Archive of SID

تحلیل ریسک در پروژه‌های خطوط لوله انتقال گاز استان گیلان با رویکرد حفاظت و اثرات زیست محیطی

ناصر شمس کیا*: گروه مهندسی عمران واحد قزوین، دانشگاه آزاد اسلامی، قزوین، ایران shams@qiau.ac.ir
آرش قویدل دارستانی: کارشناس ارشد مهندسی عمران- مدیریت ساخت، دانشگاه دانش البرز، قزوین، ایران Arash1-3@live.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۷/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۸/۸/۲۸

چکیده

امروزه بیش از ۶۰ درصد از منابع انرژی در دنیا را نفت و گاز تشکیل می‌دهد. حمل‌ونقل نفت خام، گاز و محصولات آن به روش‌های مختلفی انجام می‌شود که از این میان بیشترین سهم انتقال بر عهده لوله‌های انتقال است. پروژه‌های خط انتقال گاز همواره از جمله پروژه‌هایی با خطرپذیری زیاد از لحاظ زیست‌محیطی بوده است؛ بنابراین بررسی و کاهش ریسک‌های پروژه امری حیاتی و لازم برای تیم اجرایی است. هدف از این پژوهش مطالعه و بررسی ریسک‌های زیست‌محیطی پروژه خط انتقال گاز در استان گیلان است. بدین منظور ابتدا پروژه به فعالیت‌های مختلف برای کوچک کردن مسئله تقسیم شد و به روش دلفی ریسک‌های پروژه شناسایی و سپس با استفاده از روش FMEA ریسک‌های پروژه از نظر خطرپذیری رتبه‌بندی شد. همچنین به‌منظور پایش روش FMEA از روش AHP استفاده شد. این پروژه به ۱۵ فعالیت شامل ۲۹ ریسک تقسیم‌بندی شده است. بررسی نتایج و تجزیه و تحلیل این دو روش نشان داده که ریسک‌های مربوط به فعالیت حفاری و لوله‌گذاری، تخریب زمین‌های کشاورزی و بستر رودخانه‌ها، آلودگی صوتی، آلایندگی ناشی از تردد وسایل نقلیه سنگین و همچنین فعالیت تقلیل فشار در ایستگاه در اولویت ریسک‌های پروژه قرار دارند. نتایج مقادیر RPN به‌دست‌آمده از ریسک‌ها نشان می‌دهد که ۲۸ درصد از ریسک‌ها دارای RPN بیشتر از میانگین بوده که در محدوده خطر قرار دارند. در انتها به‌منظور کاهش خطر ریسک‌های زیست‌محیطی پروژه روش‌هایی برای کنترل فعالیت‌های پرخطر شناسایی‌شده ارائه شد. همچنین نتایج بیانگر آن است که اجرای این روش‌ها می‌تواند تا ۹۰ درصد خطر زیست‌محیطی مربوط به ریسک‌های پرخطر را کاهش دهد.

کلمات کلیدی: *ارزیابی ریسک، خط انتقال گاز، تحلیل حالات خرابی و شکست، حفاظت از زیرساخت، AHP*

Risk analysis in transmission pipeline projects in Guilan province with conservation and environmental impact approach

Nasser Shamskia *[1], Arash Ghavidel[2]

Abstract

Today, more than 60% of the world's energy resources are oil and gas. Transportation of crude oil, gas and its products is done in different ways, of which the largest share of transmission is borne by transmission pipes. Gas transmission projects have always been one of the most environmentally hazardous projects, which necessitates project risk assessment and mitigation as one of the important requirements of the project team. In this study, the environmental risks of the gas transmission project in Guilan province have been studied. By dividing the project into different activities, it tries to minimize the problem and also identifies the project risks through the Delphi method, and then the project risks were assessed and ranked in terms of risk using FMEA method. AHP method has also been used to monitor FMEA. The project is divided into 15 activities involving 29 risks. Analysis and the results of these two methods have shown that the risks related to drilling and piping activities, destruction of agricultural lands and riverbeds, noise pollution, pollution caused by heavy vehicle traffic, as well as pressure reduction activities at the station are among the priority risks of the project. The results of the RPN values obtained from the risks show that 28% of the risks have higher than average RPNs which are within the risk range. Finally, methods for identifying and controlling of the high risk activities have been presented to reduce the environmental risk of the project. The results also indicate that implementation of these methods can reduce up to 90% of the environmental risks associated with the high risks.

Key Words: *Risk Assessment, Gas Transmission Line, FMEA, Infrastructure Protection, AHP*

1 -Department of Civil Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran shams@qiau.ac.ir
2 -MSc in Civil Engineering -Construction Management, Danesh Alborz University, Qazvin, Iran Arash1-3@live.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پروژه‌های عظیم نفت و گاز در جهت رشد صنعتی، اقتصادی کشور و برای رفاه جوامع انسانی طراحی و اجرا می‌شوند. این پروژه‌ها بدون شک دارای اثرات منفی و در برخی مواقع غیرقابل جبران زیست‌محیطی و به‌هم خوردن تعادل اکوسیستم‌ها هستند. از این‌رو ادغام ارزیابی ریسک‌ها با ملاحظات زیست‌محیطی پروژه‌ها، موجب کاهش یا حذف اثرات سوء آنها می‌شود و با افزایش اثرات مثبت موجب توسعه پایدار خواهد شد[۱].

ارزیابی یک روش مدیریت و تکنیکی برای شناخت اثرات احتمالی پروژه‌های پیشنهادی بر محیط زیست است. از فواید ارزیابی می‌توان به پیش‌بینی پیامدهای زیست‌محیطی، یافتن راه‌های کاهش اثرات سوء، دستیابی به اهداف توسعه پایدار در ارتباط با فرآیند برنامه‌ریزی‌ها، مدیریت در زمان‌بندی، کاهش هزینه‌ها، حفاظت هر چه بیشتر منابع و جلوگیری از بروز اثرات جبران‌ناپذیر اجرای پروژه بر محیط زیست و منابع طبیعی اشاره کرد. جنبه اصلی کاربرد ارزیابی،استفاده از آن در کلیه مراحل توسعه پروژه شامل برنامه‌ریزی، طراحی نهایی عملیات ساختمانی، آغاز کار، بهره‌برداری از آن و نیز پس از عمر پروژه است[۱].

در رابطه با بررسی ریسک در پروژه‌های تونل‌سازی که از جمله مهمترین و پرهزینه‌ترین طرح‌های عمرانی در بسیاری از کشورهای جهان هستند، بیگلری و همکاران بر روی ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های پروژه خط ۲ مترو کرج و ارائه راهکارهایی جهت کاهش ریسک‌های پروژه مطالعه‌ای انجام داده‌اند. در این تحقیق با استفاده از تکنیک پرسشنامه در میان کارشناسان و خبرگان دخیل در پروژه مترو و شامل ذی‌نفعان پروژه اعم از کارفرما، پیمانکار و مشاور نسبت به شناسایی ریسک‌ها بر مبنای ساختار پروژه و تعیین حوزه‌های ریسک در محدوده طراحی، مدیریتی، مالی، اداری، ماشین‌آلات، اجرایی، فنی و محیطی اقدام و نتایج را با استفاده از نرم‌افزار Pertmaster و روش FMEA تحلیل و رتبه‌بندی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که دو روش فوق در مقایسه انواع ریسک‌های موجود در پروژه تا حدودی موارد ریسک را تأیید می‌کنند [۲].

