]. روش ETBA به‌منظور شناسایی دلایلی که ممکن است به بروز یک حادثه یا ضایعه کمک کنند، بسیار مفید می‌باشد [۲]. Ericson بر این باور است که روش ETBA برای ارزیابی قابلیت اطمینان و صحت روش‌های کنترلی خطرات که در یک سیستم به‌کار رفته‌اند کاربرد دارد [۳].

در این راستا، Santos Reyes و همکاران طی مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۰ عنوان نمودند که یکی از مهم‌ترین روش‌های ارزیابی ریسک در فرایندهای صنعتی، ارزیابی سیستم‌های کنترلی به‌کاررفته در این فرایندها می‌باشد که در روش ETBA مورد توجه قرار گرفته است؛ از این رو، در مطالعه خود به مناسب‌بودن روش ETBA جهت ارزیابی ریسک ایمنی در صنایع مختلف اشاره نموده‌اند [۴]. Maiti و Mandal در سال ۲۰۱۴ در مطالعه خود اظهار نمودند که در کنترل ریسک‌های ایمنی به‌جای اینکه فقط به خطاها و عوامل انسانی پرداخته شود، بهتر است به منابع انرژی و لایه‌های کنترلی آن توجه گردد تا بتوان به روش‌های کنترلی اثربخش‌تری دست یافت. در مطالعه مذکور نیز به کاربرد ETBA در کنترل ریسک‌ها اشاره شده است. همچنین در این مطالعه بیان شده است که با کنترل منابع انرژی می‌توان بخش بزرگی از حوادث را کنترل نمود [۵]. از سوی دیگر، جمشیدی و همکاران در سال ۲۰۱۳ طی پژوهشی به ارائه مدل پیشنهادی جهت افزایش ایمنی پرداختند و بیان نمودند که روش‌های فراوانی برای ارزیابی ریسک معرفی شده‌اند که هرکدام بر یک پارامتر از ریسک تأکید می‌کنند. آن‌ها معتقد هستند که روش‌هایی مانند ETBA قادر می‌باشند با ارزیابی یک سیستم مانند سیستم‌های انرژی و ردیابی انتقال انرژی، راه‌های کنترلی بهتری را برای کنترل خطرات ارائه نمایند [۶].

روش ردیابی انرژی و واکاوای حفاظها (ETBA) یکی از ساده‌ترین اشکال بسط‌یافته مدل انرژی می‌باشد که براساس این منطق شکل گرفته است که خسارت ناشی از حادثه در اثر تبادلات ناخواسته‌ای که در جریان عبور انرژی از حفاظ به درون سیستم در معرض تماس رخ می‌دهند، به وجود می‌آید. این روش که به‌عنوان ابزاری جهت تجزیه و تحلیل اصولی دلایل حوادث مورد استفاده قرار می‌گیرد، در اصل از تکنیک (پایش مدیریتی و

• ۱. جمع‌آوری اطلاعات، ۲. شناسایی و ارزیابی موانع و حفاظها، ۳. طراحی پرسشنامه خبرگان، ۴. کمی‌کردن مقایسات زوجی خطرات به کمک نرم‌افزار Fuzzy AHP Solver، ۵. رتبه‌بندی ریسک‌ها توسط نرم‌افزار BT TOPSIS Solver، ۶. رتبه‌بندی سطوح ریسک به روش توزیع نرمال و ۷. ارائه راه‌کارهای بهبود و کنترل ریسک‌های با سطح بالا.

در مرحله اول اطلاعات اولیه در مورد صنعت فولادسازی جمع‌آوری گردید و وارد کاربرگ‌های ETBA شد تا با استفاده از آن بتوان معیارها و ریسک‌های ایمنی، بهداشت و زیست محیطی جامعه مورد مطالعه را تعیین نمود.

در گام بعد موانع و حفاظ‌هایی که در مسیر جریان انرژی برای کنترل آن‌ها در نظر گرفته شده‌اند (تمامی انواع حفاظ‌های فیزیکی و موانع مربوط به فرایند و نوع کار) شناسایی شدند.

در مرحله سوم هدف، معیارها و زیرمعیارهای مورد نیاز تعیین گردیدند و براساس آن‌ها کاربرگی تهیه شد و در اختیار خبرگان قرار گرفت. در این کاربرگ ابتدا مقایسه زوجی شاخه‌های اصلی جهت تعیین اهمیت و وزن شاخه‌های اصلی نسبت به یکدیگر توسط خبرگان صورت گرفت و در ادامه، مقایسه زوجی ریسک‌های هر شاخه به صورت دو به دو با یکدیگر انجام شد (جدول ۱). هدف از این مرحله، برآورد احتمال وقوع ریسک می‌باشد. معیارهای اصلی در ساختار درختی عبارت هستند از: معیار ایمنی، بهداشت و محیط زیست. زیرمعیارها نیز ریسک‌های زیرمجموعه معیارهای اصلی می‌باشند.

