مستخرج از پایان نامه

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و چهارم، شماره سه، خرداد ماه ۱۴۰۱(۱۶۹-۱۵۷)

ارزیابی ریسک محیط‌زیستی کارخانه فولاد با استفاده از روش های ANP و TOPSIS (مطالعه موردی: کارخانه فولاد ویان همدان)

فاطمه زحمتکش [۱]

مریم کیانی صدر [۲*]

Kianysadr@gmail.com

مهرداد چراغی [۳]

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۵ **تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۸**

چکیده

زمینه وهدف: یکی از اصلی‌ترین شاخص‌های توسعه یافتگی کشورها و جوامع، تولید و مصرف فولاد می‌باشد. مطالعه حاضر با هدف شناسایی و تجزیه و تحلیل ریسک‌های تهدید کننده کارخانه فولاد ویان در سال ۱۳۹۵ به انجام رسید.

روش برر سی: پس از شنا سایی ریسک‌ها، تجزیه و تحلیل و رتبه بندی آن‌ها با ا ستفاده از روش TOPSIS صورت پذیرفت. جهت تعیین نمره احتمال ریسک از روش ANP استفاده شد. در نهایت با استفاده از روش TOPSIS شدت احتمال وقوع ریسک و منابع آلودگی ریسک محاسبه گردید.

یافته ها: بر اساس نتایج حاصل از محاسبه های ریسک‌ها در رده‌های مختلف می‌توان بیان کرد که از میان ریسک‌های محیط‌زیستی کارخانه فولاد ویان، ۱۴ ریسک در رده جزئی تا متوسط و ۳ ریسک در رده غیرقابل تحمل قرار دارند. بر ا ساس مقایسات زوجی انجام شده در محیط نرم‌افزار Super Decisions بهترین راهکار در بین همه راهکارها، نصب دستگاه‌های کنترل ذرات و گاز مانند سیکلون‌ها و غبارگیرهای کیسه‌ای و کم‌ترین راهکار وقوع ریسک، تعمیر به‌موقع دستگاه‌ها به‌منظور کاهش انتشار گازهای آلاینده شناسایی گردید.

بحث و نتیجه گیری: نتایج حاصل از روش TOPSIS نشان داد که مراحل تولید فاضلاب بهداشتی و چک و بازدید دستگاه‌های لوله‌گذاری، خط انتقال آب و گاز هر دو به سطح ریسک خیلی بالا می‌با شند که می‌توان با اقدامات پیشگیرانه و کنترلی، نسبت به حذف یا کاهش آن‌ها اقدام نمود.

واژه های کلیدی: ارزیابی ریسک، محیط‌زیست، کارخانه فولاد ویان، ANP، TOPSIS.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

۲ استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- دانشیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران.

J. Env. Sci. Tech., Vol 24, No. 3, June, 2022

Environmental risk assessment of steel plant using ANP and TOPSIS methods (Case study: Hamadan Wian Steel Plant)

Fatemeh Zahmatkesh [1]
Maryam Kiani Sadr [2*]
Kianysadr@gmail.com
Mehrdad Cheraghi [3]

Admission Date:December 28, 2016 Date Received: September 26, 2016

Abstract

Background and Objective: One of the main indicators of the development of countries and societies is the production and consumption of steel. The aim of this study was to identify and analyze the threatening risks of Wian Steel Plant in 2016.

Material and Methodology: After identifying the risks, they were analyzed and ranked using the TOPSIS method. ANP method was used to determine the risk probability score. Finally, using TOPSIS method, the severity of the risk and the sources of risk contamination were calculated.

Findings: Based on the results of risk calculations in different categories, it can be stated that among the environmental risks of Wian Steel Plant, 14 risks in the minor to medium category and 3 risks in the unbearable category. Are located. Based on pairwise comparisons made in the Super Decisions software environment, the best solution among all solutions is to install particle and gas control devices such as cyclones and bag dust collectors and the least risk solution is to repair the devices in a timely manner to reduce emissions. Pollutants were identified.

Discussion and Conclusion: The results of TOPSIS method showed that the stages of sanitary wastewater production and check and inspection of piping devices, water and gas transmission line are both very high risk level that can be eliminated by preventive and control measures. Or take action to reduce them.

Key words: Risk assessment, environmental, Vian steel plant, ANP, TOPSIS.

مقدمه

در سال‌های اخیر نگرانی در مورد آثار درازمدت بسیاری از آلاینده‌های محیط‌زیستی افزایش‌یافته است اگرچه طبیعت در مقابل آلاینده‌های مختلف از قابلیت و توان خود پالایی برخوردار است، اما کثرت و فزونی مواد آلوده‌کننده در اغلب حالات، این خاصیت را از آن سلب می‌کند و سبب تغییرات اساسی در اکوسیستم و نابودی بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری و غیرقابل استفاده شدن آب، هوا و خاک می‌شود. مواد آلوده‌کننده اغلب طی فعالیت صنایع مختلف ایجاد شده و وارد محیط‌زیست می‌شوند. یکی از این صنایع، صنعت فولاد می‌باشد که مهم‌ترین آلودگی ناشی از آن ترکیبات شیمیایی می‌باشد (۱).

1- Masters student, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.
2- Assistant Professor, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran. *(*Corresponding Author*)
3- Associate Professor, Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran.