ارزیابی ریسک و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی دارای چارچوبی مشابه هستند. این فرآیندها اثرات آینده (طبیعی، فرکانس و غیره) فعالیت‌های پیشنهادی را پیش‌بینی می‌کنند و هدفشان شامل هدف مدیریت درتصمیم‌گیری، اهمیت، بزرگی و میزان تأثیرات، پذیرش ریسک و اقدامات لازم جهت کاهش ریسک است. اتحادیه اروپا کشورهای عضو آن را تشویق کرده تا ارزیابی ریسک در ارزیابی اثرات زیست‌محیطی را به‌ویژه در خصوص حوادث شدید در پروژه‌های خود اعمال کنند. در بررسی تخریب اثرات توسعه بر روی حوضه آبخیز سد لتیان و تخریب زیست‌محیطی آن یک مدل سازمان‌یافته ارائه شد که رویه کار را تسهیل و تسریع کند و کمک شایانی به مسائل زیست‌محیطی محسوب می‌شود[۳]. در این راستا برخی محققان در پژوهش خود جهت ارزیابی ریسک پروژه‌های زیست‌محیطی از روش الکتره استفاده کردند. آنها اظهار داشتند که روش پیشنهاد شده با ارزیابی داده‌های کمی و بررسی داده‌های کیفی سبب راحتی کار در بازیافت مواد زائد خطرناک می‌شود. در ادامه بیان کردند به‌وسیله چارچوب سازمان‌یافته و سیستماتیک این روش می‌توان امکانات موجود در مواد زائد خطرناک را ارزیابی و رتبه‌بندی کرد[۵].

صالحی و کریمی در پژوهشی تحت عنوان «ارزیابی اثرات محیط زیستی (EIA) خط انتقال گاز همدان به بیجار با استفاده از RS و GIS» بیان کرده‌اند طبق مقررات سازمان حفاظت محیط زیست، جهت احداث و بهره‌برداری از خطوط انتقال گاز باید مطالعات EIA انجام شود. در این راستا متدولوژی خاصی برای انجام EIA پروژه خطی انتقال گاز تدوین شد. در این راستا ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی جهت شناخت محیط زیست محل انجام پروژه صورت گرفت و همزمان با مرور منابع فنی پروژه کلیه فعالیت‌های دو فاز احداث و بهره‌برداری شناسایی و درنهایت دو روش چک‌لیست تشریحی و ماتریس لئوپولد به‌منظور انجام EIA انتخاب شد. به کارگیری ابزارهای RS و GIS در فرآیند انجام این‌گونه از پروژه‌ها (خطی)، اطلاعات کمی بسیار دقیقی را در اختیار ارزیابان محیط زیست، جهت نیل به نتایج کاربردی قرار خواهد داد[۷]. ارزیابی اثرات زیست‌محیطی بر شناسایی اثرات فعالیت‌های پیشنهادی و تحلیل ریسک بر تجزیه و تحلیل اثرات، احتمالات، پیامدها، میزان بزرگی و فرکانس ضربه تمرکز دارد. در حال حاضر، پیشرفت علم و فناوری، مفاهیم جدید، ابزار و روش‌های حل مسئله با ارزیابی به‌موقع اثرات بالقوه فعالیت‌های پیشنهادی بر محیط‌زیست و سلامت انسان با خطرات زیست‌محیطی، محیطی خوب برای نسل‌های آینده را می‌سازد. همچنین لازم است تا یک تئوری توسعه داده شود و روش‌های مناسب برای بررسی سیستماتیک، تجزیه و تحلیل تأثیرات پروژه‌ها، ساخت‌وسازها، کارخانه‌ها، تجهیزات و فعالیت‌های دیگر بر روی محیط‌زیست، جامعه و جمعیت اعمال شود[۸].

در پژوهشی در اردن و به‌منظور ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و با استفاده از بررسی ریسک در پروژه‌های زیست‌محیطی به کمک فرآیند سلسله مراتبی چندمعیاره به مطالعه ریسک در پروژه‌های منطقه‌ای پرداخته شد. در این مطالعه محققان روش‌های الکتره و پرومته را در مورد معیارهای سلسله مراتبی بسط دادند. این کار در نوع خود انجام نشده بود و بنابراین نسخه‌ای سلسله مراتبی از ROR با استفاده از روش‌های گفته‌شده تهیه شد[۹، ۱۱]. نیکولیچ و همکاران در بررسی روش‌های چندمعیاره تلفیقی برای ارزیابی‌های محیط‌زیستی ارائه دادند. نتیجه بررسی‌ها نشان داد که در مورد تصمیم‌گیری‌ها و ارزیابی‌های محیط‌زیستی هرچه روش چندمعیاره موردنظر ساده و روان‌تر باشد، دارای کارایی بیشتری خواهد بود. در این راستا طی یک روش ساده می‌توان معیارها را انتخاب و اوزان را با روش دلخواه و مناسب تعیین کرد. روش پرومته از آسان‌ترین روش‌ها در این پروژه بود که از آن نسبت به سایر روش‌ها برای تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی استفاده بیشتری شد. در مقالات مطالعه شده رایج‌ترین روش پس از پرومته روش الکتره بود[۱۲].

بلالی و همکاران در مقاله ارائه‌شده به چگونگی انتخاب بهترین سیستم با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیار

www.SID.ir

Archive of SID

خانواده AHP و PROMETHEE پرداخته‌اند. آنها از این روش‌ها برای انتخاب سیستم سازه‌ای مناسب در یک پروژه چند مسکونی کم‌رشد در ایران استفاده کرده‌اند[۱۰].

در یک تحقیق ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی فعالیت‌های کارخانه نمک‌زدایی با هدف شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها و آثار ناشی از فعالیتهای کارخانه نمک‌زدایی شماره ۱ اهواز و ارائه راهکارهای مدیریتی انجام شده است. نتایج نشان داده‌اند که فعالیت نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن با ضریب نزدیکی ۱ در اولویت اول و انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک) با ضریب نزدیکی ۰/۱۲۶ در اولویت آخر ریسک قرار دارد. علت به وجود آمدن این ریسک‌ها خرابی و فرسودگی تجهیزات (لوله، پمپ‌ها و مخزن) است[۴].

