

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

ناصر ششمس 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. حمل و نقل 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 زیست محیطی بوده است؛ بنابراین بررسی و کاهش ریسک‌های پروژه امری حیاتی و لازم برای تیم اجرایی است. هدف از این پژوهش مطالعه و بررسی ریسک‌های زیست محیطی 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 به منظور 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، آلاینده‌های ناشی از تردد وسایل نقلیه سنگین و همچنین فعالیت تقلیل فشار در ایستگاه در اولویت ریسک‌های پروژه قرار دارند. نتایج مقادیر RPN به دست آمده از ریسک‌ها نشان می‌دهد که ۲۸ درصد از ریسک‌ها دارای RPN بیشتر از میانگین بوده که در محدوده خطر قرار دارند. در انتها به منظور کاهش خطر ریسک‌های زیست محیطی پروژه روش‌هایی برای کنترل فعالیت‌های پرخطر شناسایی شده ارائه شد. همچنین نتایج بیانگر آن است که اجرای این روش‌ها می‌تواند تا ۹۰ درصد خطر زیست محیطی 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<sup>\*1</sup>, Arash Ghavidel<sup>2</sup>

### 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

۵۷

ویژه نامه هفته  
پدافند غیرعامل

پاییزه زمستان  
۱۳۹۹

دوفصلنامه  
علمی و پژوهشی



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

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 زیست محیطی و به هم خوردن تعادل اکوسیستم‌ها هستند. از این رو ادغام ارزیابی ریسک‌ها با ملاحظات زیست محیطی 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 زیست محیطی، یافتن راه‌های کاهش اثرات سوء، دستیابی به اهداف توسعه پایدار در ارتباط با فرآیند برنامه‌ریزی، مدیریت در زمان بندی، 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 زیست محیطی دارای چارچوبی مشابه هستند. این فرآیندها اثرات آینده (طبیعی، فرکانس و غیره) فعالیت‌های پیشنهادی را پیش‌بینی می‌کنند و هدفشان شامل هدف مدیریت در تصمیم‌گیری، 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 زیست محیطی را به‌ویژه در خصوص حوادث شدید در پروژه‌های خود اعمال کنند. در بررسی تخریب اثرات توسعه بر روی حوضه آبخیز سد لتیان و تخریب زیست محیطی آن یک مدل سازمان‌یافته ارائه شد که رویه کار را تسهیل و تسریع کند و کمک شایانی به مسائل زیست محیطی محسوب می‌شود [۳]. در این راستا برخی محققان در پژوهش خود جهت ارزیابی ریسک پروژه‌های زیست محیطی از روش الکترون 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 زیست محیطی 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 به موقع اثرات بالقوه فعالیت‌های پیشنهادی بر محیط زیست و سلامت انسان با خطرات زیست محیطی، 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 محیط زیست، جامعه و جمعیت اعمال شود [۸].

در پژوهشی در اردن و به‌منظور ارزیابی اثرات زیست محیطی و با استفاده از بررسی ریسک در پروژه‌های زیست محیطی به کمک فرآیند سلسله مراتبی چندمعیاره به مطالعه ریسک در پروژه‌های منطقه‌ای پرداخته شد. در این مطالعه محققان روش‌های الکترون 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 گفته شده 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 مورد نظر 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 الکترون بود [۱۲]. بلالی و همکاران در مقاله ارائه شده به چگونگی انتخاب بهترین سیستم با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیار

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 (ESIA) را انجام دادند و نشان می‌دهند که این نوع ارزیابی می‌تواند ابزاری بسیار مفید برای شناسایی و تجزیه و تحلیل پیامدها و عواقب محدود و 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 (هولوا، اسپانیا) در جنوب غربی شبه جزیره ایبری استفاده شد [۱۳].

