مقاله پژوهشی

پایداری، توسعه و محیط زیست، دوره چهارم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۲(۹۵-۷۵)

ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی و فنی در پروژه احداث تصفیه‌خانه فاضلاب غرب اهواز با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره

پوریا بیژن زاده[۱]

کتایون ورشوساز[۲]*

kvarshosaz@yahoo.com

اصلان اگدرنژاد[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۱۹ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۱۸**

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به اینکه فاضلاب شهری و صنعتی از عوامل اصلی ورود آلودگی‌ها به محیط‌زیست می‌باشند؛ اثرات زیست‌محیطی و ریسک‌های فنی و عملیاتی ناشی از آن در فاز بهره‌برداری همواره مورد توجه بوده است. لیکن اثرات و ریسک‌های آن در فاز احداث نیز مهم است. از این رو، تحقیق حاضر با هدف ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی و فنی پروژه احداث تصفیه‌خانه فاضلاب در غرب اهواز با روش تصمیم‌گیری سلسله مراتبی در سال ۱۴۰۰ انجام شد.

روش بررسی: پس از فاز مطالعاتی، اطلاعات مربوط به پروژه از طریق روش پیمایشی و حضور در محل تصفیه‌خانه گردآوری گردید و تمامی فرآیندهای اجرایی، تجهیزات و تاسیسات مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از روش E-FMEA و نظرات کارشناسان فنی و زیست‌محیطی برای شناسایی ریسک‌های زیست محیطی و فنی استفاده شد. در ادامه، برای وزن‌دهی و اولویت‌بندی پارامترهای روش مورد استفاده، از تصمیم‌گیری چند معیاره (AHP)، استفاده گردید.

یافته‌ها: در مجموع ۱۹ جنبه زیست محیطی و ۲۴ ریسک فنی قابل توجه در فرآیندهای پروژه احداث تصفیه‌خانه غرب اهواز شناسایی شد. در دو مرحله احداث ساختمان‌ها و نصب مخازن و تأسیسات، ریسک‌های زیست‌محیطی و فنی مشابه بودند. در سایر مراحل، ریسک فنی نسبت به زیست‌محیطی از اهمیت بیشتری برخوردار بود. اختلاف تعداد بین دو ریسک فنی و زیست‌محیطی در مراحل حفاری و گودبرداری، نصب فوندانسیون و اسکلت سازه‌ها به ترتیب ۵۰، ۲۵ و ۶۶ درصد بود.

بحث و نتیجه‌گیری: مقایسه کلیه ریسک‌ها نشان داد که ریسک‌های فنی نسبت به ریسک‌های زیست‌محیطی حدود ۲۶ درصد بیشتر بود. به طور کلی نتایج نشان داد که اغلب ریسک‌های زیست‌محیطی در سطح قابل پذیرش و ۸ مورد از ریسک‌های فنی نیازمند رفع هرچه سریعتر قرار داشت.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، تصفیه‌خانه، روش EFMEA، روش AHP.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

۲- استادیار، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

J. Sus. Dev. & Env., Vol 4, No.3, Autumn 2023, pp.75-95

Evaluation of Environmental and Technical Risks in the West Ahvaz Wastewater Treatment Plant Construction Project using Hierarchical Analysis Process

Pouria Bizhanzadeh[1]
Katayoun Varshosaz [2*]
kvarshosaz@yahoo.com
Aslan Egdernezhad[3]

Admission Date: September 9, 2023 Date Received: November 10, 2022

Abstract

Background and Objectives: Considering that urban and industrial sewage are one of the main factors of pollution entering the environment; environmental effects and technical and operational risks resulting from it have always been considered in the operating phase. But its effects and risks are also important in the construction phase. Therefore, the current research was conducted with the aim of evaluating the environmental and technical risks of the wastewater treatment plant construction project in the west of Ahvaz with the hierarchical analysis process (AHP) in 2021.

Material and Methodology: After the study phase, information related to the project was collected through the survey method and presence at the site of the treatment plant, and all executive processes, equipment and facilities were examined. For this purpose, the E-FMEA method and the opinions of experts were used to identify environmental and technical risks. Then, Analytic Hierarchy Process (AHP) was used for weighting and prioritizing the parameters of the used method.

Findings: In total, 19 environmental risks and 24 technical risks were identified in the processes of the West Ahvaz treatment plant construction project. Environmental and technical risks were similar in the two stages of construction of buildings and installation of tanks and facilities. In other stages, technical risk was more important than environmental. The number difference between the two technical and environmental risks in the stages of excavation, installation of foundation and skeleton of structures was 50, 25 and 66%, respectively.

Discussion and Conclusion: The comparison of all risks showed that technical risks were about 26% more than environmental risks. In general, the results showed that most of the environmental risks were at an acceptable level and 8 technical risks needed to be resolved as soon as possible.

Key words: AHP Method, EFMEA Method, Risk Assessment, Wastewater Treatment Plant.

1- M.Sc. Student, Department of Civil Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2 Assistant Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. *(*Corresponding Author*)
3 Assistant Professor, Department of Water Sciences and Engineering, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

مقدمه

امروزه با پیشرفت پروژه‌های عمرانی و افزایش کاربرد ماشین‌آلات، احتمال بروز حوادث در محیط‌های صنعتی افزایش یافته است (۱ و ۲). به همین دلیل، شناسایی حوادث و خطرات به صورت سازمان‌یافته و سیستماتیک امری مهم و ضروری در هر پروژه عمرانی به شمار می‌رود. این عمل با ارزیابی ریسک در بخش‌های مختلف هر پروژه انجام می‌شود (۳). این روش در واقع پیش‌بینی خطر در آینده نیست بلکه برآورد احتمال آماری وقوع یک حادثه می‌باشد. در واقع، ریسک اندازه‌گیری احتمال و مقدار عدم دستیابی به اهداف از پیش تعیین شده است. از این رو، با دارا نبودن دانش از اتفاق یک واقعه در آینده یکسان در نظر گرفته می‌شود (۴). به همین دلیل، براساس میزان احتمال رخداد آن پدیده، لازم است تمهیدات مناسب برای جلوگیری از آن در نظر گرفته شود. برای این کار، در نخستین قدم، باید برآورد ریسک برای رتبه بندی تصمیمات، جهت کاهش خطرات احتمالی به یک سطح قابل قبول را تعیین کرد (۳ و ۵). این کار فرآیند سیستماتیک شناسایی، آنالیز و پاسخگویی به ریسک پروژه می‌باشد که در پی افزایش و به حداکثر رساندن احتمال و پیامدهای حوادث مطلوب و به حداقل رساندن احتمال و عواقب اتفاقات نامطلوب و با اثر منفی بر روی اهداف پروژه تعیین می‌گردد (۶).

با توجه به ماهیت حاکم بر تعیین ریسک، لازم است از ابزارهای تصمیم‌گیری استفاده کرد که در یک زمان قابلیت در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف پروژه را براساس اولویت‌بندی هر بخش داشته باشند (۱۳). یکی از ابزارهای مفید و کاربردی در این خصوص استفاده از تحلیل سلسله مراتبی[1](AHP) است. این ابزار یک روش ساده محاسباتی بر پایهٔ عملیات اصلی روی ماتریس‌های دودویی می‌باشد که با ایجاد سلسله مراتب مناسب و پردازش گام به گام و ساخت ماتریس‌های تطبیقی در سطوح مختلف سلسله مراتب، مقادیر ویژه‌ی آن را محاسبه می‌کند (۱۲). سپس این ماتریس در بردار ضرایب وزنی نهایی، که نشان دهنده‌ی اهمیت نسبی هر گزینه با توجه به هدف رأس سلسله مراتب است، ضرب شده و مقدار نهایی تعیین می‌شود (۷).

از روش AHP در مطالعات مختلف ارزیابی ریسک استفاده شده است (۹). به عنوان مثال، جوزی و شمس‌خوزانی (۶) با استفاده از AHP، به بررسی ریسک‌های زیست محیطی واحد گاز نیروگاه حرارتی شهید مدحج زرگان اهواز پرداختند. این محققان با هدف کاهش شدت در احتمال وقوع در گستره آلودگی در این نیروگاه، ۱۶ معیار مختلف را مورد مطالعه قرار داده و گزارش کردند که ۳۰ درصد ریسک‌ها در دسته اول (ریسک‌های کم)، ۶۰ درصد در دسته دوم (ریسک‌های متوسط) و ۱۰ درصد در دسته سوم (ریسک‌های بالا) قرار داشتند. نژادبیگلری و محمدی‌زاده (۸) به شناسایی ریسک‌های بحرانی و اثرات آن‌ها بر یکدیگر برای پروژه‌های ساخت در مجتمع معدنی وصنعتی گل گهر سیرجان پرداختند. این محققان برای ارزیابی ریسک از روش مقایسات زوجی استفاده کردند. بر اساس نتایج بدست آمده، ریسک تورم و تغییرات ناگهانی در قیمت واحد مصالح و تغییرات نرخ ارز تاثیرپذیرترین عامل در بین ریسک‌های شناسایی شده بود. همچنین ریسک‌هایی مانند ضعف مدیریت انسانی، مالی و تجهیزات و عدم کنترل هزینه‌ها تاثیرگذارترین عوامل در بین ریسک های شناسایی شده قابل مدیریت معرفی شد. استفر هلر (۹) با استفاده از روش AHP به ارزیابی ریسک پروژه‌های صنعتی پرداخت. این محقق نشان داد که با بررسی احتمال وقوع، پی‌آمد و تکرار خطرات احتمالی به تعیین شاخص ریسک برای هر کدام پرداخت. در نهایت گزینه‌های مختلف مکانی برای احداث پروژه با استفاده از روش AHP اولویت‌بندی شد.