در مرحله چهارم این پژوهش با استفاده از پاسخ خبرگان به مقایسات زوجی و ورود اطلاعات به نرم‌افزار Fuzzy AHP Solver به منظور وزن‌دهی به عبارات کلومی استفاده شد. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی فازی یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است؛ زیرا این روش امکان فرموله‌کردن مسأله به صورت سلسله‌مراتبی را فراهم

مطالعه مدنظر قرار گرفته است به شرح ذیل می‌باشد:

۱. شناسایی منابع مولد ریسک در واحد فولادسازی با استفاده از روش ETBA، ۲. محاسبه وزن معیار احتمال وقوع ریسک‌های HSE موجود با استفاده از روش فازی (FAHP) با رویکرد چانگ، ۳. درجه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های غیرقابل قبول و جنبه‌های بارز در بخشهای مختلف فولادسازی با استفاده از روش TOPSIS.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

کارخانه فولادسازی به روش قوس الکتریکی در سال ۱۳۵۱ به بهره‌برداری رسید. این کارخانه در حال حاضر براساس استانداردهای متداول، شمش فولادی تولید می‌نماید. مواد اولیه این کارخانه‌ها عموماً قراضه و آهن اسفنجی می‌باشند. کارخانه فولادسازی از سه بخش اصلی شامل: کوره قوس الکتریکی، کوره پاتیلی و ریخته‌گری پیوسته و نیز چهار بخش جانبی شامل: واحدهای قراضه و آهن اسفنجی، آبرسانی، اکسیژن و غبارگیر تشکیل شده است [۱۲].

مطابق با شکل ۱، گروه ملی صنعتی فولاد ایران در جنوب غربی شهر اهواز واقع می‌باشد و واحد فولادسازی آن در مرکزیت کارخانه به مساحت تقریبی ۱۲ هکتار با طول ۴۰۰ متر و عرض ۳۰۰ متر قرار دارد.

پژوهش توصیفی-پیمایشی حاضر با استفاده از به‌کارگیری اطلاعات مربوط در کتابخانه‌ها و پایگاه‌های اطلاعاتی معتبر، مصاحبه با کارشناسان و صاحب‌نظران و همچنین استفاده از کاربرگ ETBA به منظور شناسایی ریسک واحد فولادسازی و استاندارد مورد نظر جهت تعیین کد برای دو عامل شدت و سیستم کنترل و نظارت روش اجرایی TUV Academy انجام شد [۱۴]. مراحل انجام این پژوهش در هفت گام به صورت زیر می‌باشد:



شکل ۱: موقعیت مکانی کارخانه گروه ملی صنعتی فولاد ایران

کار در صنعت فولادسازی بوده و با مفهوم ریسک و ایمنی آشنایی کامل داشته باشد.

درگام بعد، ریسک‌ها با سه معیار شدت، احتمال وقوع و سیستم‌های کنترل با استفاده از نرم‌افزار TOPSIS تحلیل و رتبه‌بندی شدند. یکی دیگر از روش‌های تصمیم‌گیری که در رتبه‌بندی و تعیین وزن معیارهای ریسک کاربرد دارد، روش TOPSIS است که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری جبرانی می‌باشد که می‌توان از آن برای تعیین نرخ‌ها و وزن‌ها از متغیرهای گفتاری استفاده نمود و آن‌ها را به‌صورت اعداد بیان کرد. TOPSIS به‌عنوان یک روش تصمیم‌گیری چندشاخصه در راستای ارزیابی ریسک در اولویت‌بندی معیارهای آن محسوب می‌گردد [۱۷]. در پژوهش حاضر ریسک‌ها به‌عنوان گزینه در نظر گرفته شدند و براساس سه شاخص شدت ریسک، احتمال وقوع و سیستم‌های کنترل در ماتریس تصمیم‌گیری TOPSIS ریسک‌های حاصله رتبه‌بندی شدند.

مرحله ششم، مرحله تعیین سطح ریسک بود که با کمک روش توزیع نرمال بین اعداد حاصل از TOPSIS و تعیین تعداد و طول رده با استفاده از روابط زیر محاسبه شد و مطابق با استاندارد ۸۸۲ نظامی آمریکا (MIL-STD-882) برای تقسیم‌بندی ریسک‌ها به چهار سطح کم، متوسط، جدی و زیاد

می‌نماید و از قابلیت در نظر گرفتن معیارهای مختلف کمی و کیفی مسأله برخوردار می‌باشد. با توجه به اینکه ارائه قضاوت‌ها به‌صورت کلامی برای تصمیم‌گیرندگان آسان‌تر از ارائه یک پاسخ به‌طور قطعی است، استفاده از مفاهیم فازی در تصمیم‌گیری‌ها از اهمیت بسیاری برخوردار می‌باشد [۱۶]. پس از محاسبه وزن شاخه‌های اصلی و نیز اوزان احتمالی ریسک‌ها، این دو عدد در یکدیگر ضرب شدند و وزن نهایی که همان نمره احتمال وقوع هر ریسک است، به‌دست آمد.

قسمت دیگری از کاربرد به تعیین سطح یا میزانی از خطر که براساس پتانسیل واقعی یا درک‌شده منجر به صدمه، جراحت و یا خسارت اهداف سیستم می‌شود و به‌عنوان یک شاخص کیفی تعریف می‌گردد، اختصاص داشت. شدت خطر و سیستم‌های کنترل و نظارت موجود در مجموعه از روش اجرایی TUV Academy مطابق با جدول ۲ توسط خبرگان بررسی و نمره‌دهی شدند.

جامعه آماری این پژوهش شامل سرپرستان و متصدیان واحد فولادسازی و واحد HSE شرکت فولاد ایران بودند که در مجموع شش خبره به‌صورت غیرموردی و براساس تخصص و شرایط تعریف‌شده از خبره در این پژوهش انتخاب شدند. در این پژوهش، خبره به فردی اطلاق می‌گردد که دارای حداقل هفت سال سابقه

جدول ۱: ترم‌های زبانی و دامنه فازی معادل آن‌ها [۱۵]

معادل فازی	الویت‌ها	توضیح
(۱،۱،۱)	ترجیح یکسان	گزینه یا شاخص i نسبت به شاخص j اهمیت برابری دارد و یا ارجحیتی نسبت به یکدیگر ندارند.
(۳،۲،۱)	کمی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به شاخص j کمی مهم‌تر است.
(۵،۴،۳)	بسیار مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به شاخص j بسیار مهم‌تر است.
(۶،۵،۴)	بسیار زیاد مرجح	گزینه یا شاخص i دارای ارجحیت بسیار بیشتری نسبت به شاخص j است.
(۷،۶،۵)	کاملاً مرجح	گزینه i نسبت به شاخص j مطلقاً مهم‌تر بوده و قابل مقایسه با آن نمی‌باشد.