ارزیابی سازمان‌یافته ریسک برای پروژه‌های مختلف، به خصوص 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

در این پژوهش از دو روش پیش‌بینی و تحلیل حالات خرابی و شکست<sup>۲</sup> و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی<sup>۳</sup> 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 ۳۴ 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- جمع‌آوری 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 سلسله‌مراتبی 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 قابل قبول بود. بدین منظور از آزمون آلفای کرونباخ<sup>۴</sup> 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. در صورتی که این پارامتر بیشتر از ۰/۷ باشد نشانگر قابل قبول 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

۱، ۲۹ ریسک در طی ۱۵ فعالیت مشخص شد و به وسیله مقدار شماره اولویت ریسک<sup>۵</sup> RPN هر ریسک که با حاصل ضرب احتمال وقوع، شدت اثر و قابلیت کشف به دست می آید، هر یک از ریسک‌ها اولویت بندی شدند.

### شناسایی ریسک‌ها با خطرپذیری بالا

پس از محاسبه عدد RPN معیار اولویت بندی ریسک‌ها جهت شناسایی ریسک‌های پرخطر به دلیل نبود عدد ثابت برای RPN‌های ریسک‌های بحرانی، مقدار میانگین RPN

های به دست آمده را به روش میانگین حسابی که برابر ۹۸ بود، به دست آوردیم و آن دسته از ریسک‌هایی که عدد RPN بالاتر از ۹۸ داشتند، در دسته ریسک‌های پرخطر و بحرانی قرار گرفتند. این ریسک‌ها مطابق نمودار ۱ و در اولویت بندی 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 اولویت بندی شدند که اقدامات اصلاحی بر روی آنها انجام شود. با توجه به جدول ۲ بیش از ۵۰ درصد از ریسک‌های

جدول ۱- نتایج محاسبه عدد RPN هر ریسک در فعالیت‌های شناسایی شده پروژه انتقال خطوط لوله گاز

RPN	جنبه	فعالیت	ردیف
۲۲۴	تخریب زمین	حفاری و لوله‌گذاری	۱
۷۰	ریختن و دیوی آسفالت‌های کنده شده در پای درختان و فضای سبز		۲
۲۲۴	تخریب بستر رودخانه		۳
۴	قطع درختان به منظور جاده سازی		۴
۱۶۲	کارکردن ماشین‌آلات و تجهیزات موجود		۵
۴۸۶	تردد و انتشار دود خودروهای حاضر در پروژه به هوا		۶
۳۶۰	تردد و ریختن روغن خودروهای حاضر در پروژه به زمین		۷
۲۱	پخش شدن ضایعات ناشی از لوله‌گذاری مانند سرچوش‌ها، عایق کاری و پارچه‌های آلوده به مواد روغنی	ایجاد شبکه	۸
۳۲	خوردگی لوله‌های فلزی و پلی اتیلنی استفاده شده جهت گازرسانی		۹
۶	انتشار ته‌الکتروند ناشی از جوشکاری		۱۰
۶	انتشار اضافات نوار عایق فولادی		۱۱
۶	خورده کلتار عایق هنگام عایق کاری		۱۲
۶	استفاده از فیلترهای دست دوم		۱۳
۶	صدای ناشی از بیکور زدن		۱۴
۴۸	تخلیه گاز موجود در لوله‌ها به هوا و یا سوزاندن آن		۱۵
۴۲	انفجار یا آتش سوزی		۱۶
۴۸۰	ایجاد صدای زیاد ناشی از تقلیل فشار		۱۷
۹۶	نشستی از تأسیسات		۱۸
۱۰۸	انتشار گازهای آلوده به هوا از دودکش هیتراها		۱۹
۱۲	استفاده از سوخت گاز طبیعی برای روشن کردن هیتراها		۲۰
۶۴	نشست مرکپتان		تست شبکه
۴۹	انتشار مواد سمی و شیمیایی (مرکپتان)	۲۲	
۲۸	انتشار گاز و دود مایعات آلاینده	۲۳	
۳۵	انتشار مواد آلوده و سمی به خاک و دورریز فیلترهای استفاده شده	۲۴	
۱۵	انتشار روغن، گریس و دوده به زمین	۲۵	
۱۰۸	نشستی روغن به خاک و آب سطحی و زیرزمینی	۲۶	
۵۶	نشستی مواد سمی و شیمیایی (مرکپتان) به خاک و آب	۲۷	
۱۸	نشستی روغن به خاک و آب سطحی و زیرزمینی	۲۸	
۸۱	انتشار گازهای آلاینده	۲۹	