ارزیابی ریسک[1] عبارت از فرآیند تخمین احتمال وقوع یک رویداد مطلوب یا نامطلوب و میزان تأثیر آن است. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک در واقع دادههای ورودی سایر مراحل مدیریت ریسک محسوب میشوند. ارزیابی ریسک محیطزیستی گام فراتر از ارزیابی ریسک بوده و در آن علاوه بر بررسی و تحلیل جنبههای مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیطزیست منطقه تحت اثر، میزان حساسیت محیطزیست متأثر و همچنین ارزشهای خاص محیطزیستی منطقه نیز در تجزیهوتحلیل و ارزیابی ریسک منطقه در نظر گرفته میشود (۲و۳). روشهای متنوعی برای ارزیابی ریسک محیطزیستی وجود دارد ازجمله این روشها می توان به William Fine و HAZAN، EFMEA اشاره کرد که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط مورد مطالعهاند. تکنیک EFMEA دارای کاربردهای بسیاری میباشد و متناسب با کاربردهای متنوع وجود دارد (۴). در پژوهشی که تحت عنوان ارزیابی ریسک محیطزیستی و ارایه راهکارهای کاهش ریسک در کارخانه فولادسازی گروه ملی صنعتی فولاد ایران به روش EFMEA انجام شد ۷۴ ریسک در قسمتهای مختلف، کارخانه شناسایی شد که ۹۲ مورد (۱۶٪) در سطح ریسک بالا و ۶۱ مورد (۹۲٪) در سطح ریسک متوسط قرار داشتند. (۵). در مطالعهای تحت عنوان بررسی فنی و اقتصادی تأثیر استفاده از سرباره کوره قوس الکتریکی شرکت فولاد خوزستان بهعنوان جایگزین سنگدانه در بتن سازهای نتایج بیانگر آن بود که بدین اینچ و درصدی از ماسه از اجزای بتن حذف و بجای آن سرباره دانهبندی شده با اندازه مشابه جایگزین ۳/۴ منظور شن گردیده است. در واقع سرباره بهخوبی قابلیت استفاده در بتن را دارد و جایگزینی آن به جای سنگ دانه بهخصوص در مناطق نزدیک به مراکز فولادسازی باعث کاهش قیمت تمامشده بتن میگردد (۶).

روش بررسی

منطقه مورد مطالعه

محل استقرار مجتمع فولاد ویان در اراضی ملی پلاک ۱۴۷ روستای امینآباد از توابع شهرستان همدان و در یک کیلومتری جنوب شرقی نیروگاه حرارتی شهید مفتح و در ۳/۷۵ کیلومتری جنوب شرقی جاده همدان به رزند و در ۶ کیلومتری شرق شهرم صنعتی ویان قرارگرفته است که با شهرهای همدان ۴۵ کیلومتر و کبودرآهنگ ۱۵ کیلومتر و فامنین ۲۵ کیلومتر فاصله دارد. مساحت کل شهرک صنعتی ویان ۳۹۴ هکتار است. امکانات زیر بنایی اجرا شده آب، برق، تلفن، گاز، خیابانکشی، فضای سبز، تلفن همراه، تصفیهخانه، شبکه فاضلاب میباشد (7).

شکل ۱- موقعیت قرارگیری کارخانه فولاد ویان

Figure 1. Location of Vian steel plant

در شروع کار جهت شناسایی ریسکهای متعلق به فعالیتهای کارخانه فولاد ویان، اقدام به بازدیدهای میدانی و مطالعه پروژههای مشابه و مصاحبه با کارشناسان کارخانه، اداره کل حفاظت و محیطزیست استان همدان و اساتید گروه محیطزیست گردید که با توجه به اطلاعات بهدستآمده ۲۹

1- Assessment

فعالیت که منجر به ایجاد ریسک می شوند شناسایی شد. این عوامل در قالب پرسش‌نامه‌ای تنظیم و بین افراد گروه توزیع گردید و بدین‌وسیله فعالیت‌هایی که منجر به بروز ریسک‌های مهم در کارخانه فولادویان می‌شوند و بیش‌ترین امتیاز را بر اساس نظرات اعلام‌شده توسط کارشناسان دریافت کردند شناسایی شد و در مرحله آخر رتبه بندی و تعیین درجه مخاطره پذیری ریسک‌ها صورت گرفت. برای شناسایی ریسک‌های کارخانه فولادویان از روش Delphi استفاده شده است که برای انجام این روش یک گروه کارشناسی مجرب که به فعالیت‌های نیروگاه آشنایی کامل دارند، تشکیل شده است و با تهیه و تنظیم لیستی از فعالیت‌ها و اثرات آن در سه محیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی- اجتماعی- فرهنگی در غالب پرسشنامه و انجام نظر سنجی از اعضای گروه تخصصی انجام گرفت. بر اساس مطالعات صورت گرفته، احتمال وقوع ریسک، شدت ریسک و حساسیت محیط پذیرنده می‌باشند. به منظور ارزیابی ریسک‌ها لازم است تا نمرات شاخص‌ها (احتمال، شدت و ...) برای هر یک از ریسک‌ها استخراج گردد . در ادامه روش تعیین نمرات برای هر کدام از شاخص‌ها ارایه شده است.

جهت مشخص نمودن احتمال هر یک از ریسک‌ها از مقایسه زوجی به روش تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است . تعیین نمرات شدت ریسک با استفاده از جداول موجود صورت پذیرفت (جدول ۲). هر چه ریسک وارده بر کارخانه شدت بیش‌تری داشته باشد و زیان شدیدتری به منابع وارد نماید، نمره بالاتری را دریافت خواهد نمود. جهت استخراج نمرات گستره آلودگی ریسک (یا امکان بازیافت ریسک) نیز از جداول استفاده گردید (جدول ۳). اگر ریسک وارده بر کارخانه باعث اتلاف منابع تجدید ناپذیر گردد و امکان بازگشت کارخانه به حالت طبیعی مشکل‌تر باشد؛ ریسک نمره بالاتری را دریافت خواهد نمود. برای تعیین اهمیت محیط پذیرنده ریسک ابتدا بر مبنای اطلاعات شناخت محیط‌زیست کارخانه فولاد، منابع و محیط‌های پذیرنده برای هر یک از ریسک‌ها، معرفی شدند. برای استخراج نمرات حساسیت محیط پذیرنده ریسک بر اساس مطالعات صورت گرفته از جدول ۴ استفاده گردید. هر چه محیط پذیرنده ریسک حساسیت بیش‌تری داشته باشد، ریسک نمره بالاتری را دریافت خواهد نمود (۸-۱۱).