جدول ۲: نحوه نمره‌دهی شدت ریسک و سیستم کنترل [۱۴]

نمره	وضع کنترل‌های موجود	شدت خطر
۱	سیستمی برای کنترل و نظارت وجود دارد که کاملاً اثربخش می‌باشد.	مصدومیت یا بیماری ناچیز/واردآورنده خسارت جزئی و ناراحتی خفیف برای انسان و حیوانات
۳	سیستمی برای کنترل و نظارت موجود می‌باشد؛ اما جای بهبود دارد.	مصدومیت یا بیماری جزئی/زمان ازدست‌رفته بیش از سه روز/اثر قابل جبران موضعی یا موقتی بر روی گیاهان، خاک و آب/از بین بردن منابع طبیعی و مصرف انرژی
۵	سیستمی برای کنترل و نظارت موجود می‌باشد؛ اما اثربخشی لازم را ندارد.	مصدومیت یا بیماری جدی/زمان ازدست‌رفته بیش از دو هفته/خسارت‌های غیرقابل جبران زیست محیطی با اثرات کوتاه‌مدت
۷	سیستمی برای کنترل و نظارت وجود دارد؛ اما قابل اعتماد نمی‌باشد.	مصدومیت یا بیماری به همراه از کارافتادگی/خسارت‌های غیرقابل جبران زیست محیطی با اثرات میان‌مدت
۹	سیستمی برای کنترل و نظارت وجود ندارد.	حادثه فاجعه‌آمیز، مرگ نفر/خسارت‌های غیرقابل جبران زیست محیطی با اثرات بلندمدت

مرزبندی گردید [۱۸].

گردیدند که به تفکیک در جدول ۳ ارائه شده‌اند.

نتایج وزن نهایی هر زیرمعیار در جدول ۴ نشان داده شده است. با محاسبه میانگین حسابی نمره تعلق گرفته توسط خبرگان به دو پارامتر شدت ریسک و سیستم‌های کنترل موجود، دو پارامتر دیگر برای ارزشیابی ریسک‌ها به‌دست آمد (جدول ۵). در ادامه، ضریب نزدیکی ریسک‌ها براساس سه شاخص ذکرشده محاسبه گردید (جدول ۶). جهت تعیین اولویت‌بندی جنبه‌های مختلف ایمنی بهداشتی و زیست محیطی به کمک ضریب نزدیکی به‌دست‌آمده از روش TOPSIS با توجه به ریسک‌های موجود، تعداد رده برابر با ۵/۷۲۳ و طول رده معادل ۰/۱۴۶ به‌دست آمد. سپس براساس میزان ضریب نزدیکی (CL) هر ریسک، ریسک‌ها در چهار رده مطابق با جدول ۶ قرار گرفتند.

در انتها، راه‌کارهای عملی برای ریسک‌های با سطح زیاد و جدی ارائه گردید که نمونه‌های آن در جدول ۷ ارائه شده است.

$$\text{رابطه ۱} \quad \text{تعداد ریسک‌ها} = N$$

$$\text{رابطه ۲} \quad \text{طول رده} = \frac{\text{کوچکترین ضریب} - \text{بزرگترین ضریب}}{\text{تعداد رده}}$$

با شناسایی سطوح ریسک، در گام هفتم پیشنهادات اجرایی جهت کاهش سطح و کنترل هر چه بهتر ریسک‌های با سطح زیاد و جدی ارائه گردید.

یافته‌ها

مطابق با نتایج حاصل از شناسایی خطرات، ۲۷ ریسک عمده در سه شاخه اصلی ایمنی، بهداشت و محیط زیست شناسایی

جدول ۳: ریسک‌های شناسایی‌شده

شاخه	حادثه	شاخه	حادثه	شاخه	حادثه
تجهیزات	پرتاب مذاب	تجهیزات	ورود مواد شوینده، حلال‌ها و اسید به آب رودخانه	تجهیزات	صدا
	شعله‌کشیدن از دهانه مخزن و کوره		ورود روغن و گریس به آب مداربازو در نهایت به رودخانه		استرس حرارتی
	سرریز شدن یا شکافتن پاتیل		ورود گاز ازت به هوا		استنشاق گرد و غبار و گازهای مضر
	گاز H2 و CO		انتشار گرد و غبار و گازهای مضر		اشعه مادون قرمز
	برق فشار قوی		مصرف گاز (تحلیل منابع)		جابه‌جایی اجسام
	گیر کردن دست در نوار نقاله		مصرف آب		اشعه گاما
	نشت اکسیژن هنگام کار با لنس		مصرف برق		ارتعاش
	گیر کردن مواد نسوز در لوله و یا در رفتن شلنگ		تخلیه فاضلاب بهداشتی		
	برخورد با اجسام رهاشده		ایجاد ضایعات جامد و پسماندها		
	سقوط از ارتفاع		ایجاد پسماند ضایعات مواد نسوز		

جدول ۴: نتایج اوزان نهایی هر زیرمعیار (احتمال وقوع ریسک)