اورتیز و همکاران بر اساس یک پروژه گردشگری، ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی و اجتماعی[۱] (ESIA) را انجام دادند و نشان می‌دهند که این نوع ارزیابی می‌تواند ابزاری بسیار مفید برای شناسایی و تجزیه و تحلیل پیامدها و عواقب محدوده وسیعی از نوآوری‌ها و ابتکارات باشد. به طور معمول وقتی پروژه و تأثیرات آن بسیار پیچیده است، یک ESIA می‌تواند تعداد زیادی از ریسک‌ها و مواردی را که باید اولویت‌بندی شوند، شناسایی کند تا بتوان به طور مؤثر و کارآمد آنها را برطرف کرد. نویسندگان یک روش ترکیبی برای اولویت‌بندی تأثیر در ESIA ارائه و پیشنهاد می‌دهند که به ۴ مرحله تقسیم شده است: (۱) ایجاد بستر ذی‌نفعان ؛ (۲) شناسایی و ارزیابی تأثیرات ؛ (۳) طبقه‌بندی تأثیر و (۴) ارزیابی تأثیر و تعیین اولویت با استفاده از تحلیل تصمیم چند معیار (MCDA). از این روش به عنوان ابزار ارزیابی پس از اجرای یک پروژه گردشگری مبتنی بر گردشگری در خلیج (هوئلوا، اسپانیا) در جنوب غربی شبه جزیره ایبری استفاده شد[۱۳].

ارزیابی سازمان‌یافته ریسک برای پروژه‌های مختلف، به‌خصوص در مقوله ریسک‌های زیست‌محیطی همچون پروژه‌های خطوط لوله گاز که از جمله پروژه‌های اجتناب‌ناپذیر و حیاتی محسوب می‌شوند، از اهمیت بالاتری برخوردار است. بنابراین با توجه به مطالب پیش‌گفته، لزوم اجرای بررسی‌های زیست‌محیطی در پروژه‌های عمرانی و به‌ویژه خطوط انتقال به‌منظور حفاظت و صیانت از سرمایه‌های ملی و عمومی امری حیاتی و ضروری است. نتایج تجربی حاصل از این پژوهش به استفاده‌کنندگان نشان می‌دهد که تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک اثرات زیست‌محیطی می‌تواند نقش مهم و بااهمیتی بر پروژه‌های خطوط لوله گاز استان گیلان داشته باشد.

مواد و روش

دراین پژوهش از دو روش پیش‌بینی و تحلیل حالات خرابی و شکست[۲] و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی[۳] جهت ارزیابی و شناسایی ریسک‌های زیست‌محیطی خطوط لوله گاز استفاده شد. در ابتدا پرسش‌نامه‌ای تهیه شد و از جامعه آماری بزرگ (کلیه مدیران و سرپرستان پروژه و نیز کارشناسان خبره) پروژه خطوط لوله گاز گیلان که در فازهای مختلف مشغول فعالیت بودند، ۵۰ نفر (از مدیران پروژه، سرپرستان کارگاه و مسئولین برنامه‌ریزی و کنترل پروژه و سایر بخش‌های پروژه‌ای) جهت جمع‌آوری اطلاعات انتخاب شدند. پس از آموزش‌های لازم در خصوص مفاهیم مدیریت ریسک در جلسات توجیهی نهایتاً ۳٤ نفر از لیست یادشده حاضر به پاسخگویی شدند. پرسشنامه در قالب فرم‌های اولیه تهیه شد و پس از تایید پرسش‌ها و روایت آنها نسبت به توزیع پرسشنامه نهایی در بین کارشناسان و مدیران اقدام شد.

جهت ارزیابی خطرات بالقوه موجود در محدوده‌ای که در آن ارزیابی ریسک انجام شد، همچنین شناسایی و رتبه‌بندی اثرات مرتبط با آن از روش FMEA استفاده شد. این روش به ترتیب زیر اعمال شد: ۱- جمع آوری اطلاعات مربوط به فرآیند، ۲-تعیین خطرات بالقوه، ۳- بررسی اثرات هر خطر و علل آن، ۴- تعیین احتمال وقوع، ۵- تعیین شدت اثر آن و ۶-تعیین نرخ احتمال کشف. در نهایت ریسک‌ها اولویت‌بندی و ریسک‌های بحرانی شناسایی شد. به‌منظور اطمینان از روش FMEA و ارزیابی آن، شناسایی و اولویت‌بندی فعالیت‌های پرخطر به روش تحلیل ساسله مراتبی AHP در دستور کار قرار گرفت و به کمک این روش هم این اولویت‌بندی مشخص شد.

طی این روش، جهت تهیه لیست اولیه ریسک‌های زیست‌محیطی بالقوه مؤثر بر پروژه زیست‌محیطی ابتدا لیست نتایج حاصل از تحقیقات پیشین بر روی ریسک‌های زیست‌محیطی پروژه‌های ساخت، براساس روش دلفی ابتدا بین ۷ تن از خبرگان، کارشناسان و متخصصین در پروژه‌های گازرسانی جهت اظهار نظر در خصوص جامع بودن، مرتبط بودن و منشأ یا تالی بودن لیست ریسک‌های زیست‌محیطی توزیع شد. همچنین موارد پیشنهادی که از قلم افتاده بود، به لیست اضافه شد. در مرحله دوم پس از جمع‌آوری نظرات موارد تکراری حذف، یک لیست تهیه و به نظردهندگان بازگردانده شد تا اعضای تیم نسبت به تعیین متولی هر ریسک بازنگری مجدد انجام دهند. در نهایت نظرات جمع‌آوری شده بررسی و دسته‌بندی نهایی انجام شد و لیستی متشکل از ۲۹ ریسک مبتنی بر ۹ مؤلفه شناسایی و تهیه شد.

سپس پایایی پرسشنامه از طریق آزمون آماری مورد بررسی و تایید قرار گرفت که نشان‌دهنده پاسخ‌های قابل‌قبول بود. بدین منظور از آزمون آلفای کرونباخ[۴] به کمک نرم‌افزار SPSS جهت تعیین پایایی پرسشنامه استفاده شد، براساس این آزمون هرچه آلفای به‌دست آمده به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده معتبر بودن پرسش‌نامه‌هاست. درصورتی‌که این پارامتر بیشتر از ۰/۷ باشد نشانگر قابل‌قبول بودن پرسشنامه است. نتایج آزمون نشان داد که مقدار آلفای محاسبه‌شده و به‌دست آمده ۰/۷۸۵ قابل قبول و مورد تأیید است.

بحث و نتایج

نتایج شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها به روش FMEA

پس از بررسی پروژه خطوط لوله گاز جنبه‌های دارای ریسک در پروژه شناسایی و در ۱۵ فعالیت دسته‌بندی شده‌اند. هر فعالیت به دقت مورد مطالعه قرار گرفت و با مشورت خبرگان مطابق جدول

www.SID.ir

Archive of SID

۱، ۲۹ ریسک در طی ۱۵ فعالیت مشخص شد و به‌وسیله مقدار شماره اولویت ریسک[۵] RPN هر ریسک که با حاصل‌ضرب احتمال وقوع، شدت اثر و قابلیت کشف به‌دست می‌آید، هر یک از ریسک‌ها اولویت‌بندی شدند.