جدول ۱- مقیاس درجه اهمیت برای مقایسه زوجی در ANP (۱۰)

Table 1. Importance degree scale for pair-wise comparison in ANP

ارزش	درجه
اهمیت یکسان	۹
نسبتا مرجح	۷
ترجیح زیاد	۵
ترجیح بسیار زیاد	۳
ترجیح فوق العاده زیاد	۱
ارزش های بینابین درقضاوت	۲،۴،۶،۸

جدول ۲- مقادیر مربوط به شدت وقوع جنبه‌های ریسک در روش EFMEA (۴)

Table 2. values related to the occurrence intensity of risk aspects in EFMEA (4)

شدت	تعریف شدت	امتیاز
فاجعه بار	به صورت بالقوه بسیار خطرناک / زیان شدید به منابع	۵
خطرناک	مضر نیست، اما به صورت بالقوه خطرناک است / زیان شدید به منابع	۴
متوسط	پرخطر / زیان متوسط به منابع	۳

کم	پتانسیل کم آسیب / زیان کم به منابع	۲
ناچیز	زیان کم است و قابل چشم پوشی است / زیان ناچیز به منابع	۱

جدول ۳- مقادیر مربوط به منابع آلودگی ریسک در روش EFMEA (12)

Table 3. Values related to risk pollution range in EFMEA (12)

تعریف گستره آلودگی	امتیاز
مصرف منابع تجدید ناپذیر	۵
از بین رفتن منابع تجدید ناپذیر	۴
از بین رفتن منابعی که به سختی قابل تجدید و بهبود می‌باشند	۳
از بین رفتن منابعی که به آسانی قابل تجدید و بهبود می‌باشند	۲
مصرف منابع تجدید پذیر	۱

جدول ۴- مقادیر مربوط حساسیت محیط پذیرنده (۱۳)

Table 4. The values related to the sensitivity of the host (acceptor) environment (13)

تعریف حساسیت محیط پذیرنده	امتیاز
اگر محیط پذیرنده حساسیت خیلی کمی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۱
اگر محیط پذیرنده حساسیت کمی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۳
اگر محیط پذیرنده حساسیت متوسطی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۵
اگر محیط پذیرنده حساسیت زیادی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۷
اگر محیط پذیرنده حساسیت خیلی زیادی نسبت به عامل ریسک داشته باشد	۹

در این مطالعه جهت تجزیه و تحلیل ریسک‌ها از روش‌های تصمیم گیری چندمعیاره استفاده شد. این روش بر این مفهوم بنا شده است، که گزینه انتخابی باید کم‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، Ai+) و بیش‌ترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، Ai-) داشته باشد. به‌عبارت‌دیگر، فاصله گزینه‌ها را از راه‌حل ایده‌آل مثبت و منفی محاسبه کرده و سپس گزینه‌ها برحسب این‌که دارای کم‌ترین فاصله از ایده‌آل مثبت و بیش‌ترین فاصله از ایده‌آل منفی باشند رتبه‌بندی می‌شوند (۱۴ و ۱۵).

مدل تاپسیس (Topsis)

این روش در سال ۱۹۸۱ توسط هوانگ و یون ارایه گردید. در این روش m گزینه به‌وسیله n شاخص مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و هر مسأله را می‌توان به‌عنوان یک سیستم هندسی شامل m نقطه در یک فضای n بعدی در نظر گرفت. این تکنیک بر این مفهوم بناشده است که گزینه انتخابی باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل مثبت (بهترین حالت ممکن، Ai+) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایده‌آل منفی (بدترین حالت ممکن، Ai-) داشته باشد. فرض بر این است که مطلوبیت هر شاخص به‌طور یکنواخت افزایشی و یا کاهشی است (۱۶ و ۱۷). حل مساله با این روش، مستلزم طی مراحل زیر است:

۱- کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس (N): برای بی‌مقیاس سازی، از بی‌مقیاس سازی نورم استفاده می شود (۱۸). بی‌مقیاس سازی ماتریس تصمیم با استفاده از بی‌مقیاس سازی نورم:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{J} f_{ij}^2}} \qquad j = 1,\ldots,J \quad i = 1,\ldots,n \qquad (۱)$$

تشکیل ماتریس بی‌مقیاس‌موزون (v_{ij}) با ضرب ماتریس بی‌مقیاس‌شده (r_{ij}) در ماتریس قطری وزن‌ها (w_i):

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij} \qquad j = 1,\ldots,J \quad i = 1,\ldots,n \qquad (۲)$$

w_i وزن شاخص iام است، جمع اوزان شاخص‌ها برابر ۱ است.

تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^*) و منفی (A^-) به صورت زیر:

$$A^* = \{v_1^*,...,v_n^*\} \quad (۳)$$

$$= \{(\max_j v_{ij} | i \in I'),(\min_j v_{ij} | i \in I'')\},$$

$$A^- = \{v_1^-,...,v_n^-\} \quad (۴)$$

$$= \{(\min_j v_{ij} | i \in I'),(\max_j v_{ij} | i \in I'')\},$$

میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل های مثبت و منفی تعیین می‌شود.

