ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی فعالیت‌های کارخانه‌ی نمک‌زدایی شماره‌ی ۱ اهواز با استفاده از روش TOPSIS

محمد سجاد خزامی: دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
سولماز دشتی*: استادیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۲/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۲۵

چکیده

مدیریت ریسک زیست‌محیطی، فرایندی سیستماتیک در بررسی و شناسایی مخاطرات و پیامدهای زیان‌بار زیست‌محیطی، ارزیابی، تحلیل و کنترل ریسک تا سطح مطلوب و قابل قبول است. مطالعه‌ی حاضر با هدف شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌ها و آثار ناشی از فعالیت‌های کارخانه‌ی نمک‌زدایی شماره‌ی ۱ اهواز و ارائه‌ی راهکارهای مدیریتی به انجام رسید. برای رسیدن به این هدف ابتدا فعالیت‌های مولد ریسک بر اساس بازدید میدانی، گزارشات وضع موجود و مصاحبه شناسایی و از طریق پرسش‌نامه‌ی دلفی بر اساس طیف لیکرت فعالیت‌های نهایی مولد ریسک انتخاب شدند و سپس با استفاده از روش TOPSIS فعالیت‌های مولد ریسک بر اساس سه شاخص شدت ریسک، احتمال وقوع ریسک و گستره‌ی آلودگی رتبه‌بندی گردیدند. نتایج نشان دادند 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. به‌طور کلی می‌توان بیان کرد که علت به وجود آمدن این ریسک‌ها خرابی و فرسودگی تجهیزات (لوله، پمپ‌ها و مخزن) است، که با نظارت و مدیریت درست این مشکلات را می‌توان تقلیل داد.

واژه‌های کلیدی: *مدیریت ریسک، TOPSIS، کارخانه‌ی نمک‌زدایی شماره‌ی ۱ اهواز*

Environmental Risk Assessment and Management of Ahvaz Desalination Plant Activities (No.1) Using TOPSIS

Mohammad Sajjad Khazami[1], Soolmaz Dashti[2*]

Abstract

Environmental risk management is a systematic process and identifies the risks and environmental harmful impacts, evaluate, analyze and risks control to an optimal and acceptable level. This study was aimed to identify and prioritize the risks and impacts and Present management solutions of Ahvaz desalination plant activities (No.۱). To achieve this goal, first, risk generating activities based on fieldwork and interviews and reports of current situation identified and through Delphi questionnaire based on the Likert scale the risk productive activities were selected. Then, using the TOPSIS method, risk generating activities based on three indices of the intensity of the risk, the probability of risk occurrence and extent of contamination were ranking. The results showed that the activity of storage, transfer, and injection of chemicals into the tanks with Proximity Coefficient ۱ in the first and transfer the wastewater to evaporation ponds (ponds of removing salt) with Proximity Coefficient ۰,۱۲۶ in the last risk priority. In general, it can be stated that the causes for these risks are depreciation and impairment of equipment (pipes, pumps, and tanks), that with monitoring and proper management of these problems can be reduced.

Keywords: *Risk Management, TOPSIS, Desalination Plant*

1 Master Degree Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
2 Assistant Professor, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran ; Email: soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir

مقدمه

طی دهه‌های اخیر آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های صنعتی موجب دل‌مشغولی دست‌اندرکاران صنعت و مراجع ناظر بر محیط‌زیست شده است و همواره به‌دنبال سیاست‌های سازگار و راه‌حل‌های منطقی برای پاک‌سازی محیط‌زیست در مسیری هماهنگ با ملاحظات محیط‌زیستی بوده‌اند [۱]. در این راستا صنایع موظف به استقرار سیستم مدیریت محیط‌زیست شده‌اند [۲]. سیستم مدیریت محیط‌زیستی مجموعه‌ای از اقدامات مدیریتی است که به سازمان این امکان را می‌دهد تا تأثیر فعالیت‌ها بر محیط‌زیست را شناسایی و ارزیابی کند و در نهایت عملکرد محیط‌زیستی خود را بهبود بخشد [۳]. شکست پروژه‌های مهندسی بزرگ، اهمیت مدیریت محیط‌زیستی را دو چندان کرده است. امروزه محققان بر این باورند که مدیریت زیست‌محیطی برای تصمیم‌گیری نیاز به ابزار مدیریت ریسک دارند، که می‌تواند به‌منزله‌ی ابزارهای مؤثر در ارزیابی محیط‌زیست مورد استفاده واقع شوند [۴]. در نتیجه برای جلوگیری از مخاطرات، لازم است که صنایع به ابزار ریسک مجهز شوند [۵]. مدیریت ریسک زیست‌محیطی فرایندی سیستماتیک در بررسی و شناسایی مخاطرات و پیامدهای زیان‌بار زیست‌محیطی، ارزیابی و تحلیل ریسک و کنترل ریسک تا سطح مطلوب و قابل قبول است [۶]. هدف اولیه‌ی مدیریت ریسک زیست‌محیطی، بررسی ریسک یک پروژه و اثرات احتمالی آن بر پارامترهای محیط‌زیست برای استقرار سیستم مدیریت ریسک است. این دیدگاه می‌تواند در فرایندهای طراحی، ساخت، اجرا و نگهداری از طرح‌های توسعه با حداقل خطرات احتمالی و بالاترین ایمنی، مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان امر قرار گیرد [۷]. در مدیریت ریسک زیست‌محیطی موضوع محوری تعیین میزان ضررهای قرار گرفتن در معرض عامل خطر یا آسیب زیست‌محیطی است. بنابراین احتمال در نظر داشتن نوع خطر، نوع آسیب، میزان هزینه و شدت وضعیت‌هایی که به‌طور بالقوه خطرناک هستند را می‌توان به‌منزله‌ی تعریفی برای مدیریت ریسک زیست‌محیطی تعبیر نمود. پس می‌توان بیان داشت که مدیریت ریسک زیست‌محیطی تلاشی است چند جانبه که با استفاده از داده‌های کسب شده از منابع بی‌شمار و دیدگاه‌های مختلف به اجرا در می‌آید. لذا مشکلات فراروی مدیریت ریسک زیست‌محیطی فرامرزی است و به روش یا روش‌هایی نیاز دارد که قادر به تلفیق نیازهای سازمان‌ها و نهادها با نیازهای عموم جامعه باشد و در این خصوص بتواند راه‌حل مقتضی را ارائه نماید [۸]. ارزیابی ریسک یکی از ارکان مدیریت ریسک پروژه است و هدف آن اندازه‌گیری ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف است [۹] و مبنای ارزیابی ریسک و به‌طور گسترده مدیریت ریسک، کاهش یا محدود کردن ریسک است و تأکید عمده اغلب خط‌مشی‌های عمومی، بر کاهش ریسک و ایجاد قطعیت متمرکز است [۱۰]. پس می‌توان بیان داشت که ارزیابی ریسک یک روش سازمان یافته و سیستماتیک برای شناسایی خطرها و برآورد ریسک برای رتبه‌بندی تصمیم‌ها و کاهش ریسک به یک سطح قابل قبول است [۱۱]. ارزیابی ریسک محیط‌زیستی گام فراتر از ارزیابی ریسک است و در آن علاوه بر بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف ریسک، ضمن شناخت کامل از محیط‌زیست منطقه‌ی تحت اثر، میزان حساسیت محیط‌زیست متأثر و ارزش‌های خاص محیط‌زیستی منطقه نیز در تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک منطقه در نظر گرفته می‌شود [۱۲]. رتبه‌بندی ریسک‌ها، قسمت کلیدی این فرایند به شمار می‌رود و امکان مقابله با هر ریسک را فراهم می‌کند [۱۳]. روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از نظر خبرگان متعدد ابزار قابل اعتمادی برای ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک است [۱۴]، که یکی از معروف‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM[1]) روش TOPSIS است، زیرا استفاده از پاره‌ای فنون در روش‌های MCDM نیازمند تعدیلاتی در رفت و برگشت و تبادل داده با متخصصان است که عموماً به علت دسترسی نداشتن به اطلاعات منجر به عدم روایی و پایایی تحقیقات می‌شود، اما روش TOPSIS به خاطر عدم مقایسه‌ی زوجی و استفاده از رتبه‌های دقیق کمی، این مشکل را مرتفع می‌سازد [۱۵]. روش TOPSIS یکی از روش‌های ریاضی که از نوع جبرانی و زیرگروه سازشی است و به‌دلیل هم‌پوشانی معیارها در نقاط قوت و ضعف خود، توانایی بالایی در حل مسائل چندگزینه‌ای دارد؛ همچنین از ویژگی‌های این روش سادگی و سرعت مناسب است و نتایج حاصل از آن کاملاً منطبق با روش‌های تجربی است. این روش با ارائه‌ی رویکردی انعطاف‌پذیر بسیاری از موانع مربوط به عدم دقت و صراحت را تحت پوشش قرار می‌دهد [۱۶]. استفاده از این روش نیز اولین بار توسط یون و هوانگ (۱۹۸۹) ارائه شد [۱۷] که به‌طور گسترده‌ای در موقعیت‌های تصمیم واقعی به‌کار گرفته می‌شود. این تکنیک یک روش چند معیاره برای شناسایی راه‌حل‌ها از میان مجموعه‌ی محدودی از گزینه‌ها بر پایه‌ی کمینه‌سازی فاصله از راه‌حل ایدئال مثبت و به حداکثر رساندن فاصله از راه‌حل ایدئال منفی است [۱۸]. منظور از راه‌حل ایدئال مثبت یکی از سودمندترین و کم‌هزینه‌ترین گزینه‌ها از میان همه‌ی گزینه‌ها و منظور از راه‌حل ایدئال منفی یکی از کم‌سودترین و پرهزینه‌ترین گزینه‌ها است. سپس گزینه‌ها با توجه به نزدیکی نسبی به راه‌حل‌های ایدئال رتبه‌بندی می‌شود. بنابراین هدف این تکنیک، یافتن بهترین گزینه است که به راه‌حل ایدئال مثبت نزدیک و از راه‌حل ایدئال منفی دور است [۱۹]. به عبارتی دیگر، TOPSIS رویکردی است برای مواجهه با سیستم‌های پیچیده‌ی مربوط به اتخاذ تصمیمات اولویت‌بندی میان چندین گزینه که به مقایسه‌ی گزینه‌های مورد نظر می‌پردازد [۱۸]. استفاده از این تکنیک برای رتبه‌بندی خطرات صنایع نفت یک تکنیک کارآمد است، که با توجه به اهمیت صنایع نفتی در ایران به لحاظ اقتصادی و بروز خطرات زیست‌محیطی در این صنعت ارزیابی ریسک زیست‌محیطی حتی در واحدهای وابسته به این صنعت مانند واحد نمک‌زدایی حائز اهمیت است. در کشور ما تاکنون مطالعات زیادی درباره‌ی شناسایی خطرات انجام شده است. با توجه به اطلاعات موجود تا به حال ارزیابی ریسک صنایع نفت و گاز با دید زیست‌محیطی با استفاده از روش‌های موجود به‌ندرت انجام گرفته است. با توجه به این‌که ارزیابی ریسک زیست‌محیطی جزء مطالعات جدید و نوین ارزیابی ریسک محسوب