۶۰

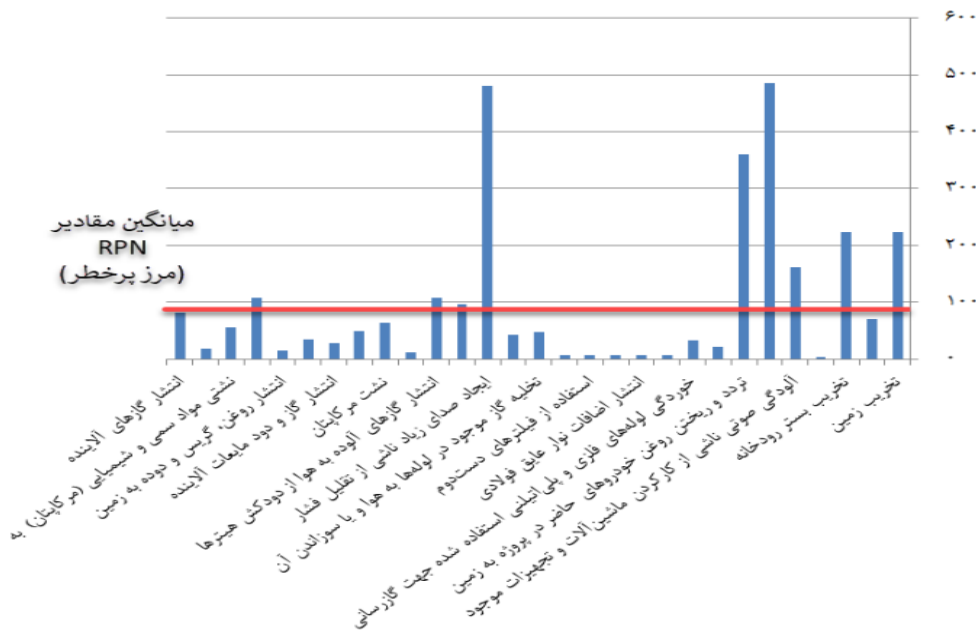
ویژه نامه هفته  
پدافند غیرعامل

پاییزه زمستان  
۱۳۹۹

دوفصلنامه  
علمی و پژوهشی



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



نمودار ۱- مقایسه RPN ریسک‌های بحرانی با مقدار RPN میانگین

جدول ۲- اولویت بندی 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	کار کردن تجهیزات ایستگاه‌های حفاظت کاندی	نشئی روغن به خاک و آب سطحی و زیرزمینی	۱۰۸

### 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 نشان‌داده شده 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 انتشار گازهای 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.