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (D_j^*) به صورت:

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(v_{ij} - v_j^*)^2} \quad , \quad j = 1,...,J \quad (۵)$$

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (D_j^-) به صورت:

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(v_{ij} - v_j^-)^2} \quad , \quad j = 1,...,J \quad (۶)$$

تعیین نزدیکی نسبی (C_j^*) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل:

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \quad , \quad j = 1,...,J \quad (۷)$$

پس از تعیین عدد اولویت ریسک با روش TOPSIS، سطوح ریسک با استفاده از روش توزیع نرمال برای هر یک از ریسک‌ها محاسبه و ارزیابی خواهد گردید(۱۹). جهت تعیین درجه مخاطره‌پذیری، ریسک‌ها به صورت صعودی به نزولی مرتب می‌گردند و مؤلفه‌های تعداد رده و طول رده بر اساس رابطه‌های (۸) و (۹) تعیین می‌گردند. پس از آن ریسک‌ها بر اساس این رده‌ها دسته‌بندی می‌گردند (۲).

تعداد رده = $1 + 3.3\text{Log}n$ n =تعداد ریسک (۸)

$$\text{طول رده} = \frac{\text{بزرگ‌ترین مقدار ریسک} - \text{کوچک‌ترین مقدار ریسک}}{\text{تعداد رده}} \quad (۹)$$

یافته‌ها

پس از شناسایی ریسک‌ها، در این مطالعه از روش TOPSIS جهت رتبه بندی ریسک‌ها استفاده شده است. در نرم‌افزار TOPSIS زیرمعیارهای هر ۳ محیط در نرم‌افزار قرار داده شد سپس با توجه به پنل دلفی که از کارشناسان در حوزه ارزیابی ریسک استفاده کردیم از عدد ۱ تا ۹ به زیرمعیارها امتیاز داده شد و ارجحیت زیرمعیار مناسب مشخص شد(۲۰).

به منظور تعیین نمره‌ی احتمال ریسک‌های محیط‌زیستی تهدید کننده کارخانه فولاد ویان، ساختار سلسله مراتبی ریسک‌ها رسم گردید. در این ساختار سطح اول هدف با ارجحیت واحد می‌باشد. در سطح دوم ریسک‌های محیط‌زیستی به سه بخش محیط بیولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و اقتصادی اجتماعی تقسیم می‌گردد. در نهایت سطح آخر شامل ریسک‌ها می‌باشد. ماتریس های مقایسات زوجی با دانش کارشناسان تکمیل گردید و وارد نرم افزار Expert Choice گردید. در نهایت با دستور Synthesize این نرم افزار ادغام و اوزان نهایی یعنی نمره احتمال وقوع هر ریسک به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج شناسایی ریسک‌های تهدید کننده کارخانه فولاد ویان و احتمال وقوع آن‌ها (۱۳۹۴)

Table 5. Results of identifying threatening risks of Vian steel plant and the likelihood of their occurrence (2015)

هدف	سطح دوم (محیط پذیرنده)	سطح سوم (ریسک‌ها)	پیامد ریسک	وزن نسبی	وزن نهایی
شناسایی ریسک‌های فیزیکی شیمیایی		چک و بازدید دستگاه‌های لوله‌گذاری، خط انتقال آب و گاز	امکان صدمه به کارکنان به دلیل جوشکاری و تست‌های غیر مخرب در محل‌های جوش، آلودگی صوتی	۰/۴۶۱	۰/۲۰۵

		عملیات احتراق در مخزن‌ها	مشکلات تنفسی، مشکلات روی دستگاه ریوی، ایجاد بیماری‌های ریوی	۰/۱۸۶	۰/۱۶۱
		سوزاندن گازهای اضافی حاصل از فرایند تولید در مشعل‌ها و خروج دود از دودکش‌ها	مشکلات تنفسی، اثر منفی روی گیاهان، کاهش بازده کاری	۰/۱۴۹	۰/۱۲۲
		عملیات ساخت مخازن و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی	کاهش شنوایی ناراحتی‌های عصبی، کاهش بازده کاری، اثرات منفی روی پوست و چشم، صدمه جسمی به کارگران	۰/۰۹۱	۰/۰۹۴
		ایجاد جاده دسترسی که همراه با خاک‌برداری، خاک‌ریزی تسطیح کوبیدن و آسفالت می‌باشد	مشکلات تنفسی و کاهش دید، اثر روی گیاهان، مشکلات شنوایی، بی‌خوابی، کاهش بازده کاری، مشکلات تنفسی (اثر روی گیاهان و جانوران)، اثر منفی بر گیاهان و جانوران، از بین رفتن گیاهان و تأثیر منفی بر رفتار جانوران	۰/۰۵۹	۰/۰۸۰
		فعالیت سایت‌ها همراه با بالا بودن حد تراز صوتی در آن‌ها	کاهش شنوایی ناراحتی‌های عصبی، کاهش بازده کاری	۰/۰۳۳	۰/۰۶۵
		مرحله برش و تراش و خنک کردن دستگاه‌ها	مشکلات تنفسی، ایجاد بیماری‌های ریوی، کاهش قدرت شنوایی، کاهش بازده کاری، بی‌خوابی، مشکلات روحی و روانی	۰/۰۲۱	۰/۰۵۸
بیولوژیکی ۰/۳۱۳		مراحل تولید فاضلاب بهداشتی	آلودگی خاک، اثر روی میکروارگانیزم‌های مفید خاک، اثر روی گیاهان و جانوران، ایجاد بیماری‌های گوارشی	۰/۶۱۵	۰/۰۴۰
		مراحل تصفیه فاضلاب و آب صنعتی	آلودگی خاک، اثر روی میکروارگانیزم های مفید خاک، اثر روی گیاهان و جانوران، ایجاد بیماری‌های گوارشی	۰/۲۵۱	۰/۰۳۵
		عدم آشنایی کامل به محیط‌زیست اطراف کارخانه	تغییر منظره زیست‌محیطی منطقه به علت دفع زباله‌های ناشی از ساخت‌وساز در محل، مشکلات ایمنی که ممکن است برای کارکنان پیش بیاید، آلودگی صوتی، آلودگی هوا در اثربخش ذرات سیمان، ماسه، گچ و آهک	۰/۰۸۲	۰/۰۳۳