شناسایی ریسک‌ها با خطرپذیری بالا

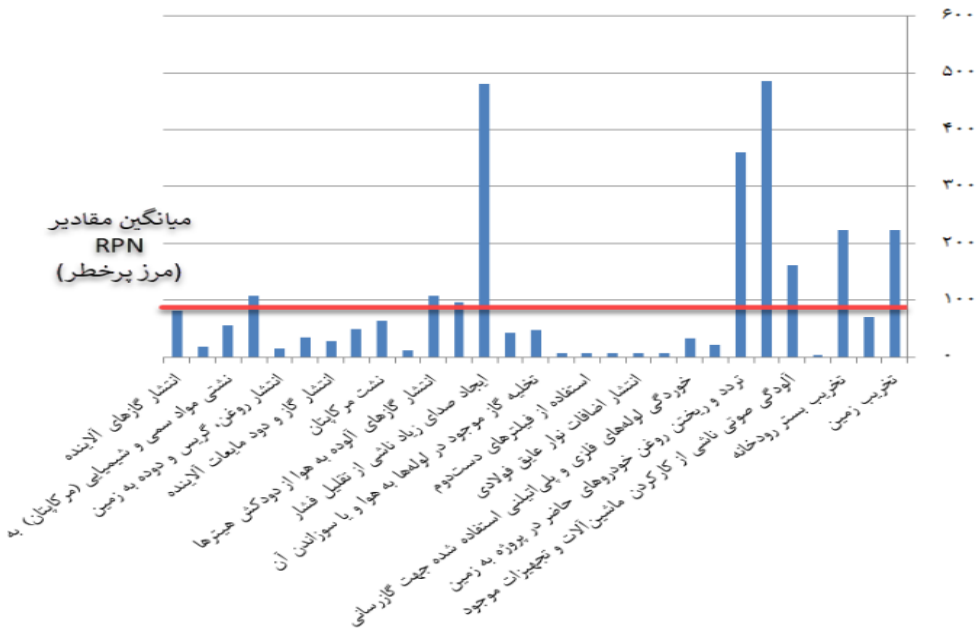
پس ازمحاسبه عدد RPN معیار اولویت‌بندی ریسک‌ها جهت شناسایی ریسک‌های پر خطر به‌دلیل نبود عدد ثابت برای RPNهای ریسک‌های بحرانی، مقدار میانگین RPN های به‌دست آمده را به روش میانگین حسابی که برابر ۹۸ بود، به‌دست آوردیم و آن دسته از ریسک‌هایی که عدد RPNبالاتر از ۹۸ داشتند، در دسته ریسک‌های پرخطر و بحرانی قرار گرفتند. این ریسک‌ها مطابق نمودار ۱ و در اولویت‌بندی لحاظ شدند. طی این بررسی ریسک‌هایی که در جدول ۲ آورده شدند، پرخطر بودند و RPN بالاتر از ۹۸ داشتند و به ترتیب بر اساس بالاترین مقدار RPN اولویت‌بندی شدند که اقدامات اصلاحی بر روی آنها انجام شود. با توجه به جدول ۲ بیش از ۵۰ درصد از ریسک‌های

جدول ۱- نتایج محاسبه عددRPN هر ریسک در فعالیت‌های شناسایی‌شده پروژه انتقال خطوط لوله گاز

ردیف	فعالیت	جنبه	RPN
۱	حفاری و لوله‌گذاری	تخریب زمین	۲۲۴
۲		ریختن و دپوی آسفالت‌های کنده‌شده در پای درختان و فضای سبز	۷۰
۳		تخریب بستر رودخانه	۲۲۴
۴		قطع درختان به‌منظور جاده‌سازی	۴
۵		کارکردن ماشین‌آلات و تجهیزات موجود	۱۶۲
۶		تردد و انتشار دود خودروهای حاضر در پروژه به هوا	۴۸۶
۷		تردد و ریختن روغن خودروهای حاضر در پروژه به زمین	۳۶۰
۸		پخش شدن ضایعات ناشی از لوله‌گذاری مانند سرجوش‌ها، عایق‌کاری و پارچه‌های آلوده به مواد روغنی	۲۱
۹	ایجاد شبکه	خوردگی لوله‌های فلزی و پلی‌اتیلنی استفاده‌شده جهت گازرسانی	۳۲
۱۰		انتشار ته الکترود ناشی از جوشکاری	۶
۱۱		انتشار اضافات نوار عایق فولادی	۶
۱۲		خورده کلتار عایق هنگام عایق‌کاری	۶
۱۳		استفاده از فیلترهای دست‌دوم	۶
۱۴		صدای ناشی از پیکور زدن	۶
۱۵	تست شبکه	تخلیه گاز موجود در لوله‌ها به هوا و یا سوزاندن آن	۴۸
۱۶	اتصال لوله بدون گاز به شبکه گاز	انفجار یا آتش‌سوزی	۴۲
۱۷	تقلیل فشار در ایستگاه‌ها	ایجاد صدای زیاد ناشی از تقلیل فشار	۴۸۰
۱۸		نشتی از تأسیسات	۹۶
۱۹	گرم کردن گاز در ایستگاه‌های تقلیل فشار	انتشار گازهای آلوده به هوا از دودکش هیترها	۱۰۸
۲۰		استفاده از سوخت گاز طبیعی برای روشن کردن هیترها	۱۲
۲۱	نگ‌هداری بشکه‌های مرکاپتان به‌صورت پر	نشت مرکاپتان	۶۴
۲۲	بودار کردن گاز	انتشار مواد سمی و شیمیایی (مرکاپتان)	۴۹
۲۳	پرچ‌گیری از فیلتر ایستگاه‌های تقلیل فشار	انتشار گاز و دود مایعات آلاینده	۲۸
۲۴	تعویض المنت فیلترهای معیوب در ایستگاه تقلیل فشار	انتشار مواد آلوده و سمی به خاک و دورریز فیلترهای استفاده‌شده	۳۵
۲۵	انجام عملیات تعمیرات (اورهال ایستگاه‌ها)	انتشار روغن، گریس و دوده به زمین	۱۵
۲۶	کار کردن تجهیزات ایستگاه‌های حفاظت کاتدی	نشتی روغن به خاک و آب سطحی و زیرزمینی	۱۰۸
۲۷	نگهداری، انبارش و جابجایی بشکه‌های مرکبتان	نشتی مواد سمی و شیمیایی (مرکاپتان) به خاک و آب	۵۶
۲۸	نگهداری، انبارش و جابجایی بشکه‌های روغن ترانس	نشتی روغن به خاک و آب سطحی و زیرزمینی	۱۸
۲۹	جابجایی اقلام در انبار با لیفتراک دیزلی	انتشار گازهای آلاینده	۸۱

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار ۱- مقایسه RPN ریسک‌های بحرانی با مقدارRPN میانگین