شاخه	ریسک	وزن	وزن نهایی	ریسک	وزن	وزن نهایی	ریسک	وزن	وزن نهایی
تجهیزات	پرتاب مذاب	۰/۳۱۸	۰/۱۵۹	ورود مواد شوینده، حلال‌ها و اسید به آب رودخانه	۰/۱۸	۰/۰۳۱	صدا	۰/۱۶	۰/۰۰۵
	شعله‌کشیدن از دهانه مخزن و کوره	۰/۱۵	۰/۰۷۵	ورود روغن و گریس به آب مداربازو در نهایت به رودخانه	۰/۲۳	۰/۰۴	استرس حرارتی	۰/۲۳	۰/۰۸
	سرریز شدن یا شکافتن پاتیل	۰/۱۴	۰/۰۷	ورود گاز ازت به هوا	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۵	استنشاق گرد و غبار و گازهای مضر	۰/۳۳	۰/۱۱
	گاز H2 و CO	۰/۰۹۹	۰/۴۹۵	انتشار گرد و غبار و گازهای مضر	۰/۱۷	۰/۰۳	اشعه مادون قرمز	۰/۰۴	۰/۰۱۳
	برق فشار قوی	۰/۰۹	۰/۰۴۵	مصرف گاز (تحلیل منابع)	۰/۰۳	۰/۰۰۵	جابه‌جایی اجسام	۰/۰۸	۰/۰۳
	گیر کردن دست در نوار نقاله	۰/۰۸	۰/۰۴	مصرف آب	۰/۰۴	۰/۰۱۳	اشعه گاما	۰/۱۱	۰/۰۴
	نشت اکسیژن هنگام کار با لنس	۰/۰۴۱	۰/۰۲	مصرف برق	۰/۱۵	۰/۰۲۶	ارتعاش	۰/۰۵	۰/۰۲
	گیر کردن مواد نسوز در لوله و یا در رفتن شلنگ	۰/۰۳۹۴	۰/۰۱۹۷	تخلیه فاضلاب بهداشتی	۰/۰۵	۰/۰۲			
	برخورد با اجسام رهاشده	۰/۰۳۹۲	۰/۰۱۹۶	ایجاد ضایعات جامد و پسماندها	۰/۰۳	۰/۰۰۵			
	سقوط از ارتفاع	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱۵	ایجاد پسماند ضایعات مواد نسوز	۰/۱۴	۰/۰۲۴			

جدول ۵: نمرات نهایی شدت ریسک و سیستم‌های کنترل موجود

شاخه	ریسک	امتیاز شدت کنترل	سیستم شاخه	ریسک	امتیاز شدت کنترل	سیستم شاخه	ریسک	امتیاز شدت کنترل
تجهیزات و ارتفاع	پرتاب مذاب	۹	۷	ورود مواد شوینده، حلال‌ها و اسید به آب رودخانه	۷	۷	صدا	۷
	شعله‌کشیدن از دهانه مخزن و کوره	۹	۷	ورود روغن و گریس به آب مداربازو در نهایت به رودخانه	۷	۹	استرس حرارتی	۵
	سرریز شدن یا شکافتن پاتیل	۷	۳	ورود گاز ازت به هوا	۳	۹	استنشاق گرد و غبار و گازهای مضر	۷
	گاز CO و H2	۷	۱	انتشار گرد و غبار و گازهای مضر	۷	۳	اشعه مادون قرمز	۳
	برق فشار قوی	۹	۳	مصرف گاز (تحلیل منابع)	۳	۱	جابه‌جایی اجسام	۳
	گیرکردن دست در نوار نقاله	۷	۵	مصرف آب	۳	۳	اشعه گاما	۵
	نشت اکسیژن هنگام کار با لنس	۵	۵	مصرف برق	۳	۳	ارتعاش	۳
	گیرکردن مواد نسوز در لوله یا در رفتن شلنگ	۹	۷	تخلیه فاضلاب بهداشتی	۳	۵		
	برخورد با اجسام رهاشده	۷	۷	ایجاد ضایعات جامد و پسماندها	۳	۳		
	سقوط از ارتفاع	۹	۳	ایجاد پسماند ضایعات مواد نسوز	۷	۵		

جدول ۶: ضریب نزدیکی ریسک‌ها براساس تکنیک TOPSIS و سطح‌بندی آن‌ها

ریسک	ضریب نزدیکی	رده ریسک (دامنه ضریب)	فراوانی ریسک‌ها	سطح ریسک
پرتاب مذاب	۰/۹۰۰۱	۰/۷۲۹-۰/۹۰۲	۱	زیاد (HIGH)
استنشاق گرد و غبار و گازهای مضر	۰/۶۵۱۶	۰/۵۸۳-۰/۷۲۹	۱	زیاد (HIGH)
استرس حرارتی	۰/۵۳۴۱	۰/۴۳۸-۰/۵۸۳	۴	جدی (SERIOUS)
برخورد با اجسام رهاشده	۰/۵۱۱۶			
نشت اکسیژن هنگام کار با لنس	۰/۴۶۷۱			
ورود روغن و گریس به آب مداربازو در نهایت به رودخانه	۰/۴۳۸۴			
گیرکردن مواد نسوز در لوله و یا در رفتن شلنگ	۰/۴۱۷	۰/۲۹۲-۰/۴۳۸	۶	جدی (SERIOUS)
ورود مواد شوینده، حلال‌ها و اسید به آب رودخانه	۰/۳۶۱۷			
شعله‌کشیدن از دهانه مخزن و کوره	۰/۳۵۹۲			
سقوط از ارتفاع	۰/۳۵۰۸			
سرریز شدن یا شکافتن پاتیل	۰/۳۳۲۴			
ورود گاز ازت به هوا	۰/۳۲			
ایجاد پسماند ضایعات مواد نسوز	۰/۲۸۴۷	۰/۱۴۶-۰/۲۹۲	۱۱	متوسط (MEDIUM)
گیرکردن دست در نوار نقاله	۰/۲۷۳۶			
برق فشار قوی	۰/۲۷۱۳			
جابه‌جایی اجسام	۰/۲۵۵۷			
انتشار گرد و غبار و گازهای مضر	۰/۲۵۳۴			
صدا	۰/۲۴۲۷			
اشعه گاما	۰/۲۲۸			
ارتعاش	۰/۲۲۳۷			
تخلیه فاضلاب بهداشتی	۰/۲۲۳۷			
مصرف برق	۰/۱۷۴۸			
گاز CO و H2	۰/۱۵۶۱			
مصرف آب	۰/۱۲۴۶	۴	کم (LOW)	
اشعه مادون قرمز	۰/۱۲۴۶			
ایجاد ضایعات جامد و پسماندها	۰/۱۰۵۱			
مصرف گاز (تحلیل منابع)	۰/۰۲۶۸			