امروزه نقش تصفیه‌خانه‌های آب در شهرها برای جلوگیری از آلودگی زیست‌محیطی منابع آب غیرقابل انکار است. حفظ محیط زیست به حدی اهمیت دارد که بدون آن نمی‌توان رشد اقتصادی را برای هیچ کشوری متصور بود (۱۰). به همین دلیل ارزیابی ریسک در این واحدها علاوه بر مسائل فنی، از دیدگاه زیست‌محیطی نیز اهمیت دارد (۱۲). ارزیابی ریسک زیست

1- Analytic Hierarchy Process

محیطی یکی از حوزه‌های فرعی فعالیت ارزیابی ریسک است و سنجش ریسک های مربوط به محیط زیست می‌باشد که بر اثر فعالیت‌های صنعتی و یا دیگر طرح‌های عمرانی انجام می‌گیرد. این نوع ارزیابی از سال ۱۹۹۰ توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا توصیه شد (۱۷) و شامل شناسایی محیط زیست تحت تاثیر، مدلسازی زمانی و مکانی، ارزیابی اجزاء مهم اکولوژیک با در نظر گرفتن حساسیت‌های زیست محیطی، برآورد کمیت ریسک، مقایسه با معیارهای موجود و شناسایی اقدامات کاهش ریسک می‌باشد (۱۱). در خصوص ارزیابی ریسک در واحدهای تصفیه‌خانه، مطالعات مختلفی انجام شده است. تابش و همکاران (۱۲) مطالعه‌ای روی ارزیابی خطرپذیری تصفیه‌خانه‌های آب در منطقه جلالیه تهران انجام دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد تصفیه‌خانه با احتمال ۱۹-۱۰ درصد با شکست مواجه می‌شود که این مقدار ریسک در محدوده کم تا متوسط قرار داشت (۱۸). عوامل مختلفی موجب تهدید عملکرد و راندمان تصفیه می‌شد که طراحی نامناسب مخزن، خرابی تجهیزات برق‌رسانی، شکست لوله انتقال و تعمیر و نگهداری نامناسب پمپ‌ها بیشترین سهم را در رویکرد و عملکرد تصفیه‌خانه داشت (۱۹). نیکو و همکاران (۱۳) مطالعه‌ای به منظور تحلیل ریسک در تصفیه‌خانه آب سلمان فارسی انجام دادند. در این پژوهش، ریسک هر یک از عوامل تهدید کننده سیستم تصفیه‌خانه آب به طور مجزا و توسط روش فازی AHP مشخص شد. نتایج نشان داد که زلزله با ۱۳/۷ درصد بیشترین درصد ریسک را به عنوان یک عامل تهدیدکننده سیستم تصفیه‌خانه سلمان فارسی داشت و مخازن کلر به عنوان آسیب‌پذیرترین بخش تصفیه‌خانه شناخته شد. یزدانی (۱۴) ریسک‌های خطوط انتقال فاضلاب به تصفیه‌خانه دشت ورامین را بررسی کردند. نتایج این محققان نشان داد که شکست جوش و زنگ‌زدگی خطوط از جمله عوامل موثر در بروز حوادث برای این تصفیه‌خانه بود. وون و همکاران (۱۵) با مطالعه ریسک‌های مختلف در تصفیه‌خانه فاضلاب نشان دادند که استنشاق غبار و سیمان در فاز احداث، اثرات بهداشتی نامطلوبی بر کارکنان داشت. همچنین انتشار غبار در فرایندهای مختلف احداث این تصفیه‌خانه از جمله ریسک‌های زیست‌محیطی تعیین شد. سو و همکاران (۱۶) در مطالعه خود، مکان‌یابی جهت احداث تصفیه‌خانه فاضلاب را مهم‌ترین مولفه مرتبط با امور زیست‌محیطی عنوان کرد. این محققان بیان کردند که آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی از اثرات احداث تصفیه‌خانه فاضلاب هستند. هرچند این اثرات در فاز احداث محدود هستند، اما مکانیابی نامطلوب می‌تواند ریسک زیست‌محیطی قابل توجهی در فاز بهره‌برداری بر جای بگذارد.

به طور کلی هر پروژه عمرانی شامل چهار مرحله طراحی، احداث، بهره‌برداری و اسقاط است (۱۱). در مطالعات انجام شده روی ارزیابی ریسک در تصفیه‌خانه‌ها، عمدتاً ارزیابی ریسک با یک روند خاص، برای پروژه‌ها و طرح‌های عمرانی پیشنهادی در مرحله بهره‌برداری در نظر گرفته شده است و کمتر به برنامه‌ریزی، طرح‌ریزی و یا سیاست‌گذاری در زمان احداث پروژه پرداخته شده است. به همین دلیل، این پژوهش با هدف ارزیابی ریسک های زیست محیطی و فنی در پروژه احداث تصفیه‌خانه فاضلاب غرب اهواز با استفاده از روش AHP انجام شد.

روش بررسی

این پژوهش روی تصفیه خانه فاضلاب غرب اهواز در سال ۱۴۰۰ انجام شد. این تصفیه‌خانه با ظرفیت ۴۳۴۶۱ مترمکعب در روز و برای جمعیتی معادل ۲۰۰ هزار نفر در حال بازسازی و احداث مجدد است. بنا به دلایل متعدد ابنیه قبلی و تجهیزات تصفیه‌خانه دچار آسیب شده و از دو خط جریان آن تنها یک خط در حال حاضر قابل بهره‌برداری است. حوضچه‌های بتنی و تاسیسات تصفیه‌خانه نیاز به بازسازی، تعمیر و تعویض دارند. علاوه بر آن، باید ظرفیت تصفیه‌خانه در فازهای مختلف با ساخت واحدهای جدید افزایش یابد و به ظرفیت ۱۷۴۲۰۰ مترمکعب در روز برای جمعیتی معادل۸۷۱ هزار نفر برسد. به منظور شناسایی و ارزیابی ریسک‌ها، مراحل اجرایی اصلی پروژه تعیین و ریسک های مربوط به هر فرآیند شناسایی شد. فرآیندهای عملیاتی اصلی در احداث این تصفیه‌خانه شامل حفاری و گودبرداری، نصب فونداسیون، نصب اسکلت سازه‌ها، فرآیند نصب مخازن و تاسیسات و احداث ساختمان‌ها است. به

منظور ارزیابی ریسک‌های فنی و زیست‌محیطی این پروژه، جنبه‌های زیست‌محیطی و فنی در هر مرحله از عملیات شناسایی شدند (۲۰).

ریسک فنی

از این روش برای تصمیم‌گیری در باره ضرورت و موجه بودن هزینه‌های حذف خطر و همچنین لزوم اجرای هرچه سریعتر برنامه‌های کنترل خطرات استفاده می‌شود. اساس این روش بر پایه محاسبه و ارزیابی نمره ریسک به صورت زیر می‌باشد (۱۳).

$$R= P\times C \quad (1)$$

که در این رابطه، R میزان ریسک، P احتمال وقوع و C شدت پیامد است. مقادیر عددی شدت پیامد و احتمال وقوع به ترتیب در جداول (۱) و (۲) نشان داده شده است. میزان ریسک به دست آمده از رابطه (۱) براساس مقدار عددی جدول (۳) به چهار گروه تقسیم می‌شود.