می‌گردد، این پژوهش می‌تواند باعث تداوم چنین مطالعاتی در کشور شود و همچنین مورد استفاده‌ی برنامه‌ریزان و متخصصان در این خصوص قرار گیرد. ضمن این‌که استفاده از روش پیشنهادی TOPSIS که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است می‌تواند به‌منزله‌ی ابزاری توانمند در ارزیابی و تحلیل ریسک‌های زیست‌محیطی کارخانه‌ی نمک‌زدایی تا حد امکان برای شرکت‌های نفت و گاز کشور نهادینه گردد. در این زمینه تحقیقاتی صورت گرفته است که می‌توان به پژوهش لی و همکاران (۲۰۱۶) اشاره کرد، که ارزیابی ریسک گاز شیل را در چین انجام دادند [۲۰]. همچنین مرادی‌مجد و همکاران (۲۰۱۴) ارزیابی ریسک پروژه‌های نفتی را با استفاده از روش TOPSIS Fuzzy به انجام رساندند [۲۱]. العامر در سال ۲۰۱۰، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی کارخانه‌ی نمک‌زدایی نفت الاحمدی درکویت را به انجام رسانید، در این پژوهش از روش‌های TOPSIS و AHP استفاده شده است [۲۲]. با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، عامل سوراخ شدن خطوط لوله، سوختن ناقص گاز در مشعل، خرابی پمپ‌ها و سوراخ شدن مخازن به ترتیب از بیشترین به کمترین مخاطرات زیست‌محیطی را دارا است. پاک‌دین امیری (۲۰۱۰) با استفاده از روش TOPSIS fuzzy پروژه‌های توسعه‌ی نفت را مورد ارزیابی قرار داد [۲۳]. ایگبور در سال ۲۰۰۹، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی کارخانه‌ی نمک‌زدایی شرکت نفت شل در مرحله‌ی ساخت را در نیجریه با ۳ روش تلفیقی AHP ،TOPSIS و DEA انجام داد [۲۴]. منصوری و عظیمی‌حسینی در سال ۱۳۹۴ با استفاده از روش TOPSIS رتبه‌بندی عملکرد HSE شرکت‌های گاز را مورد بررسی قرار دادند [۲۵]. رودشتی نیز در سال ۱۳۹۳، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی فعالیت‌های مجتمع شماره‌ی ۲ شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون اهواز را مورد بررسی قرار داده است [۲۶]، در این پژوهش، ریسک‌ها و اثرات ناشی از فعالیت‌های مجتمع با استفاده از روش TOPSIS مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

مواد و روش

محدوده‌ی جغرافیایی مورد مطالعه

واحدهای نمک‌زدایی شماره‌ی ۱ اهواز، یکی از تأسیسات تحت نظارت شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون است. این واحدها در سیکل فرآوری خود نمک موجود در نفت را جداکرده و پساب‌های به‌دست آمده را به چاه‌های دفعی و نفت نمک‌زدایی شده را به بخش بعدی فرایند ارسال می‌کنند. شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون در حال حاضر دارای پنج کارخانه‌ی نمک‌زدایی است که نفت‌های نمکی آسماری و بنگستان را نمک‌زدایی می‌کنند. کارخانه‌ی نمک‌زدایی شماره‌ی ۱ اهواز در سال ۱۳۵۶ در ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان اهواز با ظرفیت اسمی ۲۲۰ هزار بشکه نفت (آسماری و بنگستان) در روز راه‌اندازی گردید. هدف از تأسیس این کارخانه شیرین‌سازی نفت نمکی آسماری و بنگستان تولید شده در واحد بهره‌برداری شماره‌ی ۱ اهواز است [۲۷]. ظرفیت فعلی واحد نمک‌زدایی شماره‌ی یک اهواز ۱۰۰ هزار بشکه نفت آسماری و ۶۴ هزار بشکه نفت بنگستان است که جمعاً ۱۶۴ هزار بشکه نفت نمکی آسماری و بنگستان روزانه در این واحد نمک‌زدایی می‌شود [۲۸] و پس از فرایند شیرین‌سازی به واحد بهره‌برداری شماره‌ی یک اهواز منتقل می‌گردد. نحوه‌ی عملکرد و نمک‌زدایی از نفت خام به این‌صورت است که نفت خام استخراج شده از زمین، مخلوطی از گاز و آب و نمک را همراه خود دارد و برای جدا کردن گاز به واحد بهره‌برداری می‌رود. گاز توسط تفکیک گرما از نفت جدا می‌شود و برای جدا کردن آب که مقداری نمک محلول با خود دارد به واحد نمک‌زدایی فرستاده می‌شود. نفت از چاه‌های مختلف توسط خطوط لوله انتقال وارد کارخانه‌ی بهره‌برداری و سپس برای نمک‌زدایی به واحدهای نمک‌زدایی ارسال می‌شود، به‌منظور بالا بردن عیار و ارزش نفت تولید شده، آب و نمک‌های مختلف و گازهای همراه آن توسط فزاینده‌های مختلف گرفته می‌شود [۲۹].

نظر به این که هدف اصلی از انجام این پژوهش رتبه‌بندی ریسک‌های زیست‌محیطی کارخانه‌ی نمکزدایی نفت شماره‌ی ۱ کارون اهواز بر اساس تکنیک TOPSIS است، بنابراین می‌توان گفت پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه‌ی تحقیقات کاربردی است، همچنین با توجه به این که در این مطالعه از روش‌های مطالعه‌ی کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی نظیر پرسش‌نامه استفاده شده است، می‌توان گفت که پژوهش حاضر بر اساس ماهیت و روش، یک پژوهش توصیفی از نوع پیمایشی است. تصویر ۲ الگوریتم اجرایی پژوهش را نشان می‌دهد.

در این پژوهش برای شناسایی و غربال معیارهای اصلی انتخاب پروژه از تکنیک دلفی استفاده شده است. هوگارت معتقد است ۶ تا ۱۵ عضو برای تکنیک دلفی ایدئال است و به زعم کلیتون اگر از ترکیبی از خبرگان با تخصص‌های گوناگون استفاده شود، بین ۵ تا ۱۰ عضو کافی است [۳۰]، که در این مطالعه از گروهی متشکل از ۲۰ نفر استفاده شد که در این تکنیک نخست به هر یک از اعضای گروه به‌طور جداگانه پرسش‌نامه‌ای شامل معیارهای مورد نظر ارسال می‌شود و از اعضا خواسته می‌شود تا به هر معیار از ۱ تا ۵ نمره اختصاص دهند. در مرحله‌ی بعد پرسش‌نامه‌ها جمع‌آوری شده و معیارهایی که میانگین نمره‌ی نظرات آن‌ها کمتر از ۳ باشد، حذف می‌شوند [۳۱]. سپس برای رتبه‌بندی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده شد. به طورکلی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، به دو دسته‌ی چندهدفه و چندشاخصه تقسیم می‌شوند [۳۲].