		فعالیت کارخانه فولاد در زیستگاه حساس	مشکلات ایمنی که ممکن است برای کارکنان پیش بیاید، آلودگی صوتی، آلودگی هوا در اثربخش ذرات سیمان، ماسه، گچ و آهک	۰/۰۵۲	۰/۰۲۹
	اقتصادی، اجتماعی ۰/۰۶۸	حمل و نقل مواد اولیه	مشکلات تنفسی و شنوایی	۰/۴۶۱	۰/۰۲۱
		فعالیت‌های حمل محصولات	اثرات بهداشتی در منابع آب مصرفی، اثر روی آبزیان، اثر روی گیاهان و جانوران	۰/۲۱۹	۰/۰۱۷
		نوسانات شدید قیمت فولاد	ایجاد مشکلات اقتصادی، افزایش بیکاری	۰/۱۵۵	۰/۰۱۵
		نوسانات بازار عرضه و تقاضا	ایجاد مشکلات اقتصادی، افزایش بیکاری، افزایش قیمت فولاد	۰/۰۸۹	۰/۰۱۰
		جذب کارگران غیربومی	ایجاد مشکلات اقتصادی، افزایش بیکاری	۰/۰۵۱	۰/۰۰۸
		تخریب لوازم دستگاه‌های تولیدکننده فولاد در خط تولید و نبود قطعات یدکی	صدمه به کارگران، ایجاد مشکلات شنوایی و ناراحتی‌های عصبی، کاهش بازده کاری	۰/۰۲۶	۰/۰۰۷

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و بی‌مقیاس‌سازی آن (رابطه ۱)، در گام بعد ماتریس بی‌مقیاس موزون تعیین می‌شود. برای به‌دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون، لازم است که اوزان شاخص‌های تصمیم را محاسبه و در ماتریس بی‌مقیاس شده (r_{ij}) ضرب کرد (رابطه ۲). در این پژوهش وزن شاخص‌ها با استفاده از روش ANP محاسبه شد (جدول ۵). ماتریس بی‌مقیاس‌موزون در جدول ۸ اریه شده‌است. برای ایده‌آل مثبت بیش‌ترین مقدار عددی هر ستون و برای ایده‌آل منفی کم‌ترین مقدار عددی هر ستون از ماتریس بی‌مقیاس‌موزون در نظر گرفته شده است. فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی با استفاده از رابطه‌های ۵ و ۶ محاسبه شد(۲۱و۲۲). در نهایت با تعیین نزدیکی نسبی (C_j^*) هر یک از گزینه‌ها به راه‌حل ایده‌آل (رابطه ۷) (۲۵-۲۳)، رتبه‌بندی ریسک‌های تهدید کننده کارخانه فولاد ویان انجام شد که در جدول ۶ ارائه شده است. نتایج حاصل از رتبه‌بندی ریسک‌های تهدید کننده کارخانه فولاد ویان بعد از تعیین عدد اولویت ریسک، سطوح ریسک با استفاده از روش توزی نرمال برای هر کدام از ریسک‌ها محاسبه شد. برای تعیین درجه مخاطره‌پذیری، ریسک‌ها به صورت صعودی نزولی مرتب می‌کنیم و مؤلفه‌های تعداد رده و طول رده را نیز تعیین می‌کنیم. بر اساس تعداد ریسک‌ها (n=۱۷)، تعداد رده ۵ و طول ریسک بر اساس بیش‌ترین عدد ریسک (۰/۹۹۶۹) و کم‌ترین عدد ریسک (۰)، محاسبه شد. سپس ریسک‌ها بر اساس این رده‌ها دسته بندی گردیدند. جدول ۷ سطوح درجه مخاطره‌پذیری ریسک‌های کارخانه فولاد ویان را نشان می‌دهد. با استفاده از نرم‌افزار TOPSIS حاکی از آن است که ریسک‌های محیط‌زیستی نوسانات بازار عرضه و تقاضا، مراحل تولید فاضلاب بهداشتی، چک و بازدید دستگاه‌های لوله‌گذاری، خط انتقال آب و گاز، حمل‌ونقل مواد اولیه، فعالیت‌های حمل محصولات، عملیات احتراق در مخزن‌ها، مراحل تصفیه فاضلاب و آب صنعتی، نوسانات شدید قیمت فولاد، سوزاندن گازهای اضافی حاصل از فرایند تولید در مشعل‌ها و خروج دود از دودکش‌ها، عملیات ساخت مخازن و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی، ایجاد جاده دسترسی که همراه با خاک‌برداری، خاک‌ریزی تسطیح کوبیدن و آسفالت می‌باشد، جذب کارگران غیربومی، عدم آشنایی کامل به محیط‌زیست اطراف کارخانه، فعالیت سایت‌ها همراه با بالا بودن حد تراز صوتی در آن‌ها، تخریب لوازم دستگاه‌های تولیدکننده فولاد در خط تولید و نبود قطعات یدکی، فعالیت کارخانه فولاد

در زیستگاه حساس، مرحله برش و تراش و خنک کردن دستگاه‌ها

در جایگاه اول تا هفدهم قرار گرفتند.