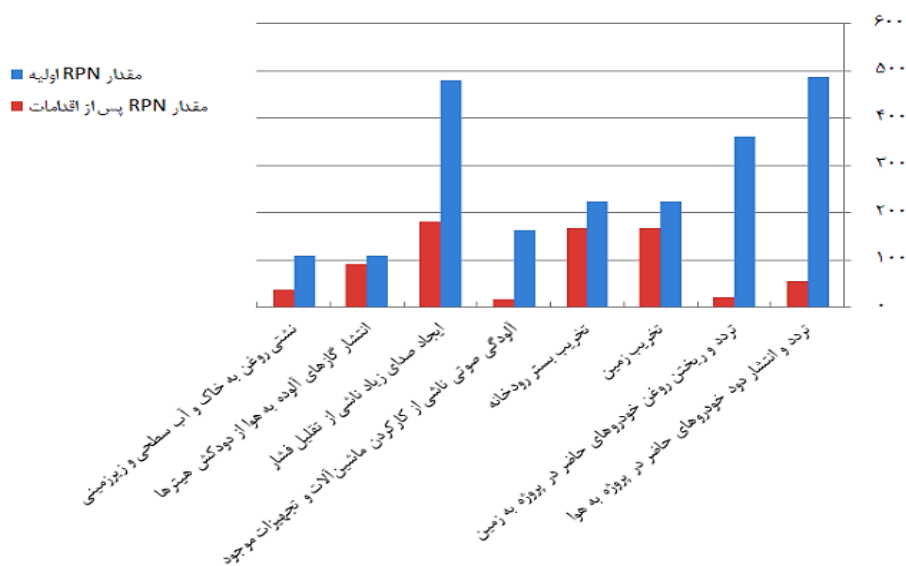
پرخطر زیرمجموعه فعالیت حفاری و لوله‌گذاری بوده‌اند. این امر نشان می‌دهد که در پروژه انتقال گاز، فعالیت حفاری و لوله‌گذاری عمده‌ترین دارای بیشترین خطر و ریسک در حوزه زیست‌محیطی بوده که باید به آن توجه ویژه شود. در این میان جنبه تردد و انتشار دود خودروهای حاضر در پروژه به هوا و آلودگی ناشی از آن طی فعالیت 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 بررسی شده، ارائه راهکاری در جهت کاهش میزان خطر این ریسک‌ها الزامی است. از این رو به منظور 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.

جدول ۳- اقدامات اصلاحی انجام شده 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 در استفاده از ماشین آلات 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 روغن ریزی کمتر رعایت زمان مناسب و به موقع تعمیر دستگاه‌ها
تخریب زمین	رعایت دستورالعمل HSE پیمانکاران بازدید دوره‌ای از عملکرد پیمانکار
تخریب بستر رودخانه	رعایت موازین طراحی براساس نقشه‌های استاندارد طراحی رعایت قوانین و مقررات زیست محیطی منطقه
آلودگی صوتی ناشی از کار کردن ماشین آلات و تجهیزات	استفاده موردی از پیکور دستی در زمان حفاری استفاده از کاتر استفاده از کاور جهت کاهش آلودگی صوتی الزام پیمانکار جهت تعمیر به موقع تجهیزات
انتشار گازهای آلوده به هوا از دودکش هیترها	سرویس و نگهداری به موقع هیترها سرویس، نگهداری و تعویض به موقع فیلتر دودکش هیترها
نشست روغن به خاک، آب سطحی و زیرزمینی	بازدید و بازرسی منظم و تعمیرات به موقع و تعویض قطعات فرسوده نظافت به موقع محل‌هایی که نشست روغن مشاهده می‌شود



نمودار ۲- مقایسه مقدار RPN اولیه و پس از اقدامات اصلاحی ریسک‌های پرخطر خطوط انتقال لوله گاز

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<sup>۶</sup> تحلیل سلسله مراتبی به جای ریسک‌ها بر روی فعالیت‌ها انجام شده و ترتیب خطرپذیری فعالیت‌ها به دست آمده است. به این منظور پرسشنامه‌ای مطابق جدول ۴ جهت تعیین

شناسایی و اولویت‌بندی فعالیت‌های پرخطر به روش AHP به منظور اطمینان از روش FMEA و ارزیابی و مقایسه آن با روش ارزیابی دیگر که مورد اطمینان بوده و در پروژه‌های مختلف استفاده می‌شود، بنابراین شناسایی و اولویت‌بندی فعالیت‌های پرخطر به روش AHP در دستور کار قرار گرفته و به کمک این روش