با توجه به این‌که بین شاخص‌های انتخاب شده برای اولویت‌بندی ریسک‌های زیست‌محیطی کارخانه نمک‌زدایی شماره‌ی ۱ کارون امکان مبادله وجود دارد، مدل مورد نظر باید از مدل‌های جبرانی انتخاب شود. مدل‌های جبرانی به سه گروه نمره‌گذاری و امتیازدهی، سازشی و هماهنگ تقسیم می‌شوند [۳۳]. با توجه به قابل فهم و مورد پذیرش بودن مدل برای تصمیم‌گیران، روش نزدیکی به حالت ایدئال (TOPSIS) از زیر گروه سازشی انتخاب شد که دارای کمترین نقص در رتبه‌بندی گزینه‌هاست [۳۴]. در این روش نیز m گزینه به‌وسیله‌ی n شاخص، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در این مطالعه شاخص‌های

شدت ریسک، احتمال وقوع ریسک و گستره‌ی آلودگی درنظر گرفته شده‌اند. اساس این تکنیک، براین اساس استوار است که گزینه‌ی انتخابی، باید کمترین فاصله را با راه‌حل ایدئال مثبت (بهترین حالت ممکن) و بیشترین فاصله را با راه‌حل ایدئال منفی (بدترین حالت ممکن) داشته باشد. فرض براین است که مطلوبیت هر شاخص، به طور یکنواخت افزایشی یا کاهشی است.

حل مسئله با این روش، مستلزم طی شش گام زیر است:

۱. کمی کردن و بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم (N): برای بی‌مقیاس‌سازی، از بی‌مقیاس‌سازی تورم استفاده می‌شود.

رابطه‌ی ۱:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j-1}^{j} f_{ij^2}}} \qquad j = 1,...,J \quad j = 1,...,n$$

۲. به دست آوردن ماتریس بی‌مقیاس موزون (V): ماتریس بی‌مقیاس شده (N) را در ماتریس قطری وزن‌ها ($W_{n\times n}$) ضرب می‌کنیم،

رابطه‌ی ۲:

$$v = N \times W_{N\times N}$$

۳. تعیین راه حل ایدئال مثبت و راه‌حل ایدئال منفی: راه‌حل ایدئال مثبت و ایدئال منفی به صورت زیر تعریف می‌شوند:

روابط ۳ و ۴:

$$A^{+} = \left\{V_1^*,...,V_n^*\right\} = \left\{\left(m_j ax\, v_{ij} \middle| i \in l'\right), \left(m_j inv_{ij} \middle| i \in l''\right)\right\},$$

$$A^{-} = \left\{V_1^-,...,V_n^-\right\} = \left\{\left(m_j in\, v_{ij} \middle| i \in l'\right), \left(m_j axv_{ij} \middle| i \in l''\right)\right\},$$

«بهترین مقادیر» برای شاخص‌های مثبت، بزرگ‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی، کوچک‌ترین مقادیر است و «بدترین» برای شاخص‌های مثبت، کوچک‌ترین مقادیر و برای شاخص‌های منفی بزرگ‌ترین مقادیر است.

۴. به‌دست آوردن میزان فاصله‌ی هر گزینه تا ایدئال مثبت و منفی: فاصله‌ی اقلیدسی هر گزینه از ایدئال مثبت (d_j^+) و فاصله‌ی هر گزینه تا ایدئال منفی (d_j^-)، براساس رابطه‌های زیر حساب می‌شود.

رابطه‌ی ۵:

$$d_{i^+} = \sqrt{\sum_{j-1}^{n}\left(vij - v_j^+\right)^2} \qquad \text{و } i = 1,2,...,M$$

رابطه‌ی ۶:

$$d_{i^-} = \sqrt{\sum_{j-1}^{n}\left(vij - v_j^-\right)^2} \qquad \text{و } i = 1,2,...,M$$

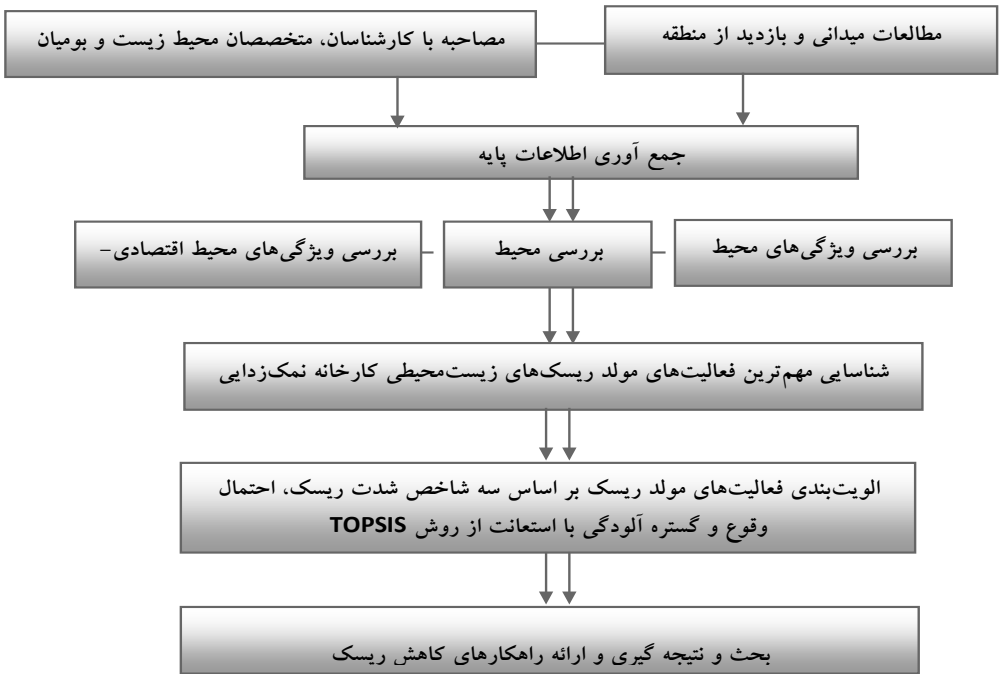
۵. تعیین نزدیکی نسبی (CL^*) یک گزینه به راه‌حل ایدئال:

رابطه‌ی ۷:

$$CL_i^* = \frac{d_{i^-}}{d_{i^-} + d_{i^+}}$$

۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها بر اساس نزدیکی نسبی (CL^*)[۳۶] گزینه‌ای که نزدیکی نسبی آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است. در ادامه پس از تعیین عدد اولویت ریسک با روش TOPSIS، سطوح ریسک با استفاده از روش توزیع نرمال برای هریک از ریسک‌ها محاسبه و ارزیابی گردید. اولویت‌بندی در تکنیک TOPSIS براساس سه اولویت شدت اثر، احتمال وقوع و گستره آلودگی است. که در جدول ۱ نحوه‌ی امتیازدهی به عوامل ریسک بر اساس این سه شاخص بیان شده است.

سپس برای تعیین درجه‌ی مخاطره‌پذیری، ریسک‌ها به صعودی و نزولی مرتب می‌گردند و مؤلفه‌های تعداد رده و طول رده بر اساس رابطه‌های ۸و۹ تعیین می‌گردند. پس از آن ریسک‌ها بر اساس این رده‌ها دسته‌بندی می‌گردند [۳۹].



تصویر۱: الگوریتم اجرایی پژوهش [۱۳۹۴]

جدول ۱: نحوه‌ی امتیازدهی به شدت اثر، احتمال وقوع، گستره آلودگی [۳۷، ۳۸، ۳۹]

شاخص	نمره
اگر شدت اثر ناشی از عوامل ریسک خیلی کم باشد	۱
اگر شدت اثر ناشی از عوامل ریسک کم باشد	۳
اگر شدت اثر ناشی از عوامل ریسک متوسط باشد	۵
اگر شدت اثر ناشی از عوامل ریسک زیاد باشد	۷
اگر شدت اثر ناشی از عوامل ریسک خیلی زیاد باشد	۹
اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از عامل ریسک خیلی کم باشد	۱
اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از عامل ریسک کم باشد	۳
اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از عامل ریسک متوسط باشد	۵
اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از عامل ریسک زیاد باشد	۷
اگر احتمال وقوع پیامد ناشی از عامل ریسک خیلی زیاد باشد	۹
آلودگی غیر قابل توجه	۱
آلودگی بخش کوچکی از سایت را در بر می‌گیرد	۳
آلودگی بخش اعظمی از سایت را در بر می‌گیرد	۵
آلودگی کل سایت را در بر می‌گیرد	۷
آلودگی خارج از سایت را در بر می‌گیرد	۹

رابطه‌ی ۸:

تعداد ریسک= n تعداد =۱+۳,۳ Log n

رابطه‌ی ۹:

تعداد رده/کوچک‌ترین مقدار ریسک-بزرگ‌ترین مقدار ریسک = طول رده

نتایج و بحث

مهم‌ترین فعالیت‌های مولد ریسک با استفاده از تکنیک دلفی و محاسبه‌ی میانگین دیدگاه خبرگان شناسایی شدند و در نهایت ۸ خطر که میانگین امتیازات آن‌ها بیشتر از ۳ می‌باشد انتخاب شدند.

- انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی
- انتقال آب مازاد از مخزن نمک‌گیر (مرحله‌ی یک) به جداکننده‌ی ثقلی (نمک‌گیر مرحله‌ی دو)
- عملیات تلمبه‌ها و پمپ‌های تقویت‌کننده‌ی کارخانه
- هدایت گاز به مشعل‌ها
- زنگ‌زدایی (سند بلاست)
- انتقال آب مازاد از گاز زدایی بهره‌برداری به مخازن آب نمکی
- نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن
- انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک)

پس از شناسایی خطرها در این مطالعه از روش TOPSIS برای رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده شده است. برای رتبه‌بندی در این روش از بی‌مقیاس‌سازی نورم برای بی‌مقیاس‌سازی استفاده شد. سپس بر اساس شدت اثر، احتمال وقوع و گستره‌ی آلودگی ماتریس بی‌مقیاس موزون تشکیل (جدول ۲) و سپس ایدئال‌های مثبت و منفی محاسبه می‌گردد (جدول ۳) که برای به دست آوردن میزان فاصله‌ی هر گزینه تا ایدئال مثبت و منفی فاصله‌ی اقلیدسی هر گزینه از ایدئال محاسبه شد (جدول ۴) و تعیین نزدیکی نسبی یک گزینه به راه‌حل ایدئال با فرمول‌های مورد نظر محاسبه شد. در آخر هم معیارها رتبه‌بندی شدند (جدول ۵).

با توجه به نتایج حاصل از روش TOPSIS، نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن در رتبه‌ی نخست قرار گرفته است که سبب تخریب خاک منطقه، تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک منطقه، آلودگی آب زیرزمینی به وسیله‌ی نفت و نمک و کاهش کیفیت آن، از بین رفتن موجودات خاکی، آلودگی هوای تنفسی منطقه، احتمال اسیدی شدن باران منطقه، در معرض مواد شیمیایی قرار گرفتن کارمندان و بروز بیماری‌های تنفسی، قلبی و اعصاب، سوزش چشم، بینی، گلو، کاهش دید، خطر آتش‌سوزی و انفجار، پسماند صنعتی و غیرصنعتی، تولید مواد زائد می‌شود. اقدامات اصلاحی این ریسک که بزرگ‌ترین درصد ریسک را در کارخانه‌ی نمک‌زدایی شماره‌ی ۱ به خود اختصاص داده شامل بررسی مستمر از تأسیسات توسط گروه عملیات بهره‌برداری برای حصول اطمینان از عملکرد صحیح تجهیزات و ادوات کنترلی و اقدام سریع و به موقع، تعبیه‌ی اخطاردهنده‌هایی که در صورت بروز هر گونه اشکالی در سیستم ورودی مخازن را قطع نموده و از آلودگی جلوگیری نماید، صدور دستور کار لازم و پیگیری آن توسط اپراتور ارشد، کنترل دوره‌ای دستگاه‌ها و انجام نمونه‌گیری‌های استاندارد برای حصول اطمینان از عدم نشت و سرریز نفت از تجهیزات است. خاموش شدن یا خرابی مشعل سبب انتشار آلاینده‌های ناشی از سوخت، آلودگی هوای تنفس، تیره شدن هوای منطقه، احتمال اسیدی شدن باران منطقه، بروز بیماری‌های تنفسی، قلبی و ریوی و غیره در انسان که خود این امر، عامل بروز ریسک هدایت گاز به مشعل‌ها می‌شود که با امتیاز ۰/۸۷۲ جزء بالاترین ریسک‌های این کارخانه به‌حساب می‌آید. برای جلوگیری و یا کاهش این ریسک باید تجهیزات و

جدول ۲: ماتریس بی‌مقیاس موزون

ماتریس بی‌مقیاس	شدت اثر	احتمال وقوع	گستره‌ی آلودگی
انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی	۰/۳۷۴۶۳۴۳۲	۰/۴۴۳۶۷۸۲۵	۰/۳۹۲۲۳۲۲۷
انتقال آب مازاد از گاز زدایی بهره‌برداری به مخازن آب نمکی	۰/۳۷۴۶۳۴۳۲	۰/۳۵۴۹۴۲۶	۰/۲۹۴۱۷۴۲
انتقال آب مازاد از مخزن نمک‌گیر (مرحله‌ی یک) به جدا کننده ثقلی (نمک‌گیر مرحله‌ی دو)	۰/۱۸۷۳۱۷۱۶	۰/۳۵۴۹۴۲۶	۰/۱۹۶۱۱۶۱۴
عملیات تلمبه‌ها و پمپ‌های تقویت‌کننده	۰/۱۸۷۳۱۷۱۶	۰/۱۷۷۴۷۱۳	۰/۲۹۴۱۷۴۲
نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن	۰/۵۶۱۹۵۱۴۹	۰/۵۳۲۴۱۳۹۱	۰/۴۹۰۲۹۰۳۴
هدایت گاز به مشعل‌ها	۰/۴۶۸۲۹۲۹۱	۰/۴۴۳۶۷۸۲۵	۰/۳۹۲۲۳۲۲۷
انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک)	۰/۲۸۰۹۷۵۷۴	۰/۸۸۷۳۵۶۵	۰/۲۹۴۱۷۴۲
زنگ‌زدایی (سند بلاست)	۰/۱۸۷۳۱۷۱۶	۰/۱۷۷۴۷۱۳	۰/۳۹۲۲۳۲۲۷

جدول ۳: ماتریس وزین

ماتریس وزین	شدت اثر	احتمال وقوع	گستره آلودگی
انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی	۰/۱۳۲۸۴۳	۰/۲۲۵۲۹۸	۰/۵۳۹۷۵
انتقال آب مازاد از گاز زدایی بهره‌برداری به مخازن آب نمکی	۰/۱۳۲۸۴۳	۰/۱۸۰۲۳۸	۰/۴۰۴۸۱
انتقال آب مازاد از مخزن نمک‌گیر (مرحله‌ی یک) به جداکننده‌ی ثقلی (نمک‌گیر مرحله‌ی دو)	۰/۰۶۶۴۲۲	۰/۱۸۰۲۳۸	۰/۰۲۶۹۸۷
عملیات تلمبه‌ها و پمپ‌های تقویت‌کننده	۰/۰۶۶۴۲۲	۰/۰۹۰۱۱۹	۰/۰۴۰۴۸۱
نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن	۰/۱۹۹۲۶۵	۰/۲۷۰۳۵۸	۰/۰۶۷۴۶۸
هدایت گاز به مشعل‌ها	۰/۱۶۶۰۵۴	۰/۲۲۵۲۹۸	۰/۰۵۳۹۷۵
انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک)	۰/۰۹۹۶۳۳	۰/۰۴۵۰۶	۰/۰۴۰۴۸۱
زنگ‌زدایی (سند بلاست)	۰/۰۶۶۴۲۲	۰/۰۹۰۱۱۹	۰/۰۵۳۹۷۵

جدول ۴: میزان فاصله‌ی هر گزینه تا ایدئال مثبت و منفی

راه حل بهینه	شدت اثر	احتمال وقوع	گستره‌ی آلودگی
مثبت	۰/۱۹۹۲۶۵	۰/۲۷۰۳۵۸	۰/۰۶۷۴۶۸
منفی	۰/۰۶۶۴۲۲	۰/۰۴۵۰۶	۰/۰۲۶۹۸۷

ادوات مناسب و استاندارد انتخاب و نصب شوند، اقدام سریع برای جلوگیری از نشت گاز توسط واحد تعمیرات صورت گیرد، نصب سنسورهای نشت‌یاب حساس به مواد گازی باید انجام بپذیرد. این دو ریسک هم با توجه به نتایج تعیین سطوح درجه‌ی مخاطره‌پذیری ریسک‌ها جزء ریسک‌های غیرقابل تحمل به حساب می‌آیند، که نیازمند قطع فوری کار و فرایند و به دنبال آن، انجام اقدامات اصلاحی است [۴۰]. در نتیجه توجه به راه‌های اصلاحی این ریسک‌ها و نظارت و پایش مدام می‌تواند بسیار مفید باشد.