جدول ۱- مقادیر پیامد برای تعیین ریسک فنی

Table 1. Consequence values for determining technical risk

طبقه‌بندی	مقدار
خسارات وارده بیش از ۱,۰۰۰,۰۰۰ دلار، توقف طولانی فعالیت	۶
خسارات بین ۴۰۰,۰۰۰ تا ۱,۰۰۰,۰۰۰ دلار	۵
خسارات بین ۱۰۰,۰۰۰ تا ۴۰۰,۰۰۰ دلار	۴
خسارات بین ۱۰۰۰ تا ۱۰۰,۰۰۰ دلار	۳
خسارات تا ۱۰۰۰ دلار	۲
خسارات اندک	۱

جدول ۲- مقادیر احتمال وقوع برای تعیین ریسک فنی

Table 2. Probability values for determining technical risk

طبقه بندی	نرخ
پیامدهای کامل حادثه (در صورت وقوع رویداد خطر کاملاً محتمل و مورد انتظار)	۵
کاملاً ممکن است، غیر معمول نیست، شانس وقوع ۵۰-۵۰ دارد	۴
یک تصادف و امری غیر معمول خواهد بود	۳
پس از چندین سال مواجهه رخ نمی دهد، ولی گاهگاهی ممکن است به وقوع پیوندد	۲
عملاً یک پیامد غیرمحتمل است (هرگز رخ نداده است)	۱

جدول ۳- نمره ریسک و فعالیت‌های ضروری

Table 3. The risk and essential activities values

فعالیت لازم	نمره
نیاز فوری به فعالیت‌های تصحیحی (تا کاهش خطر فعالیت‌ها بایستی متوقف شود)	۳۰-۲۰
نیازمند بررسی و توجه هر چه سریعتر است	۱۹-۱۰
خطر بایستی حذف شود ولی وضعیت اضطراری نیست	۹-۱

ریسک زیست محیطی

ارزیابی اثرات محیط زیستی پروژه مورد مطالعه با روش EFMEA[1] انجام گرفت (۱۴). برای کاربرد روش EFMEA در مرحله شناسایی جنبه‌های زیست محیطی، ابتدا به دو گروه - الف: آن دسته از جنبه های زیست محیطی که باعث انتشار یا تولید انواع آلودگی‌ها، ضایعات، پسماندها و فاضلاب ها در محیط زیست می شوند و ب: آن دسته از جنبه های زیست محیطی که سبب کاهش منابع طبیعی بر اثر استفاده از این منابع می‌شوند، تقسیم می‌شود (۱۸). از جمله این موارد می‌توان به استفاده از انواع سوخت‌های فسیلی، استفاده از آب، انرژی برق، هوای فشرده و اکسیژن اشاره کرد. (۲۲).

بر این اساس ضریب تخریب مورد نظر از ضرب سه مشخصه شدت، احتمال وقوع و گستره آلودگی یا امکان بازفت زیست‌محیطی محاسبه می‌شود (رابطه ۲).

$$RPN=R\times P\times N \qquad (۲)$$

که در این رابطه، RPN ضریب تخریب، R شدت وقوع، P احتمال وقوع و N گستره آلودگی یا امکان بازیافت زیست‌محیطی است. به منظور امتیازدهی به عوامل زیست‌محیطی، از روش EFMEA استفاده شد (۱۶). نحوه امتیازدهی در این روش به این صورت است که برای مشخصه شدت اعدادی بین ۱ تا ۵ به عوامل داده می‌شود. به طوری که در شدیدترین حالت امتیاز ۵ و در کمترین حالت امتیاز ۱ به مشخصه مورد نظر تعلق می گیرد. در مورد میزان احتمال وقوع نیز اعدادی بین ۱ تا ۵ داده می‌شود به طوری که در بیشترین و کمترین حالت احتمال وقوع به ترتیب اعداد ۵ و ۱ نمره‌دهی می‌شود (۱۴). در مورد مشخصه های گستره آلودگی یا امکان بازیافت نیز بازه ۱ تا ۵ مد نظر قرار می‌گیرد. بدین ترتیب که بیشترین امتیاز عدد ۵ و کمترین امتیاز عدد ۱ را به خود اختصاص می‌دهد. جداول مربوط به رتبه بندی شدت، احتمال وقوع، گستره آلودگی یا امکان بازیافت در جدول (۴) نشان داده شده است (۲۳).

1- Environmental - Failure Modes and Effects Analysis

جدول ۴- رتبه‌بندی شدت، احتمال وقوع و گستره آلودگی (۲۱)

Table 4. Severity, occurrence and extent of contamination rating

شدت مشخصه	شرح شدت مشخصه	امتیاز
شدت		
شدید / فاجعه آفرین	بسیار مضر یا مخرب بالقوه / اتلاف یا مصرف بسیار زیاد منابع	۵
جدی	مضر اما مخرب بالقوه نمی باشد / اتلاف یا مصرف زیاد منابع	۴
متوسط	نسبتا مضر / اتلاف یا مصرف متوسط منابع	۳
خفیف	پتانسیل کم برای ضرر داشته باشد / اتلاف یا مصرف کم منابع	۲
ضرر ناچیز	ضرر ناچیز و قابل صرف نظر/اتلاف یا مصرف ناچیز منابع	۱
احتمال وقوع		
رخداد حتمی	امکان دارد هر روز رخ دهد.	۵
رخداد معمول	امکان دارد در طول هفته رخ دهد.	۴
رخداد محتمل و متوسط	امکان دارد در طور ماه رخ دهد.	۳
رخداد کم مقدار	امکان دارد در طول سال یکبار رخ دهد.	۲
رخداد غیر ممکن و بعید	امکان دارد هر ۱۰ سال رخ دهد.	۱
گستره آلودگی		
خیلی زیاد	منطقه‌ای	۵
زیاد	در سطح پروژه	۴
متوسط	در سطح کارگاه	۳
کم	در سطح واحد	۲
خیلی کم	در سطح ایستگاه کاری	۱
امکان بازیافت		
خیلی زیاد	مصرف منابع غیر قابل بازیافت	۵
زیاد	مصرف منابع قابل بازیافت	۴
متوسط	اتلاف منابع غیر قابل بازیافت	۳
کم	اتلاف منابع با قابلیت بازیافت و اصلاح سخت	۲
خیلی کم	اتلاف منابع با قابلیت بازیافت و اصلاح آسان	۱

وزن‌دهی با روش AHP

به منظور وزن‌دهی به جنبه‌های مختلف مورد مطالعه در این تحقیق، چک‌لیست‌های مقایسات زوجی تهیه شد. سپس از ۱۰ کارشناس عمران و محیط زیست آشنا به پروژه‌های مشابه برای پر کردن پرسشنامه‌ها کمک گرفته شد. سپس برای اولویت‌بندی ریسک‌ها، روش AHP با استفاده از نرم‌افزار AHP SOLVER 2015 مورد استفاده قرار گرفت (۱۷). در این روش، ابتدا ماتریس مقایسه دوتایی به صورت یک ماتریس n×n (رابطه ۳) تشکیل می‌شود. این ماتریس در واقع تخصیص امتیازات عددی مربوط به مقایسه زوجی اهمیت دو گزینه یا دو شاخص براساس جدول (۵) صورت می‌گیرد (۱۱).

$$A=\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (۳)$$

در رابطه فوق a_{ij} ترجیح عنصر i نسبت به عنصر j می‌باشد. در مقایسه زوجی معیارها نسبت به یکدیگر بنا به شرط معکوسی رابطه (۴) برقرار است (۱۵).

$$a_{ij}=\frac{1}{a_{ji}} \quad (۴)$$

جدول ۵- مقیاس انجام مقایسات زوجی

Table 5. Pairwise comparison scale

مقایسه نسبی شاخص‌ها (قضاوت شفاهی)	امتیاز عددی
اهمیت مطلق	۹
اهمیت خیلی قوی	۷
اهمیت قوی	۵
اهمیت ضعیف	۳
اهمیت یکسان	۱
ترجیحات بین فاصله‌های بالا	۲، ۴، ۶ و ۸

سپس وزن نهایی هر الگو براساس رابطه (۵) محاسبه شد.

$$A=\sum_{j=1}^{n} a_{ij}.w_j \quad (۵)$$

که در روابط مذکور a_{ij} ترجیح عنصر iام بر jام است و w_j نشانگر اهمیت معیار و A ماتریس مقایسه زوجی است (۱۶).

یافته‌ها

حفاری و گودبرداری

نتایج ارزیابی ریسک‌های زیست‌محیطی در مرحله حفاری و گودبرداری پروژه احداث تصفیه‌خانه غرب اهواز در جدول (۶) نشان داده شده است. براساس این نتایج، انتشار آلاینده‌های هوای ناشی از فعالیت ماشین‌آلات حفاری و گودبرداری از نظر شدت وقوع در دسته ضرر ناچیز، از نظر احتمال وقوع در دسته حتمی و از نظر گستره آلودگی در دسته خیلی‌کم قرار اشت. بنابراین ضریب تخریب زیست‌محیطی برای این جنبه برابر با ۱۰ به دست آمد. آلودگی هوا ناشی از انتشار ذرات غبار نیز از نظر شدت وقوع در دسته خفیف، از نظر احتمال وقوع در دسته حتمی و از نظر گستره آلودگی در دسته کم قرار داشت. مقدار ضریب زیست‌محیطی برای این جنبه برابر با جنبه انتشار آلاینده‌های هوا بود. مقدار تخریب زیست‌محیطی ریزش روغن و گازوئیل و تخریب اکوسیستم ناشی از فعالیت ماشین‌آلات به عنوان سومین و چهارمین جنبه زیست‌محیطی کمتر از دو جنبه‌ی قبلی بود. سه ریسک فنی این پروژه شامل برخورد پاکت بیل مکانیکی با خطوط لوله گاز، نفت و آب بود. شدت وقوع برخورد پاکت با خطوط لوله گاز و نفت در دسته شدید و وقوع برخورد پاکت با لوله آب در دسته متوسط قرار داشت. بنابراین در دو جنبه اول فعالیت پروژه به مدت طولانی متوقف شده و خسارت وارده زیاد است. ولی در جنبه سوم شدت خسارت وارده کمتر است. احتمال وقوع هر سه رخداد به صورت یک امر تصادفی و غیر معمول است. برخورد ماشین‌آلات با کارگران در محل پروژه با مقدار ریسک ۱۲ لازم است مورد توجه قرار گیرد زیرا احتمال وقوع آن مشابه با سه جنبه قبلی است. برخورد ماشین‌آلات با خطوط برق مقدار یکسانی با خطرات ناشی از برخورد پاکت بیل حفاری با خطوط آب داشت.