جدول ۲- اولویت‌بندی ریسک‌های پرخطر بر اساس مقدار عدد RPN

اولویت	فعالیت	ریسک	RPN
۱	حفاری و لوله‌گذاری	تردد و انتشار دود خودروهای حاضر در پروژه به هوا	۴۸۶
۲	تقلیل فشار در ایستگاه‌ها	ایجاد صدای زیاد ناشی از تقلیل فشار	۴۸۰
۳	حفاری و لوله‌گذاری	تردد و ریختن روغن خودروهای حاضر در پروژه به زمین	۳۶۰
۴	حفاری و لوله‌گذاری	تخریب زمین	۲۲۴
۵	حفاری و لوله‌گذاری	تخریب بستر رودخانه	۲۲۴
۶	حفاری و لوله‌گذاری	آلودگی صوتی ناشی از کارکردن ماشین‌آلات و تجهیزات موجود	۱۶۲
۷	گرم کردن گاز در ایستگاه‌های تقلیل فشار	انتشار گازهای آلوده به هوا از دودکش هیترها	۱۰۸
۸	کارکردن تجهیزات ایستگاه‌های حفاظت کاتدی	نشتی روغن به خاک و آب سطحی و زیرزمینی	۱۰۸

پرخطر زیرمجموعه فعالیت حفاری و لوله‌گذاری بوده‌اند. این امر نشان می‌دهد که در پروژه انتقال گاز، فعالیت حفاری و لوله‌گذاری عمدتاً دارای بیشترین خطر و ریسک در حوزه زیست‌محیطی بوده که باید به آن توجه ویژه شود. در این میان جنبه تردد و انتشار دود خودروهای حاضر در پروژه به هوا و آلودگی ناشی از آن طی فعالیت حفاری و لوله‌گذاری با RPN ۴۸۶ بیشترین خطرپذیری را به دنبال دارد.

اقدامات اصلاحی جهت کاهش RPN ریسک‌های پرخطر

در این بخش با شناسایی ریسک‌های با خطرپذیری بالا راهکارهایی در جهت کاهش خطر ارائه دادیم. با توجه به بالا بودن مقدار ۸ ریسک از میان ریسک‌های بررسی‌شده، ارائه راهکاری در جهت کاهش میزان خطر این ریسک‌ها الزامی است. از این‌رو به‌منظور کاهش احتمال وقوع، شدت اثر و افزایش قابلیت کشف ریسک‌های پرخطر، راهکارهایی مطابق جدول ۳ با مشاوره و در نظر گرفتن نظر خبرگان شناسایی شد.

محاسبه RPN مجدداً پس از اعمال اقدامات اصلاحی بر روی ریسک‌های پرخطر

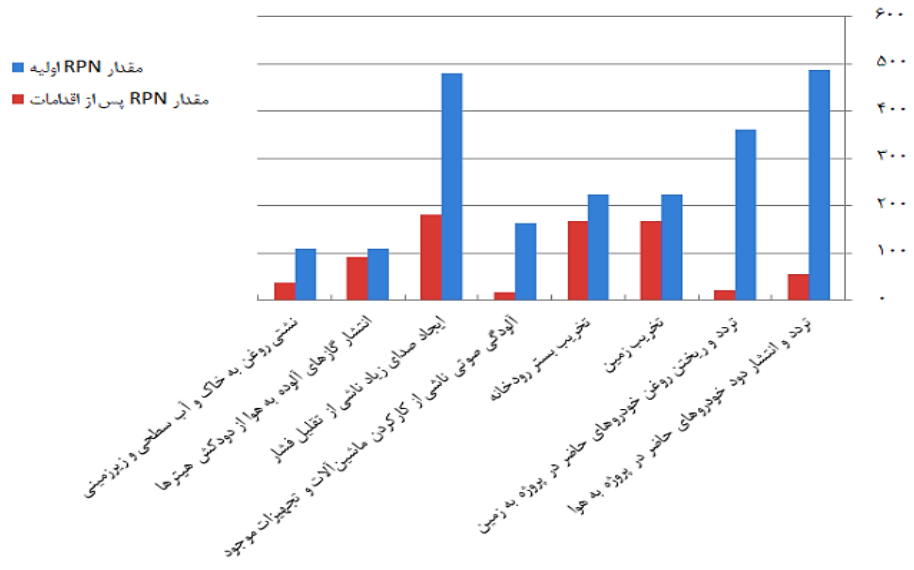
پس از ارائه راه‌حل در جهت کاهش خطر ریسک‌های پرخطر و اجرای آنها بار دیگر توسط مصاحبه با خبرگان، احتمال شدت این ریسک‌ها مشخص و RPN آنها دوباره محاسبه شد. نتایج RPN ریسک‌های پرخطر در قبل و بعد از اعمال اقدامات اصلاحی در نمودار(۲) آورده شده است. از میان ریسک‌های پرخطر نشان‌داده‌شده جنبه تردد و به زمین ریختن روغن خودروهای حاضر در پروژه طی فعالیت حفاری و لوله‌گذاری با ۹۴ درصد بیشترین کاهش را داشت و در مقابل جنبه انتشارگازهای آلوده به هوا از دودکش هیترها تحت فعالیت گرم کردن گاز در ایستگاه تقلیل فشار با ۱۹ درصد کاهش کمترین اثر را طی اعمال اقدامات اصلاحی نشان داد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- اقدامات اصلاحی انجام‌شده برای کاهش خطرپذیر هر ریسک

فعالیت پرخطر	اقدامات اصلاحی و حفاظتی
تردد و انتشار دود خودروهای حاضر در پروژه به هوا	دارا بودن گواهینامه معاینه فنی برای خودروهای سبک ترغیب پیمانکاران دراستفاده از ماشین‌آلات با آلودگی کمتر
ایجاد صدای زیاد ناشی از تقلیل فشار	شناسایی ایستگاه‌های تقلیل فشار با میزان صدای بیش از حد مجاز صداسنجی و استفاده از تجهیزات کاهنده صدا رعایت حریم مناطق مسکونی و فاصله ایمن ایستگاه‌های تقلیل فشار
تردد و ریختن روغن خودروهای حاضر در پروژه به زمین	استفاده از دستگاه با روغن‌ریزی کمتر رعایت زمان مناسب و به‌موقع تعمیر دستگاه‌ها
تخریب زمین	رعایت دستورالعمل HSE پیمانکاران بازدید دوره‌ای از عملکرد پیمانکار
تخریب بستر رودخانه	رعایت موازین طراحی بر اساس نقشه‌های استاندارد طراحی رعایت قوانین و مقررات زیست‌محیطی منطقه
آلودگی صوتی ناشی از کار کردن ماشین‌آلات و تجهیزات	استفاده موردی از پیکور دستی در زمان حفاری استفاده از کاتر استفاده از کاور جهت کاهش آلودگی صوتی الزام پیمانکار جهت تعمیر به‌موقع تجهیزات
انتشار گازهای آلوده به هوا از دودکش هیترها	سرویس و نگهداری به‌موقع هیترها سرویس، نگهداری و تعویض به‌موقع فیلتر دودکش هیترها
نشت روغن به خاک، آب سطحی و زیرزمینی	بازدید و بازرسی منظم و تعمیرات به‌موقع و تعویض قطعات فرسوده نظافت به‌موقع محل‌هایی که نشت روغن مشاهده می‌شود



نمودار۲- مقایسه مقدار RPN اولیه و پس از اقدامات اصلاحی ریسک‌های پرخطر خطوط نتقال لوله گاز