نتایج حاصل از محاسبات تعیین درجه‌ی مخاطره‌پذیری در این بخش نشان داد که بیشترین عدد اولویت ریسک با دو مورد از اعداد اولویت ریسک در حدود رده‌ی ۰/۷۸۱ تا ۱ یعنی رده‌ی غیرقابل تحمل قرار گرفتند. جدول ۶ تعیین سطوح درجه‌ی مخاطره‌پذیری فعالیت‌های مولد ریسک تهدیدکننده‌ی کارخانه‌ی نمک‌زدایی نفت را نمایش می‌دهد. همچنین ریسک‌های انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی و انتقال آب مازاد از گاززدایی بهره‌برداری به مخازن آب نمکی با میزان (CL) ۰/۷۰۴ و ۰/۵۶۷ سطح قابل توجهی از ریسک را دارند که نیازمند اقدامات اصلاحی فوری هستند. انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی و انتقال آب مازاد از گاززدایی بهره‌برداری به مخازن ذخیره‌ی آب نمکی است که به ترتیب در اولویت ۳ و ۴ قرار دارد. انتقال آب مازاد مخزن نمک‌گیر به جداکننده‌ی ثقلی نیز با میزان CL ۰/۴۹۹ سطح متوسطی از ریسک را دارد و نیازمند اقدامات اصلاحی از طریق فرایند برنامه‌ریزی یا بودجه‌ریزی است، که به علت نقص فنی در خطوط انتقال لوله و مخزن ایجاد می‌شود، بروز این ریسک‌ها سبب نشت مواد نفتی از تجهیزات به خاک، تخریب خاک منطقه، تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک منطقه، آلودگی آب زیرزمینی به وسیله‌ی نفت و نمک و کاهش کیفیت آن، از بین رفتن موجودات خاکی و در زمینه‌ی ریسک می‌شود. انتقال آب مازاد از مخزن نمک‌گیر (مرحله‌ی یک) به جداکننده‌ی ثقلی (نمک‌گیر مرحله‌ی دو) علاوه بر موارد گفته شده سبب آتش‌سوزی و انفجار هم می‌شود.

جدول ۵: اولویت‌بندی فعالیت‌های مولد ریسک بر اساس تکنیک TOPSIS

رتبه	فعالیت مولد ریسک	پیامد زیست محیطی	امتیاز
۱	نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن	تخریب خاک منطقه، تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک منطقه، آلودگی آب زیرزمینی به‌وسیله نفت و نمک و کاهش کیفیت آن، از بین رفتن موجودات خاکی، آلودگی هوای تنفسی منطقه، احتمال اسیدی شدن باران منطقه، در معرض مواد شیمیایی قرار گرفتن کارمندان و بروز بیماری‌های تنفسی، قلبی و اعصاب و غیره، سوزش چشم، بینی و گلو، کاهش دید، خطر آتش‌سوزی و انفجار، پسماند صنعتی و غیرصنعتی، تولید مواد زائد	۱
۲	هدایت گاز به مشعل‌ها	انتشار آلاینده‌های ناشی از سوخت، آلودگی هوای مورد تنفس، تیره شدن هوای منطقه، احتمال اسیدی شدن باران منطقه، بروز بیماری‌های تنفسی، قلبی و ریوی و غیره در انسان	۰/۷۸۲
۳	انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی	نشت مواد نفتی از تجهیزات به خاک، تخریب خاک منطقه، تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک منطقه، آلودگی آب زیرزمینی به وسیله‌ی نفت و نمک و کاهش کیفیت آن، از بین رفتن موجودات خاکی	۰/۷۰۴
۴	انتقال آب مازاد از گاز زدایی بهره‌برداری به مخازن آب نمکی	تخریب خاک منطقه، تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک منطقه، آلودگی آب زیرزمینی به وسیله‌ی نفت و نمک و کاهش کیفیت آن، از بین رفتن موجودات خاکی، خطر آتش‌سوزی و انفجار	۰/۵۶۷
۵	انتقال آب مازاد از مخزن نمک‌گیر (مرحله‌ی یک) به جداکننده‌ی ثقلی (نمک‌گیر مرحله‌ی دو)	تخریب خاک منطقه، تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک منطقه، آلودگی آب زیرزمینی به وسیله‌ی نفت و نمک و کاهش کیفیت آن، از بین رفتن موجودات خاکی	۰/۴۴۹
۶	زنگ‌زدایی (سند بلاست)	تخریب خاک منطقه، تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک منطقه، آلودگی آب زیرزمینی به وسیله‌ی نفت و نمک و کاهش کیفیت آن، از بین رفتن موجودات خاکی، از بین رفتن موجودات خاکی، پسماند صنعتی و غیرصنعتی	۰/۱۸۹
۷	عملیات تلمبه‌ها و پمپ‌های تقویت‌کننده	آلودگی صوتی، آلودگی آب زیرزمینی، آلودگی خاک، آلودگی هوا	۰/۱۷۲
۸	انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک)	نشت مواد نفتی و نمکی از تجهیزات و وسایط نقلیه به خاک، تخریب خاک منطقه، تأثیر نامطلوب بر پوشش گیاهی، کاهش کیفیت خاک منطقه، آلودگی آب زیرزمینی به وسیله‌ی نفت و نمک و کاهش کیفیت آن، از بین رفتن موجودات خاکی	۰/۱۲۶

جدول ۶: تعیین سطوح درجه‌ی مخاطره‌پذیری فعالیت‌های مولد ریسک کارخانه نمک‌زدایی نفت کارون ۱ اهواز

تعریف رده	حدود رده	فعالیت‌های مولد ریسک	CL	فراوانی
غیرقابل تحمل	۱-۰/۷۸۱۵۹۳	نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن	۱	۲
		هدایت گاز به مشعل‌ها	۰/۷۸۲	
قابل توجه	۰/۷۸۱۵۹۳- ۰/۵۶۳۱۸۶	انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی	۰/۷۰۴	۲
		انتقال آب مازاد از گاز زدایی بهره‌برداری به مخازن آب نمکی	۰/۵۶۷	
متوسط	۰/۵۶۳۱۸۶- ۰/۳۴۴۷۷۹	انتقال آب مازاد از مخزن نمک‌گیر (مرحله‌ی یک) به جداکننده‌ی ثقلی (نمک‌گیر مرحله‌ی دو)	۰/۴۴۹	۱
قابل تحمل	۰/۳۴۴۷۷۹- ۰/۱۲۶۳۷۲	زنگ‌زدایی (سند بلاست)	۰/۱۸۹	۳
		عملیات تلمبه‌ها و پمپ‌های تقویت‌کننده	۰/۱۷۲	
		انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک)	۰/۱۲۶	

برای جلوگیری از بروز این ریسک‌ها بررسی مستمر و دقیق از سیستم‌های کنترلی گروه‌های تعمیراتی و انجام اقدامات اصلاحی و پیش‌گیرانه و برنامه‌های روزانه و ماهیانه برای حصول اطمینان از عملکرد صحیح مخازن و دستگاه‌ها، انجام نمونه‌گیری‌های استاندارد برای حصول اطمینان از عدم نشت و سرریز نفت و آب نمک از تجهیزات، سرکشی و بازرسی به‌موقع از تجهیزات، نصب

اخطاردهنده‌هایی که در صورت بروز هر گونه اشکالی در سیستم، ورودی مخازن را قطع کند و از آلودگی جلوگیری نماید و کنترل دوره‌ای خطوط لوله و کاهش فاصله‌ی لوله‌ی حاوی آب نمک تا چاه لازم است. سه ریسک زنگ زدایی (سند بلاست)، عملیات تلمبه‌ها و پمپ‌های تقویت‌کننده و انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک) در سطح قابل تحمل قرار دارند. در تعیین سطوح درجه‌ی مخاطره‌پذیری ریسک‌ها، ریسک قابل تحمل به ریسکی گفته می‌شود که منجر به وارد شدن آسیب‌های جزئی می‌شوند و نیازمند توجه به تغییرات آتی یا اعمال تغییرات آنی در محیط کار یا فرایندهاست [۴۱]. زنگ‌زدایی (سند بلاست) با امتیاز ۰/۱۸۹ در رتبه‌ی ۶ این رتبه‌بندی قرار دارد. وجود این نقص سبب ورود براده‌های ریز و درشت آهن و رنگ و روغن به محیط می‌شود که برای کاهش آثار در محیط زیست باید جمع‌آوری ضایعات و تمیز نمودن سطح زمین انجام بگیرد. ملتجی (۱۳۹۳)، ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی، ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در طرح احداث کارخانه‌ی نمک‌زدایی ۱ اهواز را به انجام رساند و آلودگی خام ناشی از پاشش مواد شیمیایی و آلودگی ناشی از پاشش مواد سوختنی جزء ریسک‌های این پژوهش محسوب می‌شد [۴۲]، همچنین در تحقیق ملتجی و تاج‌مهر (۱۳۹۳) زنگ‌زدایی جزء پایین‌ترین رتبه‌بندی بوده است که با این تحقیق مطابقت دارد [۴۳].