جدول ۷: راه کارهای عملی جهت بهبود سطح ریسکها

حادثه	راه کارهای کنترلی و پیشنهادات
پرتاب مذاب	اتصال خودکار شلنگ تزریق ازت از کوره در زمان جابه جایی پاتیل، اصلاح در طراحی ناودانی و نحوه انجام کار، پایش میزان خلوص اکسیژن در طول فرایند ذوب جهت جلوگیری از انفجار، تعیین مسیر ایمن جهت تردد کارکنان در زمان ریخته گری، تعیین محل استقرار ایمن برای کارکنان واحد فولادسازی، حفاظ گذاری مناسب در اطراف پاتیل ریخته گری
استنشاق گرد و غبار و گازهای مضر	نظارت مستمر بر درمدار بودن غبارگیر، درزبندی کامل در و پنجره های اتاق کنترل برای جلوگیری از نفوذ گرد و غبار به داخل آن، تخلیه زنبیل قراضه در ارتفاع پایین به منظور کاهش گرد و غبار تولیدی، انتقال عملیات تخریب و نسوز کاری پاتیل و تاندیش به بیرون از سایت فولادسازی، مرطوب سازی ضایعات نسوز خط مذاب و سپس نظافت و جمع آوری مداوم آن ها، نصب فن های دمنده هوا در مکان های مناسب به منظور ورود هوای تازه به داخل سایت کارخانه، توزیع ماسک مناسب بین کارکنان فولادسازی
استرس حرارتی	نصب کابین های مجهز به کولر تا حد امکان جهت حضور کارکنان، افزایش لاین های هوای خنک در اطراف محل استقرار کارکنان ریخته گری هنگام انجام کار، نصب آب سردکن در نقاط مختلف سایت فولادسازی، استفاده از قرص نمک برای درمان و پیشگیری از گرمزدگی
برخورد اجسام رها شده یا پرتاب شده	استفاده از ابزار کار مناسب و باکیفیت، بررسی و بازرسی مداوم ابزار کار و از رده خارج کردن ابزار معیوب، چیدمان قطعات و تجهیزات در قفسه های مشخص و سازماندهی آن ها به ویژه هنگام کارهای تعمیراتی، آموزش نکات ایمنی به کارکنان مرتبط در مورد نحوه صحیح انجام کار در بازه های زمانی کوتاه تر، بررسی و بازرسی مداوم سیم بکسل، هوک و نسمه های جرثقیل و دیگر ابزارهای جابه جایی بار، رعایت حداقل و حداکثر ارتفاع بار از سطح زمین، آموزش رعایت فاصله مناسب کارکنان از قطعه در حال جابه جایی
نشت اکسیژن هنگام کار با لنس	تعویض و تغییر تجهیزات مطابق با استاندارد، نظارت دقیق بر سرویس مداوم و معرفی متولی متخصص جهت رفع اشکالات تجهیزات، تنظیم دقیق میزان هوای ورودی، تهیه دستورالعمل ایمنی جهت استفاده از تجهیز مذکور، آموزش نکات ایمنی در مورد اجرای صحیح کار و رعایت نکات ایمنی به کلیه افرادی که تازه استخدام شده اند، بازنگری آموزش
ورود روغن و گریس به آب مدارباز و در نهایت به رودخانه	احداث تصفیه خانه پساب صنعتی جهت حذف روغن و چربی، استفاده از روش جداکننده های وزنی روغن و نیز روش شناورسازی توسط هوای محلول جهت جداسازی چربی شناور در پساب، به کارگیری روغن و چربی جدا شده از فاضلاب به عنوان کمک سوخت و یا آب گیری و سوزاندن آن در زباله سوزهای صنعتی، استفاده از تله های رسوب گیر در طول کانال های انتقال فاضلاب صنعتی به منظور کاهش مواد معلق، خنثی سازی PH فاضلاب که موجب شکسته شدن ذرات چربی می شود، تصفیه فاضلاب بهداشتی کارخانه با استفاده از روش های مناسب بیولوژیک جهت به حداقل رساندن نشت مواد روغنی و هیدروکربنی به آب
گیرکردن مواد نسوز در لوله و یا در رفتن شلنگ	بررسی نصب تجهیزات جهت کنترل فشار روی مخازن، نصب گوشواره نگهدارنده لوله اسپری جنب درب تخلیه سریاره به منظور مهار کردن لوله مذکور، آموزش سالیانه و توجیه کارکنان جهت رعایت موارد ایمنی و نکات کلیدی کار با دستگاه گانینگ، بازنگری در دستورالعمل انجام کار با دستگاه، اطمینان از عدم گرفتگی دستگاه اسپری و ایمن نمودن آن قبل از انجام کار، بازدید دوره ای شلنگ و اتصالات مربوطه و تعیین عمر مفید جهت تعویض تجهیزات قبل از بروز خرابی و وقوع حادثه، آماده سازی و قراردادن لوله شش متری و شلنگ رزرو، کنترل رطوبت و میزان نوسانات فشار هوا (هوای فشرده فولادسازی)
ورود مواد شوینده، حلال ها و اسید به آب رودخانه	کاهش حجم پساب و به حداقل رساندن بار آلودگی آن از طریق بهینه سازی فرایند اسیدشویی، تعبیه حوضچه هایی به منظور بازگردش پساب اسیدی و در حد امکان بازیابی آب حاصل از شستشوی اسیدشویی، خنثی سازی PH پساب