جدول ۶- نتایج حاصل از رتبه‌بندی ریسک‌های تهدیدکننده کارخانه فولاد ویان

Table 6. Results from ranking threatening risks of Vian steel plant

ردیف	ریسک	احتمال وقوع	شدت اثر	احتمال کشف اثر	امتیاز تاپسیس Cj	رتبه
۱	چک و بازدید دستگاه‌های لوله‌گذاری، خط انتقال آب و گاز	۰/۴۶۱	۷	۵	۰/۹۹۳۹	۲
۲	عملیات احتراق در مخزن‌ها	۰/۱۸۶	۸	۶	۰/۳۷۵۳	۵
۳	سوزاندن گازهای اضافی حاصل از فرایند تولید در مشعل‌ها و خروج دود از دودکش‌ها	۰/۱۴۹	۶	۵	۰/۲۹۱۱	۸
۴	عملیات ساخت مخازن و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی	۰/۰۹۱	۵	۴	۰/۱۵۹۲	۹
۵	ایجاد جاده دسترسی که همراه با خاک‌برداری، خاک‌ریزی تسطیح کوبیدن و آسفالت می‌باشد	۰/۰۵۹	۶	۴	۰/۰۸۶۶	۱۰
۶	فعالیت سایت‌ها همراه با بالا بودن حد تراز صوتی در آن‌ها	۰/۰۳۳	۷	۶	۰/۰۳۲۳	۱۳
۷	مرحله برش و تراش و خنک کردن دستگاه‌ها	۰/۰۲۱	۵	۳	۰	۱۷
۸	مراحل تولید فاضلاب بهداشتی	۰/۶۱۵	۷	۵	۰/۹۹۶۹	۱
۹	مراحل تصفیه فاضلاب و آب صنعتی	۰/۲۵۱	۷	۶	۰/۳۵۳۵	۶
۱۰	عدم آشنایی کامل به محیط‌زیست اطراف کارخانه	۰/۰۸۲	۷	۵	۰/۰۵۳۴	۱۴
۱۱	فعالیت کارخانه فولاد در زیستگاه حساس	۰/۰۵۲	۶	۴	۰	۱۶
۱۲	حمل‌ونقل مواد اولیه	۰/۴۶۱	۸	۵	۰/۹۹۲۴	۳
۱۳	فعالیت‌های حمل محصولات	۰/۲۱۹	۷	۴	۰/۴۴۳۶	۴
۱۴	نوسانات شدید قیمت فولاد	۰/۱۵۵	۶	۳	۰/۲۹۶۴	۷
۱۵	نوسانات بازار عرضه و تقاضا	۰/۰۸۹	۶	۴	۰/۱۴۵	۱۵
۱۶	جذب کارگران غیربومی	۰/۰۵۱	۵	۴	۰/۰۵۷۹	۱۱
۱۷	تخریب لوازم دستگاه‌های تولیدکننده فولاد در خط تولید و نبود قطعات یدکی	۰/۰۲۶	۷	۶	۰/۰۲۲۸	۱۲

جدول ۷- تعیین سطوح درجه مخاطره‌پذیری ریسک‌های کارخانه فولاد ویان

Table 7. Determining the levels of taking- risks degree of Vian steel plant risks

تعریف رده	حدود رده	ریسک‌ها	Cj	فراوانی ریسک‌ها در رده
غیر قابل تحمل	۰/۹۹۶۹ -۰/۷۹۷۵۲	مراحل تولید فاضلاب بهداشتی	۰/۹۹۶۹	۳
		چک و بازدید دستگاه‌های لوله‌گذاری، خط انتقال آب و گاز	۰/۹۹۳۹	
		حمل‌ونقل مواد اولیه	۰/۹۹۲۴	
قابل توجه	۰/۰-۷۹۷۵۲/۵۹۸۱۴	-	-	۰
متوسط	۰/۰-۵۹۸۱۴/۳۹۸۷۶	فعالیت‌های حمل محصولات	۰/۴۴۳۶	۱
قابل تحمل	۰/۰-۳۹۸۷۶/۱۹۹۳۸	عملیات احتراق در مخزن‌ها	۰/۳۷۵۳	۴
		مراحل تصفیه فاضلاب و آب صنعتی	۰/۳۵۳۵	
		نوسانات شدید قیمت فولاد	۰/۲۹۶۴	
		سوزاندن گازهای اضافی حاصل از فرایند تولید در مشعل‌ها و خروج دود از دودکش‌ها	۰/۲۹۱۱	
جزئی	۰/۰-۱۹۹۳۸	عملیات ساخت مخازن و نصب ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی	۰/۱۵۹۲	۷
		نوسانات بازار عرضه و تقاضا	۰/۱۴۵	
		ایجاد جاده دسترسی که همراه با خاک‌برداری، خاک‌ریزی تسطیح کوبیدن و آسفالت می‌باشد	۰/۰۸۶۶	
		جذب کارگران غیربومی	۰/۰۵۷۹	
		عدم آشنایی کامل به محیط‌زیست اطراف کارخانه	۰/۰۵۳۴	
		فعالیت سایت‌ها همراه با بالا بودن حد تراز صوتی در آن‌ها	۰/۰۳۲۳	
		تخریب لوازم دستگاه‌های تولیدکننده فولاد در خط تولید و نبود قطعات یدکی	۰/۰۲۲۸	
		فعالیت کارخانه فولاد در زیستگاه حساس	۰	
		مرحله برش و تراش و خنک کردن دستگاه‌ها	۰	

بحث و نتیجه گیری

ارزیابی ریسک محیط زیستی یک ابزار مهم در مدیریت محیط‌زیست به منظور کاهش مخاطرات در اکوسیستم‌ها و دست‌یابی به توسعه پایدار به شمار می‌رود که امروزه در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری کشورهای مختلف جهان مورد

توجه قرار گرفته است. ورود روزافزون صنایع به عرصه زندگی بشر، پیامدهای زیست‌محیطی قابل‌توجهی را در پی داشته است. صنایع فولاد نیز از جمله مهم‌ترین صنایع اثرگذار بر جنبه‌های محیط‌زیستی هستند.