واژگونی ماشین‌آلات در زمان احداث این پروژه از مقدار ریسک کمتری نسبت به سایر جنبه‌ها برخوردار بود.

جدول ۶- ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی فرآیند حفاری و گودبرداری پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

Table 6- Environmental risk assessment of the drilling and trenching (the construction phase of the west Ahvaz water treatment plant)

جنبه زیست محیطی	پیامد جنبه زیست محیطی	شدت وقوع	احتمال وقوع	گستره آلودگی	RPN	معیار پذیرش
انتشار آلاینده‌های هوا ناشی از ماشین آلات حفاری و گودبرداری	آلودگی هوا	۱	۵	۲	۱۰	قابل پذیرش
انتشار ذرات غبار ناشی از ماشین آلات حفاری و گودبرداری	آلودگی هوا	۲	۵	۱	۱۰	قابل پذیرش
ریزش روغن و گازوئیل از ماشین آلات حفاری و گودبرداری	آلودگی خاک	۱	۴	۱	۴	قابل پذیرش
تخریب اکوسیستم ناشی از فعالیت ماشین آلات	تخریب اراضی	۱	۵	۱	۵	قابل پذیرش

جدول ۷- ارزیابی ریسک‌های فنی فرآیند حفاری و گودبرداری پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

Table 7. Technical risk assessment of the drilling and trenching (the construction phase of the west Ahvaz water treatment plant)

ریسک فنی	پیامد ریسک	شدت وقوع	احتمال وقوع	R	معیار پذیرش
برخورد پاکت بیل مکانیکی با خط لوله گاز زیرزمینی	انفجار خطوط گاز	۶	۳	۱۸	نیازمند بررسی هرچه سریع‌تر
برخورد پاکت بیل مکانیکی با خط لوله نفت زیرزمینی	حریق	۶	۳	۱۸	نیازمند بررسی هرچه سریع‌تر
برخورد پاکت بیل مکانیکی با خط لوله آب زیرزمینی	قطع جریان آب	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت
برخورد ماشین آلات حفاری با خطوط برق	برق گرفتگی و حریق	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت
واژگونی ماشین آلات حین عملیات حفاری	برخورد اجسام	۳	۲	۶	قابل پذیرش موقت
برخورد ماشین آلات حفاری با کارگران حاضر در محل	تصادف و آسیب	۴	۳	۱۲	نیازمند بررسی هرچه سریع‌تر

نتایج اولویت‌بندی جنبه‌های زیست‌محیطی و فنی در شکل (۱) نشان داده شده است. براساس نتایج، انتشار آلاینده‌های هوا ناشی از فعالیت ماشین آلات (۰/۴) و ریزش روغن و گازوئیل از این ماشین‌آلات (۰/۱۵) به‌ترتیب بیشترین و کمترین وزن از

نظر تخریب محیط‌زیست داشتند. برخورد ماشین‌آلات حفاری با کارگران حاضر در محل با مقدار ۰/۲۲ مهم‌ترین ریسک فنی این فرآیند تعیین شد. پس از آن، برخورد پاکت بیل‌مکانیکی با خط لوله گاز زیرزمینی و واژگونی ماشین آلات حین عملیات حفاری به ترتیب با اوزان ۰/۲۱ و ۰/۱۸ نسبت به سایر جنبه‌های فنی از ریسک بیشتری برخوردار بودند. کمترین ریسک فنی نیز برخورد پاکت بیل‌مکانیکی با خطوط لوله آب (۰/۰۸) و نفت (۰/۱۱) تعیین شد.

شکل ۱- نتیجه اولویت‌بندی ریسک‌های زیست محیطی (a) و فنی (b) درفرآیند حفاری و گودبرداری در پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

Figure 1. The result of prioritizing the environmental (a) and technical (b) risks in the drilling and trenching (the construction phase of the west Ahvaz water treatment plant)

نصب فونداسیون

ارزیابی ریسک‌های فنی و زیست‌محیطی نصب فوندانسیون در این پروژه به‌ترتیب در جدول‌های (۹) و (۱۰) نشان داده‌شده است. از نظر جنبه‌های زیست‌محیطی، سه پیامد به آلودگی هوا و یک جنبه به آلودگی خاک اختصاص داشت. بیشترین مقدار ضریب تخریب به مصرف سوخت ناشی از فعالیت پمپ بتن و سایر ماشین‌آلات اختصاص داشت. احتمال وقوع این مورد مشابه سایر جنبه‌ها بود ولی از نظر شدت وقوع و گستره آلودگی نسبت به سایر جنبه‌ها شدیدتر بود. کمترین ضریب تخریب نیز به انتشار سیمان در محیط اختصاص داشت فقط از نظر احتمال وقوع در وضعیت حاد است. به جز عدم کنترل نازل پمپ بتن حین بتن‌ریزی، سایر ریسک‌های فنی دارای مقدار یکسان بودند. پیامد ریسک‌های فنی در سه مورد برخورد اجسام و تصادف تعیین شد که از این نظر لازم است تمهیدات لازم در این پروژه مد نظر قرار گیرد. پس از وزن‌دهی به همه‌ی جنبه‌ها، مهم‌ترین ریسک زیست‌محیطی و فنی به ترتیب پسماند بتن و سیمان

ناشی از شستشوی تراک میکسرها (۰/۳۸) و عدم کنتـرل نـازل پمپ بتن حین بتن‌ریزی (۰/۲۳) تعیین شدند.

جدول ۸- ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی فرآیند نصب فونداسیون پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

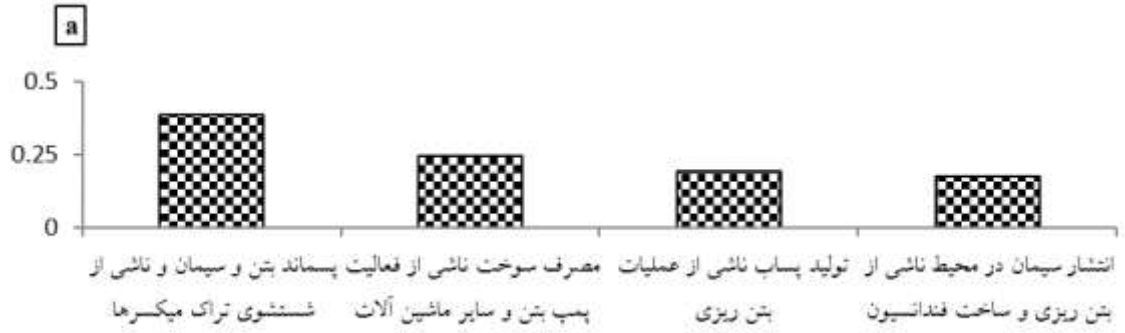
Table 8. Environmental risk assessment of the installing the framework of structures (the construction phase of the west Ahvaz water treatment plant)

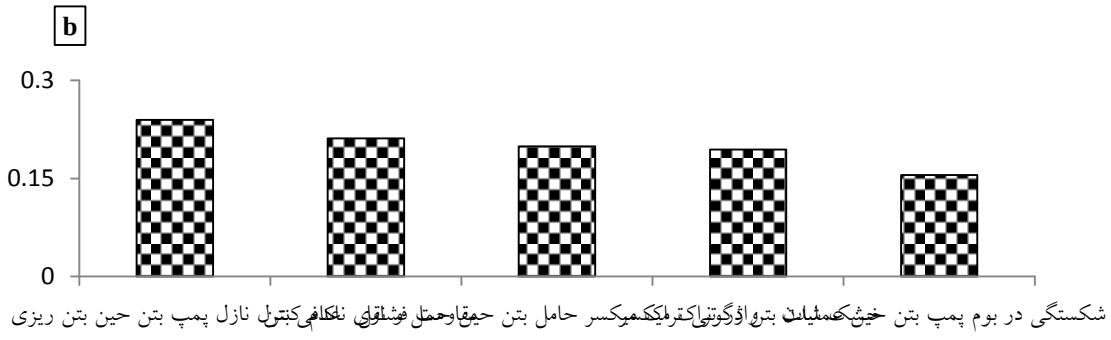
جنبه زیست محیطی	پیامد جنبه زیست محیطی	شدت وقوع	احتمال وقوع	گستره آلودگی	RPN	معیار پذیرش
انتشار سیمان در محیط ناشی از بتن ریزی و ساخت فندانسیون	آلودگی هوا	۱	۵	۱	۵	قابل پذیرش
تولید پساب ناشی از عملیات بتن ریزی	آلودگی خاک	۲	۵	۱	۱۰	قابل پذیرش
مصرف سوخت ناشی از فعالیت پمپ بتن و سایر ماشین آلات	آلودگی هوا	۲	۵	۲	۲۰	قابل پذیرش
پسماند بتن و سیمان و ناشی از شستشوی تراک میکسرها	آلودگی خاک	۲	۵	۱	۱۰	قابل پذیرش