بحث

ریسکها براساس ضریب نزدیکی حاصل از TOPSIS مشخص شد که از ۲۷ ریسک شناسایی شده، ۷ درصد ریسکهای با سطح زیاد، ۳۷ درصد ریسکهای جدی، ۴۱ درصد ریسکهای متوسط و ۱۵ درصد ریسکهای با سطح کم بودند.

در این ارتباط، در پژوهشی که با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک به روش ETBA در یک صنعت ریخته گری (فولادسازی) در سال ۱۳۸۷ توسط زراوشانی انجام شد، در مجموع ۱۵۴ ریسک شناسایی گردید که ۴۰ مورد از ریسکها غیرقابل قبول، ۶۸ مورد نامطلوب و ۴۶ مورد قابل قبول با نیاز به تجدیدنظر بودند. همچنین، کارگاه ریخته گری با ۷۴ مورد ریسک دارای بیشترین ریسک شناسایی شده بود. ۱۰۹ مورد از خطرات شناسایی شده نیز در محدوده ریسکهای غیرقابل قبول و نامطلوب قرار داشتند [۷].

در طول ۵۰ سال گذشته تغییرات قابل توجهی 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 اند که از نظر عموم این صنایع به عنوان یکی از خطرناکترین صنایع اثرگذار بر مؤلفه های محیط زیست محسوب شوند. بروز حوادث در فرایندهای شیمیایی که به بروز فجایع انسانی و محیطی می انجامد، متخصصان را بر آن داشته است که برای برآورد تواتر و پیامد این گونه حوادث به رهیافت های احتمال گرا روی آورند؛ از این رو لازم است قبل از بروز حادثه جهت کنترل فرکانس و شدت آن برنامه ریزی کرد [۱۹].

با توجه به مقادیر محاسبه شده در این پژوهش و نیز رده بندی

و معمولاً در تمامی فرایندهای پروسه تولید فولاد انجام می‌شود.

با توجه به حضور ماده سوختنی، اکسیژن و شعله در فرایند کار با لنس، در صورت بروز اشکال در هر قسمت از تجهیزات برشکاری از جمله مسیر اکسیژن، گاز و یا نازل، احتمال آتش‌سوزی و سوختگی افراد انجام‌دهنده کار بسیار بالا می‌باشد. در گزارش حوادث سالیان اخیر مجموعه فولادسازی، سوختگی با لنس در اثر نشت اکسیژن و در نتیجه آتش گرفتن لنس به دفعات مشاهده می‌شود. یکی دیگر از تجهیزات پرکاربرد در واحد فولادسازی، دستگاه گانینگ است که وظیفه پاشش مواد نسوز به محل‌های غیرقابل دسترسی از راه دور را بر عهده دارد و اساس کار آن بر پایه فشار هوای کمپرسور می‌باشد. بارها مشاهده شده است که به دلیل عدم نظارت صحیح بر وسایل مربوطه مانند شلنگ‌ها، لوله‌ها و اتصالات، نسوز خشک‌شده در مسیرها مانع عبور هوای پرفشار و نسوز گردیده و تجمع حجم بالای این مواد در فشار بالا باعث ترکیدگی لوله‌ها، در رفتن اتصالات و یا پاره شدن شلنگ‌ها شده است. مطابق با گزارشات حوادث در سال ۱۳۹۳، برخورد ناگهانی لوله دررفته از دستگاه به سر یکی از کارکنان منجر به فوت وی گردید.

در پژوهشی که Harms در سال ۲۰۱۲ با عنوان "ارزیابی ریسک در یک واحد ریخته‌گری در کارخانه فولاد در شمال ایالت جورجیا به روش (ETBA)" انجام داد، ۱۴۲ خطر شناسایی شد. در این پژوهش کارگاه ریخته‌گری دارای بیشترین خطرات نسبت به سایر کارگاه‌ها بود و بیشترین انرژی‌های خطرناک، انرژی‌های پتانسیل و گرمایی بودند [۲۰]. در پژوهش حاضر نیز انرژی‌های گرمایی، شیمیایی و پتانسیل به‌عنوان مهم‌ترین انرژی‌های موجود در واحد فولادسازی شناخته شدند. در این راستا، در پژوهشی که ملکوتی و غریبی در سال ۱۳۹۱ با عنوان "تجزیه و تحلیل ریسک عملیات حفاری مکانیزه با استفاده از روش ETBA در پروژه حفاری تونل آب" انجام دادند، به این نکته اشاره نمودند که عدم شناسایی خطراتی که مرتبط با انرژی نیستند، از نواقص این روش می‌باشند [۲۰]. این قسمت از نتایج پژوهش مذکور با یافته‌های مطالعه حاضر همخوان بود و عملاً خطراتی در سیستم وجود داشت که در چک‌لیست انرژی ETBA گنجانده نشده بود؛ به‌عنوان مثال ریسک‌های زیست محیطی و بهداشتی و یا خطرات ایمنی مانند رطوبت بالا، کار در مخازن و فضاهای بسته با خطر کمبود اکسیژن و یا مسائل روحی و روانی کارکنان لحاظ نگردیده بود. لازم به ذکر است که در تحقیق که توسط ملکوتی و غریبی در سال ۱۳۹۱ گزارش شد بیان این نکته بود که یکی از نقاط قوت این روش استفاده از خرد جمعی در کلیه مراحل است و این موضوع باعث اطمینان از صحت داده‌های جمع‌آوری شده می‌گردد. [۲۱].