شناسایی و اولویت‌بندی فعالیت‌های پرخطر به روش AHP

به‌منظور اطمینان از روش FMEA و ارزیابی و مقایسه آن با روش ارزیابی دیگر که مورد اطمینان بوده و در پروژهای مختلف استفاده می‌شود، بنابراین شناسایی و اولویت‌بندی فعالیت‌های پرخطر به روش AHP در دستور کار قرار گرفته و به کمک این روش نیز این اولویت‌بندی مشخص شده است. با توجه به بالا بودن تعداد ریسک‌ها و محدودیت بررسی و تحلیل در این روش براساس توصیه آقای ساتی[۶] تحلیل سلسله مراتبی به‌جای ریسک‌ها بر روی فعالیت‌ها انجام شده و ترتیب خطرپذیری فعالیت‌ها به‌دست‌آمده است. به این منظور پرسشنامه‌ای مطابق جدول ۴ جهت تعیین

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- پرسشنامه جهت تعیین ارجحیت و مقایسه زوجی فعالیت‌ها

	حفاری و لوله گذاری	ایجاد شبکه	تست شبکه	اتصال لوله بدون گاز به شبکه گاز	تقلیل فشار در ایستگاه ها	گرم کردن گاز در ایستگاه های تقلیل فشار	نگهداری بشکه های مرکاپتان به صورت بر	بودار کردن گاز	پرچ گیری از فیلتر ایستگاه های تقلیل فشار	تعویض المنت فیلترهای معیوب در ایستگاه های تقلیل فشار	انجام عملیات تعمیراتی(اورهال ایستگاه ها)	کارکردن تجهیزات ایستگاه های حفاظت کاتدی	نگهداری، انبارش و جابجایی بشکه های مرکاپتان	نگهداری، انبارش و جابجایی بشکه های روغن ترانس	جابجایی اقلام در انبار با لیفتراک دیزلی
حفاری و لوله گذاری	۱	٤	۸	٦	۲	٤	٥	٥	٦	٤	٥	٤	۲	۸	۳
ایجاد شبکه	۱/٤	۱	۱	۱	۲	۱/٤	۱/۲	۱/٤	۱	۱/۲	٥	٤	۱	۱	۱/٦
تست شبکه	۱/۸	۱	۱	۱	۲	۱/۲	۱/٤	۱/٦	۱	۱/٤	٤	۲	۱/۲	۱	۱/۹
اتصال لوله بدون گاز به شبکه گاز	۱/٦	۱	۱	۱	۱/٦	۱/٤	۱/٦	۱/۹	۱	۱/٦	۳	۱	۱/۲	۱/٤	۱/٥
تقلیل فشار در ایستگاه ها	۱/۲	۱/۲	٦	۱	٤	٦	٥	٥	٦	٤	٤	٥	٤	۳	۳
گرم کردن گاز در ایستگاه های تقلیل فشار	۱/٤	٤	۲	٤	۱/٤	۱	۷	٤	٤	٥	۳	۳	٤	٦	۳
نگهداری بشکه های مرکاپتان به صورت بر	۱/٥	۲	٤	٦	۱/٦	۱/۷	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۱/٤	۲	۱/٦
بودار کردن گاز	۱/٥	٤	٦	۹	۱/٥	۱/٤	۱	۱	۱	۱	۱	۱/۲	۱/٤	۲	۱/٦
پرچ گیری از فیلتر ایستگاه های تقلیل فشار	۱/٦	۱	۱	۱/٥	۱/٦	۱/٤	۱/۲	۱	۱	۱	۱	۱/۲	۱/٤	۱/۲	۱/٦
تعویض المنت فیلترهای معیوب در ایستگاه های تقلیل فشار	۱/٤	۲	٤	٦	۱/٤	۱/٥	۱/۲	۱	۱	۱	۱	۱/٤	۱/٤	۱	۱/٦
انجام عملیات تعمیراتی(اورهال ایستگاه ها)	۱/٥	۱/٥	۱/٤	۱/۳	۱/٤	۱/۳	۱	۱	۱	۱	۱	۱/٤	۱/٤	۱	۱/٦
کارکردن تجهیزات ایستگاه های حفاظت کاتدی	۱	۱/٥	۱/۲	۱	۱/٥	۱/۳	۱	۲	۲	٤	٤	۱	۱/۲	٥	۱
نگهداری، انبارش و جابجایی بشکه های مرکاپتان	۱/۲	۲	٤	۲	۱/٤	۱/٤	٤	٤	٤	٤	٤	۲	۱	۳	۱/٦
نگهداری، انبارش و جابجایی بشکه های روغن ترانس	۱/۸	۱	۱	٤	۱/۳	۱/٦	۱/۲	۱/۲	۲	۱	۱/۲	٤	۱/۳	۱	۱/۲
جابجایی اقلام در انبار با لیفتراک دیزلی	۱/۳	٦	۹	٥	۱/۳	۱/۳	٦	٦	٦	٦	٦	۱	٦	۲	۱

جدول ۵- اولویت‌بندی فعالیت‌ها از نظر خطرپذیری هر ریسک

اولویت	فعالیت	اولویت	فعالیت
۱	حفاری و لوله‌گذاری	۹	ایجاد شبکه
۲	تقلیل فشار در ایستگاه‌ها	۱۰	تعویض المنت فیلترهای معیوب در ایستگاه تقلیل فشار
۳	جابجایی اقلام در انبار با لیفتراک دیزلی	۱۱	تست شبکه
۴	گرم کردن گاز در ایستگاه‌های تقلیل فشار	۱۲	نگهداری، انبارش و جابجایی بشکه‌های روغن ترانس
۵	نگهداری، انبارش و جابجایی بشکه‌های مرکبتان	۱۳	پرچ‌گیری از فیلتر ایستگاه‌های تقلیل فشار
۶	کار کردن تجهیزات ایستگاه‌های حفاظت کاتدی	۱۴	انجام عملیات تعمیرات (اورهال ایستگاه‌ها)
۷	بودار کردن گاز	۱۵	اتصال لوله بدون گاز به شبکه گاز
۸	نگهداری بشکه‌های مرکپتان به‌صورت پر		

ارجحیت و برتری گزینه‌ها با روش مقایسه زوجی فعالیت‌ها تهیه و به کمک نظر متخصصین ارجحیت آنها مشخص و تحلیل سلسله مراتبی انجام شده است. در این پرسشنامه درجه‌های ۱،۳،۵،۷،۹ به ترتیب بیانگر ارزش‌های ارجحیت یکسان، کمی ارجح، ارجح، خیلی ارجح و کاملاً ارجح است.