کارخانه‌ی نمک‌زدایی نفت کارون (اهواز)، به‌منظور تولید نفت با کیفیت و مطلوب با هدف تأمین نیازها و مصارف حوزه‌های مجاور و تأمین نیاز نفت و مصارف نفتی داخل و خارج کشور تأسیس گردیده است.

یکی از رایج‌ترین روش‌های انتقال نفت و گاز تولیدی استفاده از خطوط لوله و ذخیره‌ی آن در مخازن است [۴۴]. همین امر به همراه ایجاد تحریم‌ها در چند دهه‌ی اخیر سبب شده که فرسودگی و سوراخ شدن لوله‌های انتقال نفت و مخازن اتفاق افتد، که هزینه‌های ناشی از نادیده گرفتن مقوله‌ی خوردگی، بالغ بر ۵ درصد تولید ناخالص داخلی کشورها است [۴۵]. در ایران نیز این امر موجب آسیب‌های جبران‌ناپذیر اقتصادی و زیست‌محیطی فراوانی شده و عامل بسیاری از ریسک‌های صنعت نفت بوده است. در این پژوهش هم به‌طورکلی می‌توان علت تمام ریسک‌ها را، به‌جز ریسک هدایت گاز به مشعل‌ها، ناشی از خرابی یا فرسودگی خطوط لوله، مخازن و پمپ‌ها دانست، که با نتایج تحقیقات حیرانی و بقایی (۱۳۹۵) [۴۶]، جباری قره‌باغ و همکاران (۱۳۸۸) [۴۷]، العامر (۲۰۱۰) [۲۲] و الایا پرومال (۲۰۱۴) [۴۸] مبتنی بر خطرات ناشی از خوردگی و پوسیدگی خطوط لوله‌ی نفت مطابقت دارد. در جدول ۷ ریسک‌ها و علت‌های به‌وجود آمدن آن‌ها به طور کلی بیان شده است.

از آن‌جا که رویکردهای ریسک زیست‌محیطی تا حد زیادی روی نوع اقدامات، حیطه‌ی کار و ماهیت کار محیط‌زیست تأثیرگذار است باید تدوین و توسعه‌ی استراتژی‌ها، همگام با توسعه‌ی پایدار و در خور در نظر گرفته شود. بنابراین برحسب شرایط زیست‌محیطی و شرایط اجرای هر پروژه در هر منطقه و مشکلات به وجود آمده رویکرد مدیریت ریسک محیط‌زیست خاص آن منطقه اعمال می‌گردد. با توجه به این‌که بیشتر علت به وجود آمده در این کارخانه (جدول ۷) به علت خرابی و پوسیدگی لوله‌ها، مخازن و پمپ‌ها است، پس مدیریت ریسک باید توجه

جدول ۷: ریسک‌ها، عوامل و علت فعالیت‌های کارخانه‌ی نمک‌زدایی نفت کارون ۱ اهواز

فعالیت	عامل ریسک	علت ریسک	ریسک	تعریف رده
انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی	سوراخ شدن خط لوله	خوردگی و پوسیدگی لوله	نشت نفت	قابل توجه
انتقال آب مازاد از گاززدایی بهره‌برداری به مخازن آب نمکی	۱. سوراخ شدن خط لوله ۲. سوراخ شدن مخازن	۱. خوردگی و پوسیدگی لوله ۲. خوردگی و پوسیدگی مخزن	نشت آب نمکی و نفت	قابل توجه
انتقال آب مازاد از مخزن نمک‌گیر به جدا کننده‌ی ثقلی	۱. سوراخ شدن خط لوله ۲. سوراخ شدن مخازن	۱. خوردگی و پوسیدگی لوله ۲. خوردگی و پوسیدگی مخزن	نشت آب نمکی و نفت	متوسط
عملیات تلمبه‌ها و پمپ‌های تقویت‌کننده	۱. سوراخ شدن خط لوله ۲. خرابی پمپ ۳. خرابی تلمبه	۱. خوردگی و پوسیدگی لوله ۲. خرابی بر اثر کارکرد و فرسودگی یا خرابی نشت‌بندی های پمپ و تلمبه	نشت آب مازاد و گاز	قابل تحمل
نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن	۱. سوراخ شدن خط لوله ۲. خرابی پمپ	۱. خوردگی و پوسیدگی لوله ۲. خرابی بر اثر کارکرد و فرسودگی یا خرابی نشت‌بندی های پمپ	نشت مواد شیمیایی	غیرقابل تحمل
هدایت گاز به مشعل‌ها	سوختن ناقص گاز در مشعل	خاموش شدن مشعل یا خرابی سیستم مشعل	نشت گاز و تبدیل آن به فلر	غیرقابل تحمل
انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک)	سوراخ شدن خط لوله	خوردگی و پوسیدگی لوله	نشت پساب (آب و نفت)	قابل تحمل
زنگ‌زدایی (سند بلاست)	خرابی تجهیزات	خوردگی و پوسیدگی تجهیزات	ورود براده‌های ریز و درشت آهن و رنگ به محیط	قابل تحمل

خاصی به این مشکل کند و استراتژی‌های مناسبی برای حل این معضل ایجاد کند. سپس با مانیتورینگ و پایش منظم که آخرین مرحله در روند ارزیابی ریسک است و به‌منظور بررسی اثربخشی تصمیم‌های مدیریتی در ارزیابی و کاهش ریسک [۴۹ و ۵۰]، سعی در اجرای دقیق تصمیم‌ها و استراتژی‌ها داشته باشد. در جدول ۸ اقدامات اصلاحی و کنترلی ریسک‌های کارخانه‌ی نمک‌زدایی نفت کارون ۱ اهواز ارائه شده است.

جدول ۸: اقدامات اصلاحی و کنترلی ریسک‌های کارخانه‌ی نمک‌زدایی نفت کارون ۱ اهواز

ردیف	فعالیت	ریسک	اقدامات اصلاحی و کنترلی
۱	انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی	نشت نفت	۱. بررسی مستمر از تأسیسات توسط گروه عملیات بهره‌برداری برای حصول اطمینان از عملکرد صحیح تجهیزات و ادوات کنترلی برای اقدام سریع و به موقع ۲. در این فرایند می‌توان اخطار دهنده‌هایی تعبیه کرد که در صورت بروز هر گونه اشکالی در سیستم، ورودی مخازن را قطع نموده و از آلودگی جلوگیری نماید. ۳. صدور دستور کار لازم و پیگیری آن توسط اپراتور ارشد. ۴. کنترل دوره‌ای دستگاه‌ها ۵. انجام نمونه‌گیری‌های استاندارد برای حصول اطمینان از عدم نشت و سرریز نفت از تجهیزات
۲	انتقال آب مازاد از گاز زدایی بهره‌برداری به مخازن آب نمکی	نشت آب نمکی و نفت	۱. بررسی مستمر و دقیق از سیستم‌های کنترلی گروه‌های تعمیراتی و انجام اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه و برنامه‌های روزانه و ماهیانه برای حصول اطمینان از عملکرد صحیح مخازن و دستگاه‌ها ۲. انجام نمونه‌گیری‌های استاندارد برای حصول اطمینان از عدم نشت و سرریز نفت و آب نمک از تجهیزات ۳. سرکشی و بازرسی به موقع از تجهیزات ۴. در این فرایند می‌توان اخطاردهنده‌هایی تعبیه کرد که در صورت بروز هر گونه اشکالی در سیستم، ورودی مخازن را قطع نموده و از آلودگی جلوگیری نماید. ۵. کنترل دوره‌ای خطوط لوله
۳	انتقال آب مازاد از مخزن نمک‌گیر به جداکننده‌ی ثقلی		
۴	عملیات تلمبه‌ها و پمپ‌های تقویت کننده	نشت آب مازاد و گاز	۱. بررسی مستمر و دقیق از عملکرد پمپ‌ها توسط گروه عملیات برای اقدام سریع و به موقع ۲. صدور در خواست کار برای رفع اشکال از تلمبه‌ها به برنامه‌ریزی تعمیرات توسط سرپرست ایستگاه یا سرپرست نوبت کاری ۳. تعمیر و رفع اشکال سریع از تلمبه‌ها توسط گروه‌های تعمیرات ۴. پس از روی سرویس قرار گرفتن پمپ از اتمام کار اطمینان حاصل شود و از صحت عملکرد آن گزارش‌دهی به مسئولین مربوطه انجام شود. ۵. کنترل دوره‌ای خطوط لوله
۵	نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی به مخازن	نشت مواد شیمیایی	۱. برنامه‌ی تعمیر و نگهداری برای تجهیزات در نظر گرفته شود تا براساس آن تجهیزات به طور متناوب چک گردد و نتایج به صورت مکتوب به افراد مسئول و ارگان‌های ذیربط ارائه شود. ۲. تعبیه سیستم‌های تلفن اضطراری که در صورت بروز نشت به واحد عملیاتی اطلاع داده می‌شود. ۳. محصور نمودن محلی که درآن نشت رخ داده و جلوگیری از ورود افراد و وسایل نقلیه به علت احتمال اشتعال سیال. ۴. نصب اخطار دهنده‌هایی که در صورت بروز هر گونه اشکالی در سیستم، ورودی مخازن را قطع نموده و از آلودگی جلوگیری نماید. ۵. ایجاد سنسورهای نشت یاب حساس به مواد شیمیایی.
۶	هدایت گاز به مشعل‌ها	نشت گاز	۱. انتخاب و نصب تجهیزات و ادوات مناسب و استاندارد ۲. اقدام سریع برای جلوگیری از نشت گاز توسط واحد تعمیرات ۳. نصب سنسورهای نشت یاب حساس به مواد گازی ۴. انجام نمونه‌گیری‌های استاندارد برای حصول اطمینان از عدم نشت گاز از تجهیزات
۷	انتقال پساب به حوضچه‌های تبخیر (حوضچه‌های دفع نمک)	نشت پساب (آب و نفت)	۱. کنترل دوره‌ای خطوط لوله ۲. کاهش فاصله لوله حاوی آب نمک تا چاه تزریق. ۳. سرکشی و بازرسی به موقع از تجهیزات ۴. انجام نمونه‌گیری‌های استاندارد برای حصول اطمینان از عدم نشت و سرریز نفت و آب نمک از تجهیزات
۸	زنگ‌زدایی (سند بلاست)	ورود براده‌های ریز و درشت آهن و رنگ و روغن به محیط	۱. استفاده از نشت برای جلوگیری از ریزش رنگ و روغن روی خاک ۲. جمع‌آوری ضایعات و اضافات آن‌ها از محیط ۳. پوشش سطح زمین در محل رنگ‌آمیزی و تمیز نمودن فوری زمین پس از پاشیدن