جدول ۴- پرسشنامه جهت تعیین ارجحیت و مقایسه زوجی فعالیت‌ها

فعالیت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
حفری و لوله گذاری	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
ایجاد شبکه	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
تست شبکه	۱/۸	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
اتصال لوله بدون گاز به شبکه گاز	۱/۶	۱/۳	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
تقلیل فشار در ایستگاه‌ها	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
گرم کردن گاز در ایستگاه‌های تقلیل فشار	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
نگهداری بشکه‌های مرکبتان به صورت بر	۱/۵	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
بودار کردن گاز	۱/۵	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
پرچ گیری از فیلتر ایستگاه‌های تقلیل فشار	۱/۶	۱/۳	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
تعویض المنت فیلترهای معیوب در ایستگاه‌های تقلیل فشار	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
انجام عملیات تعمیراتی (اورهال ایستگاه‌ها)	۱/۵	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
کارکردن تجهیزات ایستگاه‌های حفاظت کاندی	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
نگهداری، انبارش و جایجایی بشکه‌های مرکبتان	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
نگهداری، انبارش و جایجایی بشکه‌های روغن ترانس	۱/۸	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱
جایجایی اقلام در انبار با لیفتراک دیزل	۱/۳	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱	۱/۴	۱/۲	۱

جدول ۵- اولویت بندی فعالیت‌ها از نظر خطرپذیری هر ریسک

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

**مقایسه رتبه بندی در دو روش FMEA و AHP**

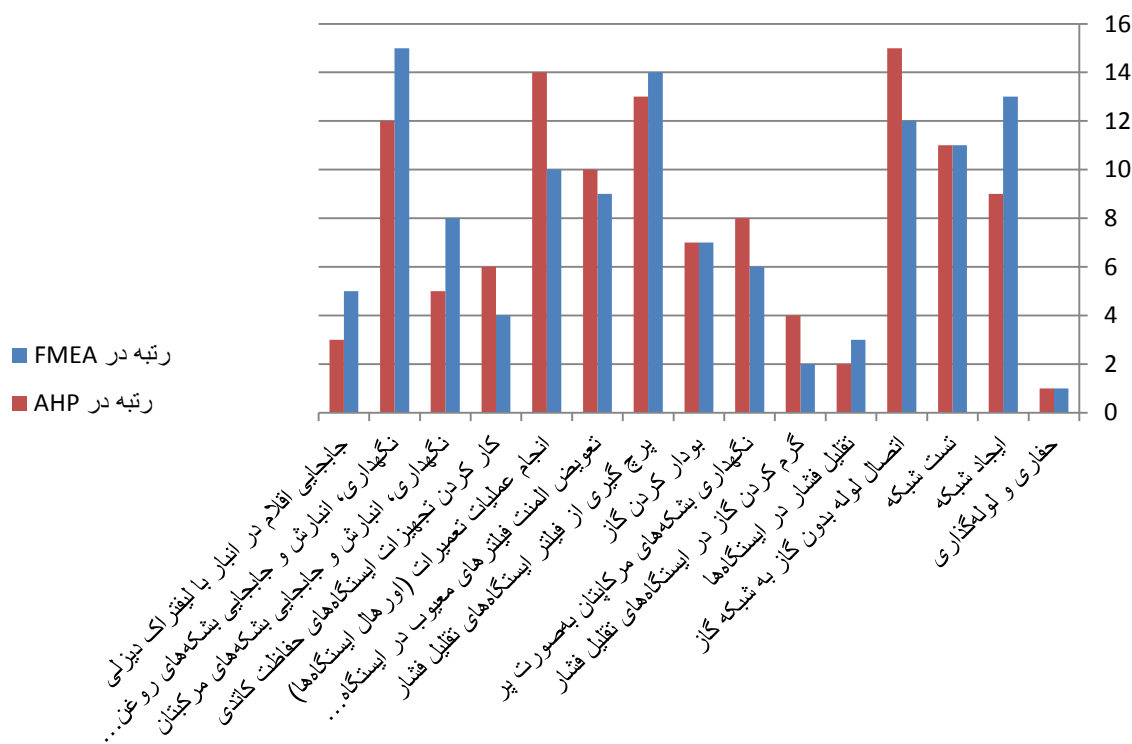
با توجه به نمودار ۳ که در زیر آمده، مقایسه دو روش FMEA و AHP در اولویت بندی ریسک‌های موجود و شناسایی شده در پروژه ملاحظه می‌شود که به ریسک‌های حاصل از فعالیت حفاری و لوله‌گذاری، تست شبکه و بودار کردن گاز رتبه یکسانی داده است. در روش AHP فعالیت‌هایی از قبیل ایجاد شبکه، تقلیل فشار در ایستگاه‌ها، پرچ‌گیری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

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.