اولویت‌بندی ریسک‌های پرخطر شناسایی‌شده در روش AHP

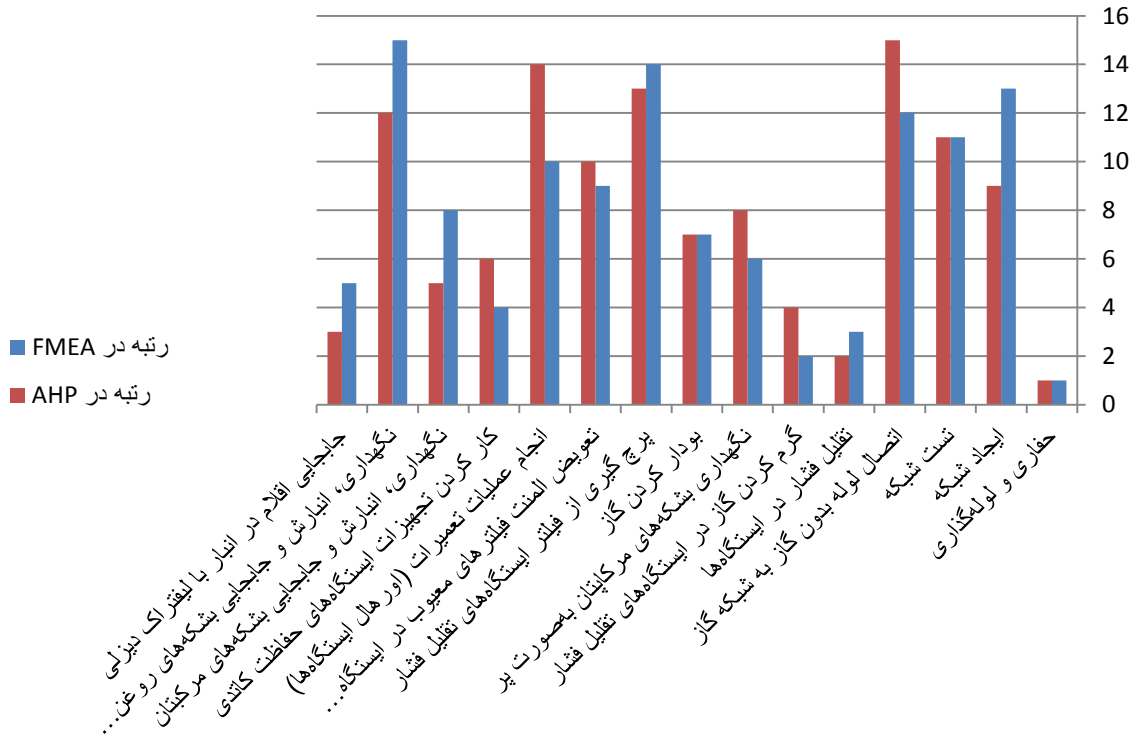
پس از نظرسنجی از خبره‌های پروژه و پر کردن پرسشنامه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، امتیازدهی و اولویت‌بندی فعالیت‌ها از نظر خطرپذیری مشخص شد که در جدول ۵ ارائه شده است. بر اساس این جدول فعالیت حفاری و لوله‌گذاری همانند روش FMEA در اولویت قرار گرفت.

مقایسه رتبه‌بندی در دو روش FMEA و AHP

با توجه به نمودار ۳ که در زیر آمده، مقایسه دو روش FMEA و AHP در اولویت‌بندی ریسک‌های موجود و شناسایی‌شده در پروژه ملاحظه می‌شود که به ریسک‌های حاصل از فعالیت حفاری و لوله‌گذاری، تست شبکه و بودار کردن گاز رتبه یکسانی داده است. در روش AHP فعالیت‌هایی از قبیل ایجاد شبکه، تقلیل فشار در ایستگاه‌ها، پرچ‌گیری از فیلتر ایستگاه‌های تقلیل فشار نگهداری، انبارش و جابه‌جایی بشکه‌های حاوی روغن تراس و جابه‌جایی اقلام در انبار با لیفتراک دیزلی رتبه کمتری نسبت به روش FMEA را کسب کرده است.

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۳- مقایسه رتبه خطرپذیری فعالیت‌ها در روش FMEA و AHP

جدول ۶- ریسک‌های پرخطر شناسایی‌شده به کمک روش‌های AHP و FMEA

فعالیت	رتبه در FMEA	رتبه در AHP
حفاری و لوله‌گذاری	۱	۱
تقلیل فشار در ایستگاه‌ها	۳	۲
گرم کردن گاز در ایستگاه‌های تقلیل فشار	۲	۴
کار کردن تجهیزات ایستگاه‌های حفاظت کاتدی	۴	۶
جابجایی اقلام در انبار با لیفتراک دیزلی	۵	۳

فعالیت‌های دارای ریسک بالا در پروژه انتقال گاز

نتایج تحلیل خطر انجام‌شده برای ریسک‌های پروژه به کمک روش‌های AHP و FMEA فعالیت‌های پرخطر شناسایی‌شده در پروژه به شرح جدول ۶ است.

با توجه به نتایج هر دو روش، فعالیت دارای بیشترین ریسک از نظر زیست‌محیطی، فعالیت حفاری و لوله‌گذاری است که طی این فعالیت اغلب زمین‌های کشاورزی و جنگل تخریب شده و لوله‌گذاری انجام می‌شود. تخریب جنگل و زمین‌های کشاورزی در درازمدت می‌تواند سبب بروز مشکلات منطقه‌ای به‌ویژه برای ناحیه‌ای که خط انتقال از آن می‌گذرد و در نهایت در سطح ملی و وسعت زیاد در گستره بین‌المللی شود.

انجام اقدامات حفاظتی و کاهشی در جهت کاهش ریسک فعالیت‌های پرخطرزیست‌محیطی

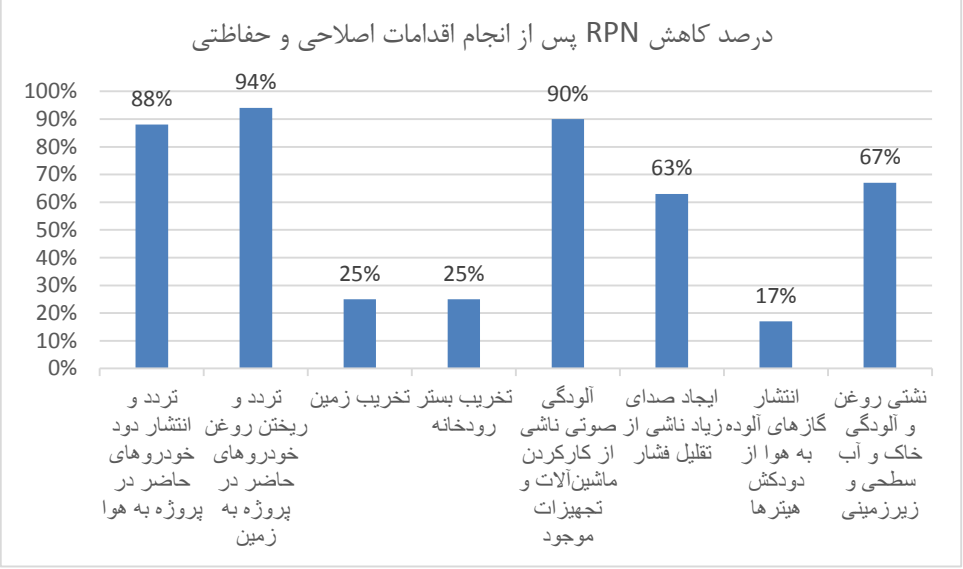
پس از شناسایی فعالیت‌های پرخطر و لزوم اقدامات اصلاحی براساس قوانین و آیین نامه‌ها، استانداردهای موجود و همچنین نظر کارشناسی و متخصصین امر، اقداماتی جهت کاهش احتمال وقوع، شدت اثر و از طرف دیگر افزایش احتمال کشف خطر تهدیدکننده شناسایی شده و در دستور کار قرار گرفته است. اثر این اقدامات به‌گونه‌ای بوده است که توانسته فعالیت‌های پرخطر را از محدوده خطر خارج و به محدوده کم‌خطر وارد کند که نتیجه مطلوبی را برای پروژه داشته است. اندازه‌گیری میزان کاهش خطر از طریق مقایسه مقادیر RPN ریسک‌ها قبل و پس از این اقدامات انجام شده که به‌طور خلاصه این مقایسه در جدول ۷ و نمودار ۴ ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- میزان کاهش مقدار RPN ریسک‌های پرخطر پس از اقدام‌های حفاظتی