این مطالعه با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی کارخانه فولاد ویان به انجام رسیده است. در مرحله اول بعد از مطالعه ویژگی های منطقه و بازدید های میدانی، مطالعات کتابخانه‌ای و اینترنتی، مصاحبه با کارشناسان فنی و محیط‌زیستی و بررسی حوادث، عوامل ریسک و جنبه‌های مربوط به آن مورد شناسایی قرار گرفت. سپس ریسک‌های محیط‌زیستی شناسایی‌شده توسط روش TOPSIS و ANP موردتجزیه و ارزیابی قرار گرفتند سه شاخص احتمال وقوع ریسک، شدت ریسک و حساسیت محیط پذیرنده برای رتبه‌بندی ریسک‌ها انتخاب شدند که نمرده دهی به این شاخص‌ها توسط گروه کار شناسی و بر اساس جداول صورت پذیرفت. وزن نسبی معیارها در گام سوم از این روش، از طریق تکنیک آنتروپی شانون محاسبه شده است. در نهایت نتایج حاصل از روش TOPSIS نشان داد که مراحل تولید فاضلاب بهداشتی و چک و بازدید دستگاه‌های لوله‌گذاری، خط انتقال آب و گاز هر دو به سطح ریسک خیلی بالا می‌باشند که می‌توان با اقدامات پیشگیرانه و کنترلی، نسبت به حذف یا کاهش آن‌ها اقدام نمود.

- در تحقیقی که با عنوان ارزیابی جنبه‌های محیط‌زیستی واحد انباشت و برداشت مجتمع فولاد کاوه جنوب کیش ایران به روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن EFMEA انجام شد، طبق نتایج به دست آمده از ارزیابی ریسک، مشخص گردید انتقال و جابجایی گندله و انتقال آن به واحد احیاء مستقیم کارخانه و ایجاد غبار سنگ آهن در قسمت عملیات نظافت صنعتی در سطح ریسک بالا قرار دارد. (۴).

- در مطالعه‌ای تحت عنوان بررسی و ارزیابی وضعیت آلاینده‌های هوای شرکت خیام فولاد نیشابور (فاز طراحی) نتایج نشان داد که در فرایند سیر تکامل مدیریت محیط‌زیست به‌عنوان یک نظام گسترده و پویا برای مواجهه با آلودگی و تخریب محیط‌زیست، رویکردهای پیشگیرانه مورد نظر قرار داده است. (۱۵).

- در تحقیقی تحت عنوان ارزیابی چرخه حیات داخلی گزینه‌های بازیافت سرباره فولاد در آهن و فولاد صنعت چین نتایج نشان داد که انتشار گازهای گل‌خانه‌ای در صنایع فولاد از لحاظ محیط‌زیستی در رده‌ای بالا قرار دارد (۱۹).

- در مطالعه‌ای تحت عنوان ارزیابی ریسک برای تدوین استراتژی در صنعت فولاد از طریق تجزیه‌وتحلیل گزینه ایده آل نتایج نشان داد که، تخصیص منابع محدود و عدم برنامه‌ریزی استراتژیک مالی و یا غیرمالی خطر ریسک را افزایش می‌دهد (۱۲).

- در تحقیقی تحت عنوان اثرات محیط‌زیستی صنعت آهن و فولاد در چرخه زندگی نتایج نشان داد که استفاده از مواد جامد در مصرف سوخت صنعت فولاد مؤثر می‌باشد و این باعث کاهش در نتیجه مقدار CO_2 در گاز خروجی می‌شود (۵).

- در تحقیقی تحت عنوان مدیریت ریسک در صنعت آهن و فولاد یک چالش برای بهداشت حرفه‌ای و ایمنی شغلی تنش‌های محیطی در محل کار در صنعت آهن و فولاد بزرگ در تعداد و به طور معمول آن‌ها عبارت‌اند از خطرات فیزیکی سر و صدا، ارتعاش، درجه حرارت شدید، یونیزان و غیر یونیزان، نور ناکافی، عوامل قابل استنشاق بخارها، گازها، گردوغبار و دود، قرار گرفتن در معرض عوامل بیماری‌زا (مثل لژیونلا)، قرار گرفتن در معرض کربن مونوکسید (CO) و گاز، تماس پوست با مواد شیمیایی (مواد محرک، حلال‌ها، حساس، فرار کربن آلی)، کار در فضاهای محدود، ارگونومی، قرار گرفتن در معرض آزبست، ورقه، سقوط از ارتفاع و همان سطح، اجسام در حال سقوط، شوک الکتریکی، سوختگی مربوط به تماس با برق و تصادفی با گرم فلز مذاب، تهویه ناکافی، ماشین‌آلات بدون محافظ، آتش‌سوزی و انفجار، خشونت محل کار، آلودگی بو می‌باشد (۶).

تشکر و قدردانی

بدین وسیله نویسندگان مقاله نهایت تشکر و قدرشناسی خود را از دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان و مدیر کل محترم، معاونت

محیط طبیعی و کارشـــناســـان محترم اداره کل حفاظت محیط‌زیســـت اســـتان همدان که ما را در انجام این مقاله یاری دادند ابراز می دارند.