نتیجه‌گیری

در این پژوهش ریسک‌های فعالیت‌های کارخانه‌ی نمک‌زدایی نفت کارون ۱ اهواز شناسایی گردید، سپس با استفاده از روش TOPSIS اولویت‌بندی فعالیت‌های مولد ریسک انجام پذیرفت. با توجه به نتایج ۳ ریسک مرحله‌ی نگهداری، انتقال و تزریق مواد شیمیایی، هدایت گاز به مشعل‌ها، انتقال نفت نمکی از واحد بهره‌برداری به واحد نمک‌زدایی از جمله فعالیت‌های غیرقابل اجتناب به‌شمار می‌آیند، که این فعالیت‌ها سبب کاهش کیفیت هوا و خاک در منطقه می‌شود. همچنین تأثیرات منفی بر مجموعه‌ی گیاهان و جانوران منطقه و انسان می‌گذارند. به علاوه این فعالیت‌ها خود باعث به وجود آمدن ریسک‌های دیگری از جمله انواع آلودگی‌ها در منطقه می‌شوند. در نتیجه اولویت‌بندی ریسک‌ها می‌تواند راهنمایی اولیه برای برنامه‌ریزی ریسک در مدیریت ریسک صنایع نفت کشور باشد. به‌طور کلی می‌توان بیان داشت که ایجاد سیستم مدیریت زیست‌محیطی پس از انجام بررسی اثرات زیست‌محیطی، مدیریت HSE، برنامه‌ی کنترل زیست‌محیطی و پایش مستمر، اجرای دستورات با مقاصد تخفیف اثرات سوء هر فعالیت برنامه‌ی پایه در مدیریت ریسک است، که برای کاهش اثرات ریسک‌های کارخانه‌ی نمک‌زدایی نفت کارون ۱ اهواز باید مورد توجه قرار گیرد.

همچنین می‌توان بیان داشت که روش TOPSIS یکی از بهترین روش‌های رتبه‌بندی به‌حساب می‌آید، زیرا که نقص‌های سایر روش‌های تصمیم‌گیری از جمله زمان‌بر بودن و سلیقه‌ی جواب دادن در آن مشاهده نمی‌شود و با توجه به نتایج این پژوهش روشی با کارایی بالاست. همچنین پیشنهاد می‌گردد برای بهبود در مطالعات آتی با استفاده از این روش می‌توان علاوه بر سه شاخص شدت اثر، احتمال وقوع، گستره‌ی آلودگی از شاخص‌های حساسیت و اهمیت محیط پذیرنده نیز استفاده گردد.

پی‌نوشت

1. Multiple Criteria Decision Making

منابع

۱. ابراهیمی، سهیلا؛ شایگان، جلال؛ ملکوتی، محمدجعفر؛ اکبری، علی (۱۳۹۰). ارزیابی زیست‌محیطی و سنجش برخی شاخص‌های مهم آلودگی نفتی در اراضی محدوده پالایشگاه گاز سرخون بندرعباس. *مجله‌ی محیط‌شناسی*، شماره‌ی ۳۷، ۹-۱۸.

۲. کرباسی، عبدالرضا؛ سخاوت‌جو، محمدصادق؛ منوری، سیدمسعود؛ یعقوبی‌نژاد، پرگل (۱۳۸۸). بررسی سیستم مدیریت محیط‌زیست در منطقه‌ی نفتی دارخوین و ارائه‌ی راهکار جهت بهبود عملکرد آن. *دوازدهمین همایش بهداشت محیط ایران*، دانشکده علوم پزشکی شهید بهشتی.

۳. حسینی، هدایادات؛ دانا، تورج؛ ارجمندی، رضا، شیریان‌پور، ایمان (۱۳۹۱). مدیریت ریسک محیط‌زیستی فاز ساخت سکوهای میادین نفتی، مطالعه موردی فاز ساخت سکوهای نفتی طرح میدان رشادت. *فصلنامه‌ی انسان و محیط‌زیست*، شماره‌ی ۲۱، ۳۳-۵۳.

۴. حیدری، مهدثه؛ امیدواری، منوچهر؛ محمدفام، ایرج (۱۳۹۲). ارائه‌ی مدل ارزیابی ریسک بهداشتی تماس با مواد شیمیایی در صنایع نفت و گاز مطالعه‌ی موردی: منطقه‌ی ویژه‌ی اقتصادی انرژی پارس. *فصلنامه‌ی بهداشت و ایمنی کار*، جلد ۳، شماره‌ی ۴، ۱۱-۲۲.

5. Badri, N, Nourai, F, Rashtchian, D, (2011). The Role of Quantitative Risk Assessment in Improving Hazardous Installations Siting: A Case Study, *Iran. J. Chem. Chem. Eng*, Vol. 30, No. 4, 113-119.

۶. جوزی، سیدعلی؛ جعفرزاده حقیقی‌فرد، نعمت‌الله؛ افضلی بهبهانی، نگار (۱۳۹۳). شناسایی و ارزیابی ریسک مخاطرات ناشی از خطوط انتقال برق ولتاژ بالا در مناطق مسکونی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA). *مجله سلامت و محیط*، دوره‌ی ۷، شماره‌ی ۱، ۵۵-۶۴.

۷. نوری، جعفر؛ عباسپور، مجید؛ ترابی‌فرد، مینا (۱۳۸۹). ارزیابی و مدیریت ریسک‌های زیست‌محیطی یک واحد آموزشی با استفاده از روش FMEA، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره‌ی ۱۲، شماره‌ی ۳، ۶۱-۷۰.

۸. اندرودی، مهرداد (۱۳۸۳). *تجزیه و تحلیل‌های ریسک مدار برای مدیران زیست‌محیطی*. کورت ا. فرانتبن، چاپ اول

۹. صیادی، احمد؛ حیاتی، محمد؛ منجری، مسعود (۱۳۹۰). مدیریت ریسک ساخت تونل با استفاده از تکنیک‌های MADM. *مدیریت صنعتی*، دوره‌ی ۳، شماره‌ی ۷، ۹۹-۱۱۶.

10. Montague, D.F, (1990). Process Risk Evaluation: What Method to Use? *Reliability Engineering and System Safety*, 29(1), 27-53.

۱۱. مکوندی، رقیه؛ آستانی، سجاد؛ لرستانی، بهاره (۱۳۹۴). ارزیابی ریسک محیط‌زیستی تالاب‌ها با استفاده از روش‌های TOPSIS و EFMEA (مطالعه‌ی موردی: تالاب بین‌المللی گاوخونی). *پژوهش‌های محیط زیست*، سال ۶، شماره‌ی ۱۱، ۸۵-۹۸.

12. Heller, S, (2006). Managing Industrial Risk-having a Tasted and Proven System to Prevent and Assess Risk. *Hazardous Material*, 130(17), 58-63.