ورود روغن و گریس به آب رودخانه نیز که در اثر فعالیت‌های

نتایج مطالعه زراوشانی و همکاران و همچنین پژوهش حاضر (کارخانه فولادسازی گروه ملی صنعت فولاد ایران) به روش ETBA نشان دادند که روش مذکور قابلیت شناسایی ریسک‌های موجود در صنعت ریخته‌گری را دارد. ارزیابی ریسک یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل هدفمند خطرات در صنعت می‌باشد. در این رابطه، Pinto و همکاران در سال ۲۰۱۴ در مطالعه خود گزارش نمودند که مدیریت ریسک یکی از مهم‌ترین ابزارهای تعیین استراتژی‌های کنترل می‌باشد که باید در سطوح مختلف یک فرایند کاری بررسی گردد [۱۷].

مهم‌ترین ریسک موجود در این پژوهش پرتاب مذاب بود که با توجه به آمار رخداد حوادث فوت و سوختگی به واسطه پاشش مذاب در این بخش که حدود ۲۸ درصد حوادث در شش سال گذشته بوده است، می‌توان این خطر را بااهمیت‌ترین خطر در واحد فولادسازی دانست که کارکنان را در حین کار دچار حادثه و سوختگی می‌نماید و با وجود کنترل‌های فعلی همچون انفصال خودکار شلنگ تزریق ازت از کوره در زمان جابه‌جایی پاتیل که پس از یک حادثه منجر به فوت طراحی شد و نیز تلاش جهت پایش خلوص اکسیژن مصرفی در طول فرایند و توزیع لوازم حفاظت فردی، هنوز از بالاترین حوادث رخدادی بوده و نیاز به کنترل‌های بیشتری مانند موارد پیشنهادی ذکرشده در جدول ۷ دارد. از سوی دیگر، استنشاق گرد و غبار و گازهای مضر در جایگاه دوم خطرات با سطح ریسک زیاد می‌باشند که طبق نتایج تست اسپرومتری در معاینات دوره‌های طب صنعتی، اختلال در تنفس و کاهش ظرفیت تنفسی و حجم ریه در ۱۷ درصد پرسنل فولادسازی دیده می‌شود که انتشار گازهای مضر مانند CO، SO₂، NOx، مواد شیمیایی و دود در طول فرایندهای تولید مذاب و ذوب قراضه و آلیاژسازی ایجاد شده برای دستگاه تنفسی خطرناک هستند و سلامت پرسنل را به مخاطره می‌اندازد؛ بنابراین لازم است تا حد امکان از ایجاد آن‌ها جلوگیری کرده و یا به بیرون محوطه کار انتقالشان داد. علاوه بر این، استرس حرارتی به‌عنوان اولویت سوم ریسک‌های موجود با سطح ریسک جدی محسوب می‌شود. فعالیت مربوط به تولید فولاد مذاب همراه با استرس حرارتی صورت می‌گیرد و امکان تماس با بدن و سوختگی را برای کارکنان تولید کوره به دنبال دارد. دمای بالا و تشعشع مستقیم اشعه مادون قرمز از جمله خطرات معمول واحدهای فولادسازی و ریخته‌گری می‌باشد. همچنین دمای بالا می‌تواند باعث گرم‌زدگی، خستگی و دهیدراتاسیون (کم‌آبی بدن) گردد. احتمال تماس با فلزات گداخته یا آب داغ ممکن است در ناحیه خنک‌کاری یا ریخته‌گری مداوم موجب بروز انواع سوختگی‌ها گردد. دیگر اولویت مهم با سطح ریسک جدی عبارت است از: نشت اکسیژن هنگام کار با لنس و برشکاری توسط لنس‌های هوا و گاز که یکی از متداول‌ترین کارهای روزمره کارکنان واحد فولادسازی می‌باشد

با موضوع مشابه و همچنین استفاده از روش‌های پژوهشی مختلف در این زمینه لازم است تلاش‌های بیشتری صورت گیرد تا گام‌های مهمی در جهت استقرار سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمانی برداشته شود. با توجه به اینکه خطاهای انسانی در روش ETBA لحاظ نمی‌شوند، توصیه بر آن است که همراه با این روش از سایر روش‌های ارزیابی ریسک که خطاهای انسانی در آن لحاظ می‌شوند، استفاده گردد تا نتایج سودمندتری به‌دست آید. همچنین، پیشنهاد می‌شود مطالعات مشابهی در جامعه آماری بزرگ‌تر در سطح صنایع فولادسازی انجام شود تا نتایج به‌دست‌آمده بتوانند در سطح کلان کشور اجرا گردند. علاوه‌براین، توصیه می‌شود از سایر روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از قبیل (Analytic Network Process) ANP، (Simple Additive Weighting) SAW و الکترو با تلفیق روش‌های تخصصی ارزیابی ریسک استفاده گردد.

تشکر و قدردانی

پژوهشگران این مقاله نهایت سپاس خود را از جناب آقای دکتر روح‌الله کاظمی و سایر افرادی که در انجام این پژوهش یاری نمودند؛ ابراز می‌دارند.