جدول ۹- ارزیابی ریسک‌های فنی فرآیند نصب فونداسیون پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

Table 9. Technical risk assessment of skeleton structures
(the construction phase of the west Ahvaz water treatment plant)

ریسک فنی	پیامد ریسک	شدت وقوع	احتمال وقوع	R	معیار پذیرش
مقاومت فشاری ناکافی بتن	تخریب ناگهانی ساختمان	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت
خشک شدن بتن در تراک میکسر	خسارت مالی جهت تخلیه بتن	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت
شکستگی در بوم پمپ بتن حین عملیات	برخورد اجسام	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت
عدم کنترل نازل پمپ بتن حین بتن‌ریزی	برخورد اجسام	۲	۴	۸	قابل پذیرش موقت
واژگونی تراک میکسر حامل بتن حین حمل و نقل	تصادف و برخورد	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت





شکل ۲- نتیجه اولویت‌بندی ریسک‌های زیست محیطی (a) و فنی (b) فرآیند نصب فوندانسیون در پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

Figure 2. The result of prioritizing environmental (a) and technical (b) risk of the installing the skeleton of structures (the construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

نصب اسکلت سازه‌ها

در مرحله نصب اسکلت سازه‌ها، سه جنبه برای ریسک‌های زیست‌محیطی شناسایی شد که دو جنبه مصرف انرژی برای تولید برق در فرایند جوشکاری و تولید گازهای سمی در جوشکاری قوس الکتریکی از نظر ضریب تخریب مشابه بودند. تولید پسماند الکترود جوش از نظر احتمال وقوع در رده پایین‌تری نسبت به دو جنبه قبلی قرار داشت. در این مرحله، کلیه ریسک‌های زیست‌محیطی قابل پذیرش بودند. از نظر ریسک‌فنی، بیشترین مقدار به جنبه‌های وجود تخلخل و ترک در محل جوش و تغییر شکل جوش اختصاص داشت. این دو جنبه از نظر شدت وقوع سبب خسارت زیادی به پروژه می‌شوند. همچنین احتمال وقوع آن‌ها نسبت به سایر جنبه‌ها بیشتر بود. کمترین ریسک به سقوط سازه فلزی روی کارکنان اختصاص داشت که از نظر معیار پذیرش در دسته پذیرش موقت دسته‌بندی شد. نتایج وزن‌دهی به جنبه‌های زیست‌محیطی نشان داد که مصرف انرژی برای تولید برق در فرایند جوشکاری (۰/۵۲) بیشترین و تولید گازهای سمی در جوشکاری قوس الکتریکی (۰/۱۹) کمترین ریسک را از نظر کارشناسان داشت. تفاوت زیادی بین ریسک‌های فنی پس از وزن‌دهی با روش AHP مشاهده نشد به طوری که بین جنبه سقوط سازه فلزی روی کارکنان (۰/۲۲) و تغییر شکل جوش (۰/۱۶) تفاوت زیادی از نظر مقدار ریسک مشاهده نشد.

جدول ۱۰- ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی فرآیند نصب اسکلت سازه‌ها پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

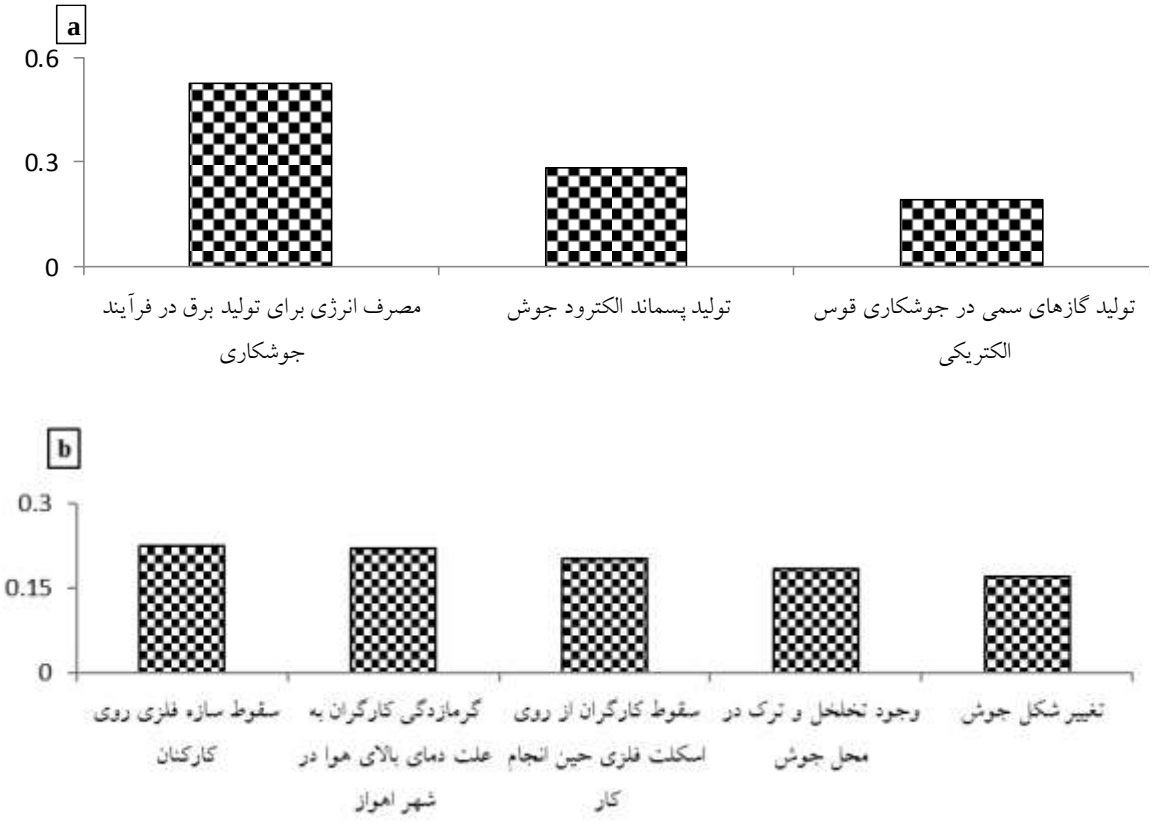
Table 10. Environmental risk assessment of the installing of skeleton structures (the construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

جنبه زیست محیطی	پیامد جنبه زیست محیطی	شدت وقوع	احتمال وقوع	گستره آلودگی	RPN	معیار پذیرش
مصرف انرژی برای تولید برق در فرآیند جوشکاری	آلودگی هوا	۱	۵	۱	۵	قابل پذیرش
تولید گازهای سمی در جوشکاری قوس الکتریکی	آلودگی هوا	۱	۵	۱	۵	قابل پذیرش
تولید پسماند الکترود جوش	تولید پسماند	۱	۴	۱	۴	قابل پذیرش

جدول ۱۱- ارزیابی ریسک‌های فنی فرآیند اسکلت سازه‌ها

Table 11. Technical risk assessment of installing of skeleton structures (the construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

ریسک فنی	پیامد ریسک	شدت وقوع	احتمال وقوع	RPN	معیار پذیرش
وجود تخلخل و ترک در محل جوش	شکست جوش	۴	۴	۱۶	نیازمند بررسی هرچه سریع تر
تغییر شکل جوش	شکست جوش	۴	۴	۱۶	نیازمند بررسی هرچه سریع تر
سقوط سازه فلزی روی کارکنان	برخورد اجسام	۴	۲	۸	قابل پذیرش موقت
سقوط کارگران از روی اسکلت فلزی حین انجام کار	سقوط از ارتفاع	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت
گرمازدگی کارگران به علت دمای بالای هوا در شهر اهواز	آسیب فیزیکی	۲	۵	۱۰	نیازمند بررسی هرچه سریع تر



شکل ۳- نتیجه اولویت‌بندی ریسک‌های زیست محیطی (a) و فنی (b) فرآیند نصب اسکلت سازه‌ها در پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

Figure 3. Prioritizing environmental (a) and technical (b) risks. the process of installing of skeleton structures (the Construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

فرآیند نصب مخازن و تاسیسات

احتمال وقوع جنبه‌های محیط‌زیستی در فرایند نصب مخـازن و تأسیسات زیـاد و مشـابه یکـدیگر بـود. شـدت وقـوع و گسـتره آلودگی مصرف آب در فرایند نسبت به سایر جنبه‌ها کمتر بـود. با این وجود، کلیه ریسک‌های زیست‌محیطی در این مرحله قابل پذیرش اسـت. از نظـر ریسـک فنـی، عـدم تناسـب بـار و تنـاژ جرثقیل، که منجر به واژگونی جرثقیل می‌شود، مقـدار ریسـک بالایی داشت. به همین دلیل نیازمند بررسی هـر چـه سـریع‌تـر می‌باشد. سایر جنبه‌ها از نظر معیار پـذیرش در دسـته پـذیرش موقت قرار گرفتند. بـا ایـن وجـود، پـس از وزن‌دهـی بـه کلیـه عوامل، سقوط تجهیزات از قلاب جرثقیل حین جابجایی (۰/۳۴) بیشترین وزن را نسبت به سایر جنبه‌های فنی داشت. جنبه‌های زیست‌محیطی، به جز مصرف آب در فرایند (۰/۱۶)، از نظر وزن در یک دسته (۰/۲۸) قرار داشتند.