13. Ghosh, S, Jintanapakanont, J, (2004). Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: a factor analysis approach. *International Journal of Project Management*; 22,633-643.

۱۴. مرادی، اصغرمحمد؛ اخترکاوان، مهدی (۱۳۸۸). روشناسی مدل‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره. *آرمانشهر*، شماره‌ی ۲، ۷۶-۹۴.

۱۵. منوچهری، بهار؛ شیعه، اسماعیل (۱۳۹۲). سطح‌بندی میزان توسعه یافتگی اجتماعی- اقتصادی استان خراسان شمالی با استفاده از مدل تاپسیس. *فصلنامه‌ی مطالعات مدیریت شهری*، سال ۵، شماره‌ی ۱۴، ۷۳-۸۴.

16. Hsu, Y.L., Lee, C.H, & Kreng, V.B, (2010). The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, 37, 419–425.

17. Dadelo, S, Turskis, Z, Kazimieras Zavadskas, E, Dadeliene, R, (2014). Multi-criteria assessment and ranking system of sport team formation based on objective-measured values of criteria set, Expert Systems with Application, In Press.

۱۸. ملک‌اخلاق، اسماعیل؛ درستکار احمدی، ناهید؛ مهدی‌زاده، مهران؛ اخوان‌توکلی، ناصر (۱۳۹۳). تعیین معیارهای اساسی گزینش مربی به روش دلفی فازی و گزینش بهترین مربی با استفاده از تکنیک تاپسیس توسعه یافته، مطالعه‌ی موردی: باشگاه ورزشی داماش گیلان. *دوفصلنامه‌ی مدیریت و توسعه‌ی ورزش*، شماره‌ی ۲، ۱۰۵-۱۲۷.

19. Joshi, R, Banwet, D.K, Shankar, R, (2011). A Delphi-

AHP-TOPSIS based benchmarking framework for performance improvement of a cold chain. *Expert Systems with Applications*, 38, 10170–10182.

20. Li, H, Sun, R, Lee, W.J, Dong, K, Guo, R, (2016). Assessing Risk in Chinese Shale Gas Investments Abroad: Modelling and Policy Recommendations, *Sustainability*, 8, 708, doi:10.3390/su8080708

21. Moradi Majd, M, Fatemi, A, Soltanpanah, S, (2014). The Risk Analysis of Oil Projects Using Fuzzy TOPSIS Technique, Case Study, 18-inch Pipeline Repair Project from Cheshme Khosh to Ahwaz. *International Journal of Basic Sciences & Applied Research*, Vol., 3 (5), 281-285,

22. Alamer, M, (2010). Environmental risk assessment of oil desalination plant in Kuwait. *Document management and risk assessment of oil companies in Kuwait*, 24, 4-15.

23. Pakdin Amiri, M, (2010). Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications, Volume 37, Issue 9,* 6218–6224

24. Igbore, R, (2009). Environmental risk assessment desalination plant, Shell Oil in Nigeria. *Conference on Risk Management in Oil* 25, 198-212.

۲۵. منصوری، نبی‌الله؛ عظیمی‌حسینی، شبنم (۱۳۹۴). رتبه‌بندی عملکرد HSE شرکت‌های گاز با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری چند شاخصه. *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، دوره‌ی ۱۷، شماره‌ی ۲، ۹-۲۰.

۲۶. رودشتی، پریسا، (۱۳۹۳). *ارزیابی ریسک زیست‌محیطی فعالیت‌های مجتمع شماره‌ی ۲ شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کارون اهواز*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین. دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

۲۷. kogpc.nisoc.ir.

۲۸. حجت، م، (۱۳۸۵). *نمک‌زدایی شرکت ملی نفت ایران*. چاپ اول. مرکز آموزش فنون اهواز.

۲۹. شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران (۱۳۸۸). دستورالعمل شناسایی و ارزیابی ریسک زیست‌محیطی

30. Somerville, J.A., (2008). Effective use of the Delphi process in research: Its characteristics, strengths and limitations. *Unpublished doctoral dissertation, Oregon State University*.

۳۱. آذر، عزیزالله؛ معماریانی، عادل (۱۳۸۹). AHP تکنیکی نوین برای تصمیم‌گیری گروهی. *مجله‌ی دانش مدیریت*، شماره‌ی ۲۷ و ۲۸، ۲۲-۳۲.

۳۲. آذر، عادل؛ رجب‌زاده، علی (۱۳۸۷). *تصمیم‌گیری کاربردی (رویکرد M.A.D.M)*. چاپ سوم، نگاه دانش.

۳۳. اصغرپور، محمدجواد (۱۳۸۷). *تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره*. چاپ ۶، انتشارات دانشگاه تهران.

۳۴. . مکوندی، رقیه؛ آستانی، سجاد؛ انوشه، زهرا (۱۳۹۱). ارزیابی ریسک محیط‌زیستی تالاب‌ها با استفاده از روش‌های TOPSIS و EFMEA، مطالعه‌ی موردی: تالاب شیرین‌سو در استان همدان. *اکوبیولوژی تالاب*، سال ۳، شماره ۱۲.

35. Opricovic, S, and Tzeng, G.T, (2004). Compromise solution by MCDM methods, A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *Operational Research*. 156, 445- 455.

۳۶. پناهی، کبری (۱۳۹۴). *ارزیابی ریسک زیست‌محیطی سد تنگ سرخ یاسوج با استفاده از مدل‌های AHP و TOPSIS*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.

۳۷. امانت‌یزدی، لیلا؛ محرم‌نژاد، ناصر (۱۳۹۳). مدیریت ریسک محیط‌زیستی آتش‌سوزی در مخازن ذخیره‌سازی نفت (مطالعه‌ی موردی: انبار مرکزی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی یزد). *محیط‌شناسی*، سال ۳۹، شماره‌ی ۲، ۶۱-۷۲.

۳۸. جوزی، سیدعلی؛ شفیعی، محسن؛ صفاریان، ش. (۱۳۹۴). کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه در تجزیه و تحلیل مخاطرات زیست‌محیطی مناطق حفاظت شده با مطالعه‌ی موردی منطقه‌ی حفاظت شده محله‌ی بوشهر. *مجله‌ی پژوهش‌های محیط زیست*، شماره‌ی ۱۱، ۳۷-۴۸.

۳۹. جوزی، سیدعلی؛ شمس‌خوزانی، نرگس (۱۳۸۹). ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی واحد گاز نیروگاه حرارتی شهید مدحج زرگان اهواز به روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن بر محیط زیست (EFMEA). *پنجمین همایش ملی بحران‌های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن‌ها*، اهواز.

۴۰. نیکان، لیلا (۱۳۹۲). مدیریت ریسک چیست؟ *تازه‌های جهان بیمه*، شماره‌ی ۱۸۶، ۱۶- ۲۵.

41. www.rasooljan.persianblog.ir

۴۲. ملتجی، علی (۱۳۹۳). *ارزیابی و مدیریت ریسک زیست‌محیطی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای در پروژه‌ی احداث کارخانه نمک‌زدایی اهواز*. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین. دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات خوزستان.

۴۳. ملتجی، علی؛ تاج‌مهر، مسعود (۱۳۹۳). ارزیابی ریسک‌های ایمنی، بهداشت حرفه‌ای و زیست‌محیطی فعالیت‌های پروژه درحال احداث کارخانه نمک‌زدایی اهواز آسماری اهواز متمرکز به روش PHA. *دومین کنفرانس ملی مدیریت بحران و HSE در شریان‌های حیاتی*، صنایع و مدیریت شهری.

44. www.moridian.vcp.ir

45. www.danakhabar.com

۴۶. حیرانی، پریسا؛ بقایی، علی (۱۳۹۵). ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال نفت و گاز بر مبنای روش Bow-tie فازی شده. *فصلنامه‌ی بهداشت و ایمنی کار*، جلد ۶، شماره‌ی ۱، ۵۹-۷۰.

۴۷. جباری قره‌داغ، موسی؛ اصیلیان، حسن؛ مرتضوی، سیدباقر؛ زرین‌قلم، عبدالصمد؛ حاجی‌زاده، ابراهیم؛ خوانین، علی (۱۳۸۸). ارزیابی و مدیریت ریسک خطوط لوله‌ی ارتباطی پتروشیمی. *نشریه‌ی تخصصی مهندسی صنایع*، دانشکده فنی دانشگاه تهران، دوره‌ی ۴۳ ، شماره‌ی ۱.

48. Elaya Perumal, K, (2014). Corrosion Risk Analysis, Risk Based Inspection and a Case Study Concerning a Condensate Pipeline. *Procedia Engineering,* 86, 597 – 605

49. Ramsar Convention Official Website, (2010). {www.ramsar.org}

50. Raz, T, Michael, E, (2009). Use and benefits of tools for project risk management. *International Journal of Project Management*, 19, 9-17