REFERENCES

- Nordlof H, Wiitavaara B, Winblad U, Wijk K, Westerling R. Safety culture and reasons for risk-taking at a large steel-manufacturing company: Investigating the worker perspective. *Saf Sci*. 2015;73:126-35. DOI: 10.1016/j.ssci.2014.11.020
- Pinto A. QRAM a qualitative occupational safety risk assessment model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets. *Saf Sci*. 2014;63:57-76. DOI: 10.1016/j.ssci.2013.10.019
- Ericson A. Hazard analysis techniques for system safety. 3rd ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2005. P. 335-51.
- Santos-Reyes J, Alvarado-Corona R, Olmos-Peña S. Learning from Tabasco's floods by applying MORT. *Saf Sci*. 2010;48(10):1351-60. DOI: 10.1016/j.ssci.2010.05.008
- Mandal S, Maiti J. Risk analysis using FMEA: fuzzy similarity value and possibility theory based approach. *Exp Syst Appl*. 2014;41(7):3527-37. DOI: 10.1016/j.eswa.2013.10.058
- Jamshidi A, Yazdani-chamzini A, Yakhchali SH, Khaleghi S. Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment. *J Loss Prev Proc Ind*. 2013;26(1):197-208. DOI: 10.1016/j.jlp.2012.10.010
- Zaroushani V, Varriani AS, Ayati SA, Nikpey A. Risk assessment in a foundry unit by energy trace and barrier analysis method (ET&BA). *Iran Occup Health*. 2010;6(4):7-14. [Persian]
- Branco DA, Rathmann R, Borba BS, de Lucena AF, Szklo A, Schaeffer R. A multicriteria approach for measuring the carbon-risk of oil companies. *Energy Strategy Rev*. 2012;1(2):122-9. DOI: 10.1016/j.esr.2012.06.002
- Yaqiong L, Man LK, Zhang W. Fuzzy theory applied in quality management of distributed manufacturing system: a literature review and classification. *Eng Appl Artificial Intellig*. 2011;24(2):266-77. DOI: 10.1016/j.engappai.2010.10.008
- 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
- Taylan O, Bafail AO, Abdulaal RM, Kabli MR. Construction projects selection and risk assessment by fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodologies. *Appl Soft Comput*. 2014;17:105-16. DOI: 10.1016/j.asoc.2014.01.003
- Kaabzadeh S, Baninaeeme S, Mohri M, Baninaeeme M. Risk analysis & management of Iran national steel company by William fine method. In: The First National Conference Planning, Conservation, Environmental Protection, Sustainable Development; Hamadan, Iran; 2014. [Persian]
- Steelmaking plant. Steel plant was put into operation in 1972 by electric arc method. Iran National Steel Industrial Group. Available at: URL: <http://insig.org/en/factories-and-products/factories/steelmaking-plant>; 2018.
- Eshghi B. Executive method of occupational health and safety. Tehran: Tuv Nord Academy; 2012. [Persian]
- Habibi A, Eizadiar S, Sarafrazi A. Fussy method in decision making. Rasht: Katibe Gil; 2014. [Persian]
- Malekhoseini F. Environmental risk assessment of Dena protected area by using multiplircriteria decision making. [Master Thesis]. Ahvaz: Islamic Azad University; 2015. [Persian]
- Rahmani S, Omidvari M. Assessing safety risk in electricity distribution processes using ET & BA improved technique and its ranking by VIKOR and TOPSIS models in fuzzy environment. *Health Saf Work*. 2016;6(1):1-2. [Persian]
- Mil-std-882d standard practice for system safety program requirement. New York: Department of Defence Standard Practice USA; 2010. P. 15-8.
- Allahyari T. Risk analysis and assessment in chemical processes. Ghom: Nejabat; 2006. [Persian]
- Zaroushani V, Varriani AS, Ayati SA, Nikpey A. Risk assessment in a foundry unit by energy trace and barrier analysis method (ETBA). *Iran Occupat Health*. 2010;6(4):7-14. [Persian]
- Malakouti J, Gharibi V. Risk analysis of automated excavation operations by energy trace & barrier analysis method. *Iran Occupat Health*. 2013;10(2):87-98. [Persian]
- Khodabakhshi L, Jaafarzadeh haghghi N. determining quality of air indoor and outdoor in viewpoint of suspended particles in beam rolling and armature rolling units of Iran national industrial group in Ahvaz. [Master Thesis]. Ahvaz: Islamic Azad University; 2006 [Persian]

مربوط به آبرسانی به علت انتشار مواد روغنی در آب و در پی آن آلودگی آب و همچنین فعالیت مربوط به تعمیر قطعات مکانیکی، هیدرولیکی، الکترومکانیکی و برق و روانکاری آنها به علت ورود روغن دنده، روغن هیدرولیک، گازوئیل، نفت سفید، نفت، تینر و گریس به آب مدارباز و ورود به رودخانه کارون و متعاقب آن آلودگی آب نیز در سطح ریسک بالا قرار داشته و می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. این آلودگی در اثر ورود مواد شیمیایی، روغن و گریس ناشی از فعالیت واحدهای مختلف فولادسازی به پساب و متعاقب آن آب رودخانه کارون اتفاق می‌افتد [۲۲].

نتیجه‌گیری

نتایج نشان دادند که مهم‌ترین انرژی‌های موجود در واحد فولادسازی، انرژی شیمیایی، گرمایی و پتانسیل می‌باشند. ارزیابی ریسک‌ها نیز گویای آن بودند که ریسک‌های ایمنی موجود در کارخانه فولادسازی در اولویت بالاتری نسبت به ریسک‌های بهداشتی و زیست محیطی قرار دارند. این نتایج توجه را به این موضوع معطوف می‌دارند که برای ارتقای سلامت و افزایش راندمان منابع سازمانی در راستای این‌گونه مطالعات