جدول ۱۲- ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی فرایند نصب مخازن و تاسیسات

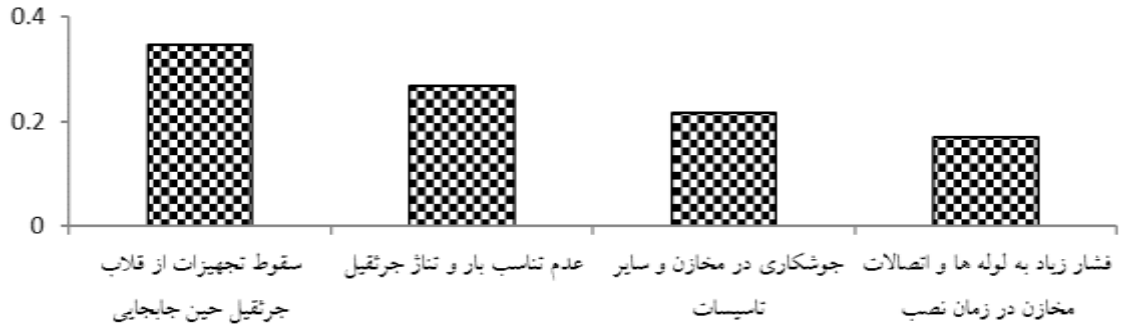
Table 12. Environmental risk assessment in the construction of buildings (the construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

جنبه زیست محیطی	پیامد جنبه زیست محیطی	شدت وقوع	احتمال وقوع	گستره آلودگی	RPN	معیار پذیرش
مصرف انرژی برق و سوخت های فسیلی	آلودگی هوا	۲	۵	۲	۲۰	قابل پذیرش
مصرف آب در فرآیند	مصرف منابع	۱	۵	۱	۵	قابل پذیرش
انتشار آلاینده های هوا ناشی از مصرف برق و عملکرد ماشین آلات	آلودگی هوا	۲	۵	۲	۲۰	قابل پذیرش
تولید پسماند و پساب ناشی از فرآیند نصب تجهیزات و مخازن	تولید پسماند	۳	۵	۲	۳۰	قابل پذیرش

جدول ۱۳- ارزیابی ریسک‌های فنی فرایند نصب مخازن و تاسیسات

Table 13. The technical risk assessment of building construction (the Construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

ریسک فنی	پیامد ریسک	شدت وقوع	احتمال وقوع	RPN	معیار پذیرش
سقوط تجهیزات از قلاب جرثقیل حین جابجایی	برخورد اجسام	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت
عدم تناسب بار و تناژ جرثقیل	واژگونی جرثقیل	۳	۴	۱۲	نیازمند بررسی هرچه سریع‌تر
جوشکاری در مخازن و سایر تاسیسات	حریق	۲	۲	۴	قابل پذیرش موقت
فشار زیاد به لوله ها و اتصالات مخازن در زمان نصب	شکست اتصالات	۲	۳	۶	قابل پذیرش موقت



شکل ۴- نتیجه اولویت‌بندی ریسک‌های زیست محیطی (a) و فنی (b) فرآیند نصب مخازن و تأسیسات در پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

Figure 4. The result of prioritizing the environmental (a) and technical (b) risks of the building construction process (the construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

احداث ساختمان‌ها

در فرایند احداث ساختمان چهار جنبه زیست‌محیطی شناسایی شد که دو مورد از آن‌ها ضریب تخریب بسیار پایین (RPN=۵) داشتند. از نظر احتمال وقوع همه جنبه‌ها جز رویدادهای حتمی به شمار می‌روند. با این وجود دو جنبه انتشار ذرات غبار حین عملیات ساختمانی و پساب شستشو حین عملیات ساختمانی از نظر شدت وقوع و گستره آلودگی در دسته‌های پایین طبقه‌بندی شدند. جنبه تولید پسماند و نخاله‌های ساختمانی حین عملیات از مقدار ضریب تخریب بالایی برخوردار بود و برای پذیرش، نیاز به بررسی و اصلاح دارد. داربست غیرایمن در فاز ساختمانی منجر به سقوط از ارتفاع می‌گردد. این مورد چه از نظر شدت وقوع و چه از نظر احتمال وقوع در این پروژه اهمیت دارد. به همین دلیل ریسک آن از نظر فنی نسبت به سایر جنبه‌ها بیشتر بود و نیازمند بررسی هرچه سریعتر در این پروژه است. سایر ریسک‌ها از نظر معیار پذیرش در دسته پذیرش موقت قرار داشتند. نتایج وزن‌دهی به کلیه جنبه‌های زیست‌محیطی و فنی در این مرحله نشان داد که تولید پسماند و نخاله‌های ساختمانی حین عملیات (۰/۳۶) و داربست غیرایمن در فاز ساختمانی (۰/۲۹) بیشترین وزن را نسبت به سایر جنبه‌ها داشتند.

جدول ۱۴- ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی بخش احداث ساختمان‌ها در پروژه احداث تصفیه‌خانه غرب اهواز

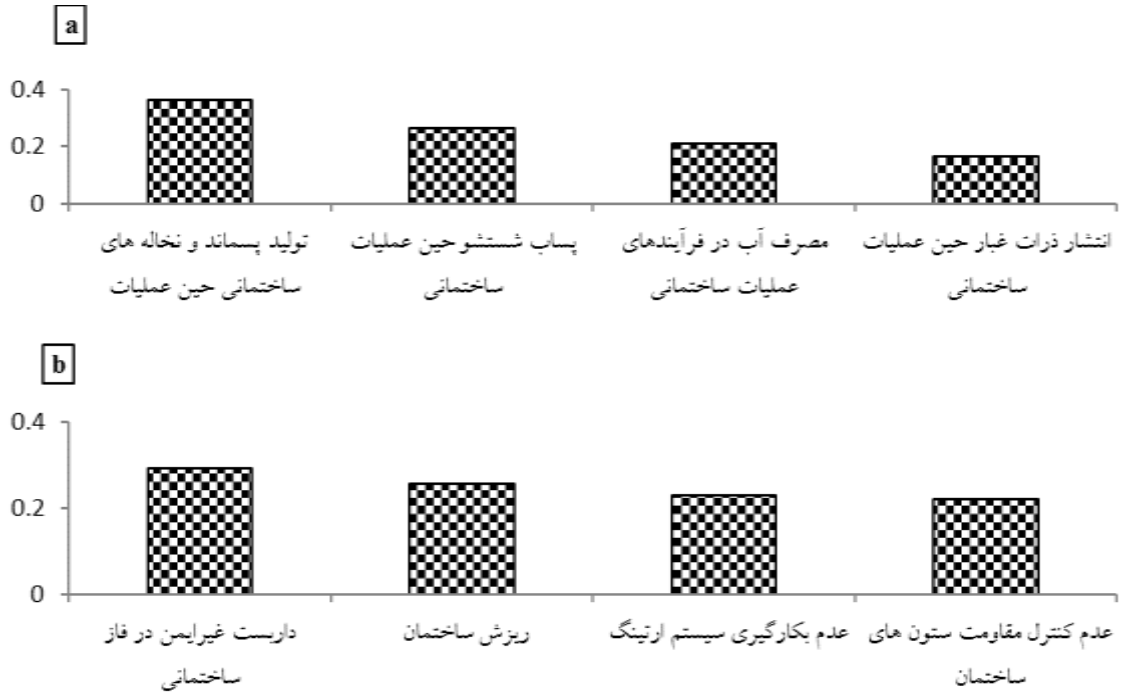
Table 14. Environmental risk assessment in the construction of buildings (the construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

جنبه زیست محیطی	پیامد جنبه زیست محیطی	شدت وقوع	احتمال وقوع	گستره آلودگی	RPN	معیار پذیرش
انتشار ذرات غبار حین عملیات ساختمانی	آلودگی هوا	۱	۵	۱	۵	قابل پذیرش
مصرف آب در فرآیندهای عملیات ساختمانی	مصرف منابع	۲	۵	۱	۱۰	قابل پذیرش
تولید پسماند و نخاله‌های ساختمانی حین عملیات	تولید پسماند	۳	۵	۲	۳۰	نیاز به بررسی و اصلاح
پساب شستشو حین عملیات ساختمانی	آلودگی خاک	۱	۵	۱	۵	قابل پذیرش

جدول ۱۵- ارزیابی ریسک‌های فنی بخش احداث ساختمان‌ها در پروژه احداث تصفیه‌خانه غرب اهواز

Table 15. The technical risk assessment of building construction (the Construction phase of west Ahvaz water treatment plant)

ریسک فنی	پیامد ریسک	شدت وقوع	احتمال وقوع	R	معیار پذیرش
ریزش ساختمان	تخریب ساختمان	۳	۲	۶	قابل پذیرش موقت
داربست غیرایمن در فاز ساختمانی	سقوط از ارتفاع	۳	۴	۱۲	نیازمند بررسی هرچه سریع‌تر
عدم کنترل مقاومت ستون‌های ساختمان	تخریب ساختمان	۴	۲	۸	قابل پذیرش موقت
عدم به کارگیری سیستم ارتینگ	برق گرفتگی	۳	۳	۹	قابل پذیرش موقت