**اولویت بندی ریسک‌های پرخطر شناسایی شده در روش AHP**

پس از نظرسنجی از خبره‌های پروژه و پر کردن پرسشنامه با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی، امتیازدهی و اولویت بندی 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.





نمودار ۳- مقایسه رتبه خطرپذیری فعالیت‌ها در روش FMEA و AHP

جدول ۶- ریسک‌های پرخطر شناسایی شده به کمک روش‌های FMEA و AHP

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

### انجام اقدامات حفاظتی و کاهش ریسک فعالیت‌های پرخطر زیست‌محیطی

پس از شناسایی فعالیت‌های پرخطر و لزوم اقدامات اصلاحی براساس قوانین و آیین‌نامه‌ها، 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.

### فعالیت‌های دارای ریسک بالا در پروژه انتقال گاز

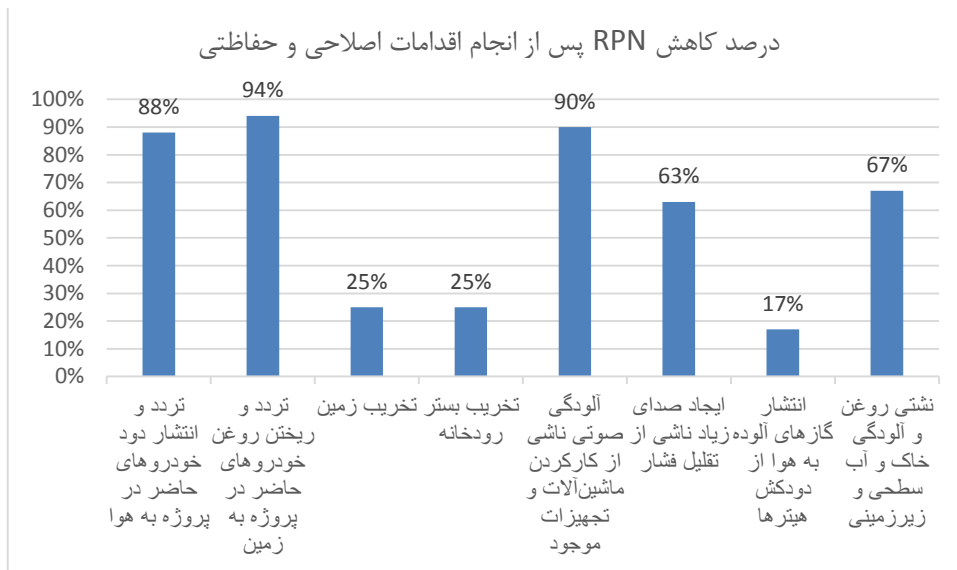
نتایج تحلیل خطر انجام شده برای ریسک‌های پروژه به کمک روش‌های AHP و FMEA فعالیت‌های پرخطر شناسایی شده در پروژه به شرح جدول ۶ است.

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.



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

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



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 کاهش 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 کاهش تا ۹۰ درصد کاهش یافته است. این امر نشان‌دهنده این موضوع است که استفاده از روش‌های تحلیل ریسک و راهکارهای کاهش 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. اصغریور، م. (۱۳۹۵)، تصمیم‌گیری چند معیاره. مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران. چاپ چهارم.
۲. بیگلری، ا.، ن. شمس‌کیا، (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.

۳. جعفری، ح.ر.، (۱۳۸۰). کاربرد سیستماتیک مدل تخریب در ارزیابی اثرات توسعه بر روی حوضه آبخیز سد لتیان، محیط‌شناسی، 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)، شرکت بهره‌برداری نفت و گاز زاگرس جنوبی، پایان‌نامه ارشد. دانشگاه یزد.
۶. رضاییان، س.، ایرانخواهی، م.، جوزی، س.ع.، (۱۳۹۳)، ارائه الگوی ارزیابی ریسک زیست‌محیطی 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، محیط‌شناسی، 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 Journal 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