ریسک شناسایی‌شده	درصد کاهش RPN پس از انجام اقدامات
تردد و انتشار دود خودروهای حاضر در پروژه به هوا	٪۸۸
تردد و ریختن روغن خودروهای حاضر در پروژه به زمین	٪۹۴
تخریب زمین	٪۲۵
تخریب بستر رودخانه	٪۲۵
آلودگی صوتی ناشی از کارکردن ماشین‌آلات و تجهیزات موجود	٪۹۰
ایجاد صدای زیاد ناشی از تقلیل فشار	٪۶۳
انتشار گازهای آلوده به هوا از دودکش هیترها	٪۱۷
نشتی روغن، آلودگی خاک و آب سطحی و زیرزمینی	٪۶۷



نمودار ۴- درصد کاهش RPN فعالیت‌ها پس از انجام اقدامات اصلاحی و حفاظتی جهت فعالیت‌های پرخطر زیست‌محیطی

نتیجه‌گیری

پروژه‌های انتقال گاز از جمله پروژه‌هایی هستند که ریسک‌های زیست‌محیطی بسیاری دارند. با توجه به نتیجه این پژوهش روش‌های FMEA و AHP که دو روش معمول در ارزیابی ریسک هستند، می‌توانند در شناسایی ریسک‌های پرخطر کمک شایانی کنند. همچنین ارائه و به‌کارگیری راهکارهای کاهشی سبب کاهش چشمگیر خطرپذیری ریسک‌ها شده و عملاً ریسک‌های پرخطر را از محدوده پرخطر خارج و به محدوده ریسک‌های کم‌خطر وارد کرده است. با انجام مراحل گفته‌شده در بخش تجزیه و تحلیل، شناسایی، ارزیابی و کنترل ریسک‌های پرخطر که در پروژه انتقال گاز استان گیلان انجام شده و طبق نتایج به‌دست‌آمده، مقدار خطرپذیری ریسک‌های پرخطر به کمک راهکارهای کاهشی تا ۹۰ درصد کاهش یافته است. این امر نشان‌دهنده این موضوع است که استفاده از روش‌های تحلیل ریسک و راهکارهای کاهشی کمک شایانی به کاهش خطرپذیری پروژه خواهد کرد. همچنین با مقایسه دو روش FMEA و AHP در این پروژه مشخص شد که خروجی نهایی هر دو روش نزدیک به هم بوده و نتایج یکدیگر را تا حدودی تصدیق کردند.

پی‌نوشت

1. Environmental and Social Impact Assessment (ESIA)
2. Failure Modes and Effects Analysis
3. Analytical Hierarchy Process
4. Cronbach›s Alpha
5. Risk Priority Number (RPN)
6. Saaty

منابع

۱. اصغرپور، م. (۱۳۹۵)، تصمیم‌گیری چند معیاره . مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران. چاپ چهاردهم.

۲. بیکلری ا.، ن.، شمس کیا، (۱۳۹۶)، تحلیل مدیریت و ارزیابی ریسک در خط ۲ متروی کرج با استفاده از ساختار پروژه، دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی سازه و مدیریت ساخت، دانشگاه صنعتی شریف.

www.SID.ir

Archive of SID

۳. جعفری، ح.ر.، (۱۳۸۰)، کاربرد سیستماتیک مدل تخریب در ارزیابی اثرات توسعه بر روی حوضه آبخیز سد لتیان، محیط شناسی، ش ۲۷.، ص ۱۹۰-۱۲۰.

۴. خزامی م. س.، س.ودشتی، (۱۳۹۷)، ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی فعالیت‌های کارخانه نمک‌زدایی شماره ۱ اهواز با استفاده از روش TOPSIS، مجله مدیریت بحران، دوره ۷-۲، ص ۱۰۳-۹۳.

۵. راشدی، ح.،(۱۳۸۸)، بررسی تأثیر بازه زمانی انجام تغییرات پیشگیرانه بر سطح سیگما در فرآیند نگهداری و تعمیرات (مورد کاوی)، شر کت بهره‌برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی، پایان نامه ارشد. دانشگاه یزد.

۶. رضاییان، س.، ایرانخواهی، م.، جوزی، س.ع.، (۱۳۹۳)، ارائه الگوی ارزیابی ریسک زیست محیطی پروژه‌های انتقال گاز به روش‌های سامانه شاخص‌گذاری و AHP. مطالعه موردی پروژه انتقال گاز ۴۲ اینچ تسوج-سلماس، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، شماره سه، پاییز ۹۳.

۷. صالحی مؤید، م.، کریمی، س.،(۱۳۸۶)، ارزیابی اثرات محیط زیستی خط انتقال گاز همدان به بیجار با تاکید بر استفاده از RS و GIS، محیط شناسی، سال سی و سوم، شماره ۴۱، صفحه ۴۴-۳۳.

۸. قدسی‌پور، ح.، (۱۳۹۵)، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی.AHP مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (دانشگاه پلی‌تکنیک تهران). چاپ دوازدهم.

9.Al- Rashdan Al- Kloub, B., Angela, D., Al- Shemmeri, T., (1999, online 2011)., Environmental impact assessment and ranking the environmental projects in Jordan., European Jornal of Operational Research., 118., pp 30- 45.

10. Balali, V., Zahraie , B., & Roozbehnia, A., (2014), A comparison of AHP and PROMETHEE family decision making methods for selecting of building structural system, American Journal of Civil Engineering and Architecture, 2(5), 149-159

11. Gusavac, B., A., popovic, M., A. Katici, (2016), Multi-attribute Methods as a Means for Solving Lake Pollution Problems, XV International Symposium Proceeding-3, University of Belgrade.

12.Nikolic., D., I. Jovanovic., I. Mihajlovic., Z. Zivkovic., (2009)., Multi- criteria ranking of copper concentrates according to their quality- An element of environmental management in the vicinity of copper- Smelting complex in Bor, Serbia., Journal of Environmental management., 91(2), 509- 515.

13. Ortiz G., J. A. D. Gómez, A. A. & A., M. Urgeghe, (2018), Participatory multi-criteria decision analysis for prioritizing impacts in environmental and social impact assessments, Journal of Sustainability: Science, Practice and Policy, 14:1, 6-21

www.SID.ir