شکل ۵- نتیجه اولویت‌بندی ریسک‌های زیست محیطی (a) و فنی (b) فرآیند احداث ساختمان‌ها در پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز

Figure 5. The result of prioritizing the environmental (a) and technical (b) risks of the building construction process.(the construction phase of West Ahvaz water treatment plant)

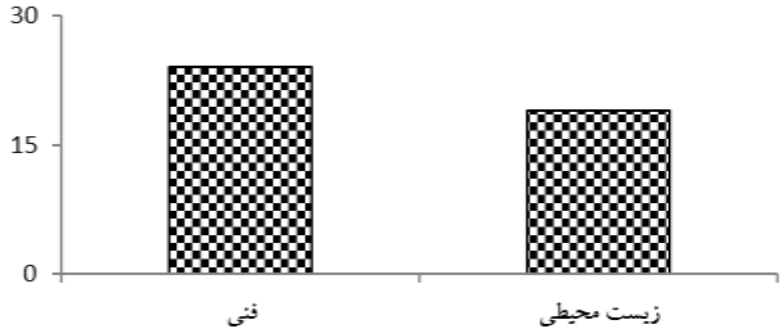
ارزیابی نهایی ریسک

مقایسه تعداد ریسک‌های زیست‌محیطی و فنی در پروژه تصفیه‌خانه غرب اهواز در پنج مرحله احداث این پروژه در شکل (۷) نشان داده‌شده است. در دو مرحله احداث ساختمان‌ها و نصب مخازن و تأسیسات، ریسک‌های زیست‌محیطی و فنی مشابه بودند. در سایر مراحل، ریسک فنی نسبت به زیست‌محیطی از اهمیت بیشتری برخوردار بود. اختلاف تعداد بین دو ریسک فنی و زیست‌محیطی در مراحل حفاری و گودبرداری، نصب فوندانسیون و اسکلت سازه‌ها به‌ترتیب ۵۰، ۲۵ و ۶۶ درصد بود. مقایسه کلیه ریسک‌ها نشان داد که ریسک‌های فنی نسبت به ریسک‌های زیست‌محیطی حدود ۲۶

درصد بیشتر بود. بنابراین لازم است در خصوص مسائل فنی تمهیدات بیشتری در نظر گرفته شود (شکل ۹). از نظر اولویت نیز فقط یک جنبه در بخش زیست‌محیطی نیاز به بررسی و اصلاح داشت در صورتی که در بخش فنی تعداد ۸ جنبه نیاز به بررسی هر چه سریع‌تر دارند.

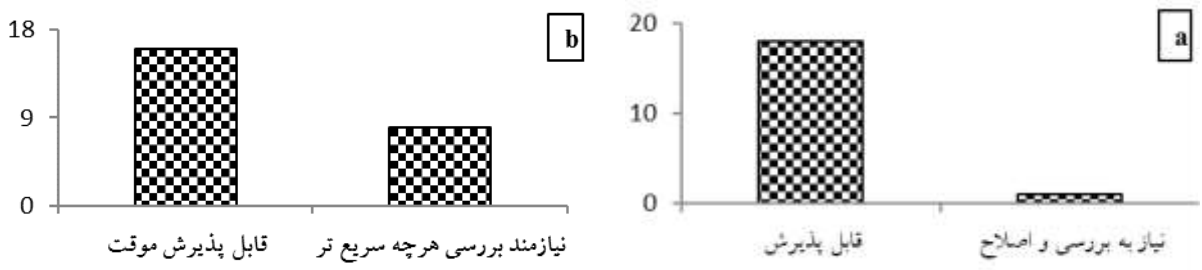
شکل ۷- مقایسه تعداد ریسک‌های زیست محیطی و فنی پروژه احداث تصفیه خانه غرب اهواز در هر یک از فرآیندهای عملیاتی

Figure 7. Comparison of the number of environmental and technical risks of the west Ahvaz water treatment plant construction project in each of operational processes



شکل ۸- مقایسه کل ریسک‌های شناسایی شده اصلی در فرآیندهای احداث پروژه تصفیه خانه غرب اهواز

Figure 8. Comparison of the main identified risks in the construction phase of west Ahvaz water treatment plant project



شکل ۹- مقایسه ریسک های زیست محیطی (a) و فنی (b) احداث تصفیه خانه غرب اهواز بر اساس اولویت

Figure 9. Comparison of environmental (a) and technical (b) risks of construction of west Ahvaz water treatment plant based on priority

بحث و نتیجه‌گیری

مصرف انرژی در فاز احداث تصفیه‌خانه عمدتا شامل وسائل نقلیه، ماشین آلات سنگین و حفاری و مصرف انرژی الکتریکی است. با توجه به محدود بودن مصرف انرژی در مرحله احداث، این جنبه زیست‌محیطی در سطح قابل پذیرش قرار گرفته است. هر چند راهکارهایی همچون سرویس دوره‌ای ماشین‌آلات و استفاده از تجهیزات الکتریکی کم مصرف از راهکارهای کاهش سطح ریسک زیست‌محیطی ناشی از مصرف انرژی هستند. این نتایج با مطالعات الونچی و همکاران (۱۷) مطابقت داشت. این محققان نیز سطح ریسک آلودگی هوا ناشی از مصرف انرژی در پروژه‌های ساختمانی را پایین ارزیابی کردند. تحقیقات پیشین، عمدتا مرتبط با فرآیند ارزیابی ریسک در فاز بهره برداری تصفیه خانه‌ها بوده است. نیکو و همکاران (۱۳)، پتانسیل بروز آسیب به تصفیه خانه سلمان فارسی در صورت وقوع زلزله بیش از۷/۱۳ ریشتر را بررسی نمودند. مخازن کلر به عنوان آسیپ پذیرترین بخش تصفیه‌خانه شناخته شدند. یزدانی (۱۴) در مطالعه خود، پتانسیل های بروز حوادث در خطوط انتقال فاضلاب به تصفیه-خانه‌ای در دشت ورامین را مورد بررسی قرار داد. شکست جوش و زدگی خطوط از جمله عوامل موثر در بروز حوادث برای خطوط انتقال فاضلاب به تصفیه‌خانه بود. در تحقیق حاضر نیز وجود تخلخل و ترک در محل جوش از ریسک‌های فنی مهم خطوط انتقال در تصفیه خانه غرب اهواز در فاز احداث عنوان گردید. از دیگر ریسک‌های زیست‌محیطی شناسایی شده در فاز احداث، انتشار ذرات غبار است. این جنبه از دیدگاه زیست-محیطی در سطح کم اهمیتی قرار دارد، اما از جنبه بهداشت حرفه‌ای، ریسکی حائز اهمیت محسوب می‌شود. به همین دلیل توجه به آن ضروری است. این نتایج در تحقیقات وون و همکاران (۱۵) نیز مشاهده شد. این محققان با مطالعه ریسک‌های مختلف در تصفیه‌خانه فاضلاب نشان دادند که استنشاق غبار و سیمان در فاز احداث، اثرات بهداشتی نامطلوبی بر کارکنان داشت. همچنین انتشار غبار در فرایندهای مختلف احداث این تصفیه‌خانه از جمله ریسک‌های زیست‌محیطی تعیین شد. مهم‌ترین عوامل منجر به بروز آلودگی آب و خاک، پساب ناشی از فرآیند بتن‌ریزی و شستشوی تراک میکسرها و تجهیزات می‌باشد. در پروژه احداث تصفیه‌خانه غرب اهواز، حدود ۶۵۰۰ متر مکعب بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین بیش از ۹۰۰ مرحله حمل بتن توسط تراک میکسرها به محل تصفیه خانه در طول دوره احداث پروژه انجام می‌شود. لذا حجم پساب شستشوی تراک میکسرها بسیار زیاد است. چون اهمیت تخریب اکوسیستم بر اساس معیارهایی همچون سطح تخریب و حساسیت اکوسیستم است (۱۸)، این موضوع توسط سو و همکاران (۱۶) نیز گزارش شده ایست. این محققان در مطالعه خود، مکان‌یابی جهت احداث تصفیه‌خانه فاضلاب را مهم‌ترین مولفه مرتبط با امور زیست‌محیطی عنوان نمودند. این محققان گزارش کردند که آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی از اثرات احداث تصفیه‌خانه فاضلاب هستند. هرچند این اثرات در فاز احداث محدود هستند، اما مکان‌یابی نامطلوب می‌تواند ریسک زیست‌محیطی قابل توجهی در فاز بهره‌برداری بر جای بگذارد. براساس این موارد، این جنبه زیست‌محیطی نیز قابل پذیرش است. زیرا محدوده احداث تصفیه‌خانه غرب اهواز از حساسیت زیست‌محیطی پایینی برخوردار است. نخاله‌های ساختمانی و پسماندهای ناشی از فعالیت ساخت مانند الکترودهای جوشکاری، از مهم‌ترین پسماندهای تولیدی در پروژه احداث تصفیه‌خانه غرب اهواز محسوب می‌شوند. نخاله‌های ساختمانی پس از دفع، با پوشش لایه خاک سطحی منجر به از بین رفتن پوشش گیاهی و لایه زیستی خاک می‌شوند (۱۹). همچنین این پسماندها در مواردی حاوی آلاینده‌های مختلف پلیمری، فلزات سنگین و حتی مواد شیمیایی هستند. لذا دفع این پسماندها نیازمند یک برنامه مدیریت با هماهنگی شهرداری می‌باشد. در نظر گرفتن یک محل مناسب برای این پسماندها از اولویت‌های برنامه مدیریت زیست‌محیطی شهرداری باید در نظر گرفته شود.