References

1. Jabal Ameli, M.S., Rezaeifar, A., Chaee bakhsh Langroudi, A. (2007). Project Risk Rating Using Multi-Criteria Decision Making Process, Faculty of Engineering Journal, 41 (7), 871-863. (In Persian)
2. Jozi, S.A., Shams Khozani, N. (2010). Assessing the environmental risks of the gas unit of Shahid Modhaj Zargan thermal power plant in Ahvaz by analyzing the failure modes and its effects on the environment (EFMEA). Fifth National Conference on Environmental Crises in Iran and Strategies for Improving Them, Ahvaz. (In Persian)
3. Chutia, R., & Krishna, G. (2018). Fuzzy risk analysis in poultry farming based on a novel similarity measure of fuzzy numbers. Applied Soft Computing, 66: 60-76.
4. Reza Zadeh Niavarani, M.R. (2004). Application of FMEA method in identifying and evaluating environmental aspects and introduction of EFMEA, Method Monthly, 88, p.20. (In Persian)
5. Teacher, GH., Warsaw, K., Mubarak Hassan, E. (2012). Environmental risk assessment and presentation of risk reduction solutions in the steel plant of the National Iranian Steel Industrial Group by FMEA method, the first national conference on environmental protection and planning, Hamedan, Islamic Azad University, Hamedan Branch, Farda Environmental Thinkers Company. (In Persian)
6. Mahdavi Adeli, M., & Abbasi, A. (2015). Technical and economic study of the effect of using electric arc furnace slag of Khuzestan Steel Company as an alternative to aggregate in structural concrete, International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Infrastructure, Tabriz, Permanent Secretariat of the Conference. (In Persian)
7. Wian Steel Environmental Assessment Report (Bresso Company) (2003). (In Persian)
8. Chatterjee, K., Zavadskas, E., Tamošaitienė, J., Adhikary, K., Kar, Sa. (2018). A Hybrid MCDM technique for risk Management in construction projects. Symmetry, 10 (2): 46.
9. Daneshparvar, B., Rasi Nezami, S., Feizi, A., Aghlmand, R. (2022). Comparison of results of flood hazard zoning using AHP and ANP methods in GIS environment: a case study in Ardabil province, Journal of Applied Research in Water and Wastewater, 9 (1), 1–7.
10. Fountzoula, C., Aravossis, K. (2022). Decision-making methods in the public sector during 2010–2020: a systematic review. Advances in Operations Researche, 20: 64-78.
11. Janes, A., Kadoic, N., Begicevic, N. (2018). Differences in prioritization of the BSC's strategic goals using AHP and ANP methods.Journal of Information and Organizational Sciences, 42 (2), 193–217.
12. Ranjbar, R., & Hossein, P. (2015). Assessing the environmental aspects of the accumulation and harvesting unit of Kaveh South Kish Steel Complex in

Iran by the method of analysis of failure cases and its effects EFMEA, International Conference on Science and Engineering, Emirate - Dubai, Vira Capital Idea Institute. (In Persian)

13. Shafiee, M., Jozi, S.A. (2010). Environmental risk assessment of Hillah protected area using multi-criteria decision making method. Master Thesis in Environmental Management, Islamic Azad University - Ahvaz Science and Research Branch. (In Persian)
14. Saffarian, S., Jozi, S.A. (2011). Analysis of environmental risks of Abadan gas power plant using TOPSIS method. Journal of Environmental Science, 58: 53-66. (In Persian)
15. Fathabadi, B., Amiri Zarandi, E. (2014). Investigation and evaluation of air pollutants in Khayyam Foolad Neishabour Company (design phase), the first international HSE conference on construction, mining, oil and gas projects, Tehran, Iran Institute of Seismic Reinforcement and Improvement. (In Persian)
16. Ghodsipour, S.H. (1389). Analytic Hierarchy Process (AHP), Eighth Edition, Amirkabir University of Technology. (In Persian)
17. Abbaspour, M. (1389). Environmental Engineering, Tehran, Vice Chancellor for Research, Islamic Azad University, Volume II. (In Persian)
18. Ransikarbum, K., Pitakaso, R., Kim, N., Ma, J. (2021). Multicriteria decision analysis framework for part orientation analysis in additive manufacturing. Journal of Computational Design and Engineering, 8 (4), 1141–1157
19. Warsaw maker, K., & Vise, Z. (2015). Investigation of Environmental and Safety Risks (Case Study of Khuzestan Steel Industries), International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Infrastructure, Tabriz. (In Persian)
20. Hepu, D. Y., Chung – Hsing & R. j. Willis. (2000). Inter – Company Comparision Using Modified TOPSIS with Objective Weights. Computer and Operations Research, 27(10), pp. 527-529.
21. Heller, S. (2006). Managing Industrial Risk-having a Tasted and Proven System to Prevent and Assess Risk. Hazardous Material, 130 (17), 58-63.
22. Jozi, S.A., & Salati, P. (2012). Environmental risk assessment of low density polyethylene unit using the method of failure mode and effect analysis. Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly, 18 (1), 103−113.
23. Steen, R.J.C.A., Leonards, P.E.G., Brinkman, U.A.T., Barcelo, D., Tronczynski, J., Albinis, T.A., Cofino, W.P. (1999). Ecological risk assessment of agrochemicals in European estuaries. Environ. Toxicol. Chem, 18 (7), 1574–1581.
24. Smit, HTJ., & Trigeorgis L. (2006). Strategic Planning: Valuing and Managing Portfolios of Real Options. R&D Management, 36(4):403-419.
25. Hatefi, M., & Tamosaitienė, J. (2019). An integrated fuzzy DEMATEL-fuzzy ANP model for evaluating construction projects by considering interrelationships among risk factors. Journal of Civil Engineering and Management, 25 (2), 114-131.