برخورد ماشین آلات حفاری از جمله پاکت بیل مکانیکی با خطوط زیرزمینی گاز، نفت و آب، از جمله حوادث پرتکرار در پروژه های عمرانی است (۲۰). لذا، برای کاهش ریسک در این خصوص، اخذ مجوز از سازمان‌های مرتبط با مدیریت شهری

پیش از هر نوع حفاری و گودبرداری ضروری می‌باشد. همچنین آموزش‌های لازم به رانندگان، ایزولاسیون محل فعالیت ماشین آلات تا حد امکان و استفاده از علائم هشداری، از راهکارهای کاهش سطح ریسک بروز این حوادث پیشنهاد می‌شوند. بتن مخلوطی از بتن شامل سیمان، آب، سنگدانه درشت یکنواخت درجه‌بندی شده و سایر افزودنی‌ها می‌باشد. مهم‌ترین نقص و عیب سازه‌های بتنی موضوع تخلخل زیاد یا شن‌نما شدن است (۲۱) که به علت جداشدگی در بتن اتفاق می‌افتد. علل متعددی همچون عدم ویبره صحیح و خلاطه یا میکسر، پایین بودن کیفیت اختلاط بتن، عدم درز بندی مناسب قالب، ایجاد ضربه یا لرزش در حین حمل و لرزش زیاد از حد در هنگام تراکم بتن می‌تواند منجر به بروز این مشکل گردد (۲۲). این پدیده علاوه بر ایجاد خسارت مادی، منجر به کاهش سطح مقاومت سازه شده که می‌تواند نهایتا منجر به فروریختن ساختمان یا سازه شود. کنترل کیفی بتن راهکاری موثر برای کاهش این ریسک است. تغییر شکل جوش نیز از جمله ریسک‌های مهم در فاز ساختمانی است که پیامدهایی شبیه به بتن نما شدن دارد. قبل از ساخت باید مقادیر تغییر شکل‌های ماندگار برای تمام اتصالات جوش در سازه تعیین شوند. یکی از عوامل اصلی برای تخمین این میزان انحراف، تغییر شکل اولیه سازه جوشکاری شده است. در حالت کلی، تغییر شکل‌های دائم وابسته به عوامل مختلفی هستند که شامل جنس ماده، نوع فرآیند جوشکاری، شرایط جوشکاری، هندسه اتصال، ضخامت قطعات و طول جوش است. با این اقدامات، می‌توان از بروز این پدیده تا حد قابل توجهی پیشگیری نمود و ریسک ناشی از آن را کاهش داد. جرثقیل‌ها کاربرد گسترده‌ای در جابجایی مواد مختلف در مرحله احداث دارند. کار با جرثقیل‌ها یکی از مخاطره‌آمیزترین فعالیت‌های عمرانی است و حوادث متعددی همچون سقوط بار از قلاب، واژگونی جرثقیل، گیر کردن بین بار و سایر اجسام و برخورد با کارگران سبب افزایش ریسک در این مرحله می‌شوند. این نتایج با مشاهدات آرین‌مهر و همکاران (۲۳) مطابقت داشت. این محققان نیز مخاطراتی مانند سقوط و برخورد با اشیا از جمله تجهیزات و جرثقیل را عوامل مهمی در افزایش ریسک در پروژه‌های عمرانی عنوان کردند. معاینه فنی جرثقیل، کنترل صلاحیت اپراتور و ریگر جرثقیل، تناسب تناژ با بار و نظارت‌های ایمنی از جمله راهکارهای کاهش سطح ریسک در خصوص این وسیله می‌باشند.

References

1. He, Z., Weng, W. 2020. A dynamic and simulation-based method for quantitative risk assessment of the domino accident in chemical industry. *Process Safety and Environmental Protection, vol*. 144, 79-92.
2. Sousa, V., Almeida, N. M., Dias, L. A. 2014. Risk-based management of occupational safety and health in the construction industry–*Part 1: Background knowledge. Safety science*, vol. 66, 75-86.
3. Jozi S, Jafarzadeh Haghighi Fard N, Afzali Behbahani N. 2014. Hazard identification and risk assessment of high voltage power lines in residential areas using failure modes and effects analysis (FMEA). *ijhe. Vol. 7 (1)*,55-64. (In Persian)
4. Merolla, P. A., Arthur, J. V., Alvarez-Icaza, R., Cassidy, A. S., Sawada, J., Akopyan, F., Modha, D. S. 2014. A million spiking-neuron integrated circuit with a scalable communication network and interface. *Science, vol. 345(6197)*, 668-673.
5. Aven, T. 2016. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research, vol. 253(1)*, 1-13.
6. Jozi, Seyed Ali and Shams Khozani, Narges, 2013, Assessment of environmental risks of the gas unit of Shahid Madhaj Thermal Power Plant, Zergan, Ahvaz, using the failure mode analysis method and its effects on the environment (EFMEA), *The fifth national*

conference on environmental crises in Iran and Solutions to improve them, Ahvaz. (In Persian)

7. Al-Harbi, K. M. A. S. 2001. Application of the AHP in project management. *International journal of project management*, *vol. 19(1)*, 19-27.
8. Nejad Biglari, Ali and Mohammadizadeh, Mohsen, 2017, risk management evaluation of construction projects by considering the effects of risks on each other, a case study: Gol Gohar Sirjan Mining and Industrial Complex, *2nd National Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development of the Islamic World Countries, Tabriz*. (In Persian)
9. Stef.H. 2013. Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. *Journal of safety research, vol. 46*, 99-105.
10. Dong, Y., & Hauschild, M. Z. 2017. Indicators for environmental sustainability. *Procedia Cirp, vol. 61*, 697-702.
11. Tam, V. W., & Tam, C. M. 2016. A review on the viable technology for construction waste recycling. *Resources, conservation and recycling, vol. 47(3)*, 209-221.
12. Tabesh, M., Roozbahani, A., Gadigol, F. Risk Assessment of Water Treatment Plants Using Fuzzy Fault Tree Analysis (Case Study: Jalaliyeh Water Treatment Plant). *Journal of Water and Wastewater; Ab va Fazilab*, 2018; 29(4): 132-144. (In Persian)
13. Nikoo, M. R., Kerachian, R., Khoramshekooh, N. A. 2018. Risk Analysis Model for Security Management in Water Treatment Plants, Case Study: Salman Farsi Water Treatment Plant. *Iran-Water Resources Research*, *vol.* 14(2): 195-206. (In Persian)
14. Yazdani, A. 2020. Investigation of risk management in construction, operation, transfer (B.O.T) projects case study: Shahrari water treatment plant effluent transfer project to Varamin plain. *Civil and Project Journal*, *vol.* 4(1): 29-43. (In Persian)
15. Kwon, Y. T., Lee, C. W. 2019. Ecological risk assessment of sediment in wastewater discharging area by means of metal speciation. *Microchemical Journal, vol*. 70(3), 255-264.
16. Sui, Y., Ding, R., Wang, H. 2020. A novel approach for occupational health and safety and environment risk assessment for wastewater power plant construction project. *Journal of Cleaner Production*, *vol.* 258, 120945.
17. Alvanchi, A., Rahimi, M., Mousavi, M., Alikhani, H. 2020. Construction schedule, an influential factor on air pollution in urban infrastructure projects. *Journal of Cleaner Production vol.*, 255, 120222.
18. Eswaran, H., Lal, R., Reich, P. F. 2019. Land degradation: an overview. *Response to land degradation*, 20-35.
19. Osmani, M. 2011. Construction waste. *In Waste. Academic Press*. pp. 207-218
20. Keshavarz, H. 2019. Innovation in sustainable construction management in large drilling projects (case study: stabilization of urban deep pits and underground structures in Ahvaz city). *Research in Science, Engineering and Technology*, *vol.* 17(5), 1-18. (In Persian)
21. Darwin, D., Dolan, C. W., Nilson, A. H. 2016. Design of concrete structures. *New York, NY, USA: McGraw-Hill Education.vol. 2.*

22. Tadaion, M., honarmand, H., Kalhori, M. 2010. Impact of Plasticizers on the Quality of Concrete and The Reduction of the Cement Content. *Concrete Research*, *vol*. 3(2): 49-57. (In Persian)
23. Arianmehr, E., Sabzi, Z., Abbas Gohari, F., Asgari, M. 2022. Investigating Safety Promotion Guidelines in Railway Construction Projects. Occupational Hygiene and Health Promotion Journal, 6 (2) :180-193.