اولین کنفرانس بین المللی چالش ها و راهکارهای نوین در مهندسی صنایع و مدیریت و حسابداری
ثبت شده در پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC) با کد اختصاصی ۹۸۱۹۰-۵۶۹۱۲
www.confima.ir
1st International Conference on Challenges and New Solutions in Industrial Engineering and Management and Accounting

ارزیابی ریسک فعالیت های نگهداری و انتقال مواد خطرناک با استفاده از تحلیل ترکیبی HAZAN و AHP

مورد مطالعه(شرکت پخش فرآودهای نفتی استان قم)

رضا مزرعه فراهانی، سیده سمانه شریعتمداری
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین الملل بندر انزلی،rezafarahani771@yahoo.com
دانشجوی دکتری مدیریت صنعتی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بین الملل بندر انزلی،samaneh_shariatmadari@yahoo.com

نویسنده مسئول: رضا مزرعه فراهانی

چکیده

نگهداری و انتقال مواد خطرناک حوزه ای است که علی رغم آمار ایمنی بالا، به دلیل پتانسیل بالای حوادث احتمالی بسیار مورد توجه است. تعیین شاخص و ارزیابی ریسک مواد خطرناک نخستین گام در اجرای پروژه‌های مسیریابی و نیز روشی برای برنامه ریزی و ارزیابی عملکرد شبکه انتقال نفتی است. در این مطالعه رویکرد جدیدی برای اولویت بندی فعالیت های خطرزا در نگهداری و انتقال مواد نفتی در شرکت پخش فرآودهای نفتی استان قم ارائه شد. بدین ترتیب که ابتدا با استفاده از روش HAZAN که یک روش ارزیابی ریسک با استفاده از شدت و احتمال وقوع ریسک می باشد، به بررسی و ارزیابی فعالیت های ریسکی در مخازن اصلی نگهداری مواد نفتی پرداخته شد. همچنین با استفاده از روش AHP به بررسی وزن هر یک از فعالیت های ۶ گانه پرداخته شد. در این فرایند از نظرات تخصصی ۳۰ نفر از مهندسان و متخصصان نگهداری و انتقال مواد نفتی و خطرناک در شرکت مذکور استفاده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که در بین فعالیت های مورد بررسی بر اساس وزن نهایی به دست آمده اتصال تانکر به ترمینال دارای بیشترین میزان ریسک می باشد. همچنین پر کردن تانکرهای حمل در دومین جایگاه از نظر ریسک قرار گرفته است. در جایگاه سوم نیز نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد قرار گرفته است. رسیدن به محل بارگیری مواد و فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد نیز در رتبه های چهارم و پنجم قرار گرفته اند و در آخرین رتبه، نگهداری مواد در تانکر قرار دارد.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک، تحلیل فعالیت های خطرناک، HAZAN، مواد خطرناک صنعت نفت ، روش تحلیل سلسله مراتبی

۱. مقدمه

نگهداری و انتقال مواد و کالاهای خطرناک یکی از اجزای اصلی چرخه عمر مواد نفتی است که به اشکال مختلفی شامل نگهداری و انتقال مواد نفتی در ترمینال های نفتی انجام می شود. عدم رعایت اصول ایمنی در نگهداری و انتقال مواد خطرناک می‌تواند منجر به حوادثی نظیر نشت مواد شیمیایی، حریق و انفجار قرار گردد که پیامدهای جبران ناپذیری را بر انسان و محیط زیست حتی در مقیاس جهانی خواهد داشت (نوری و همکاران، ۱۳۹۵). رایج ترین و آسان ترین شیوه نگهداری و انتقال مواد خطرناک در بسیاری از کشورها از جمله ایران، نگهداری در مخازن و انتقال با کامیون ها در جاده است که در نتیجه سبب می شود که هنگام بارگیری کامیون ها و تانکرهای حاوی مواد شیمیایی در مناطق شهری، پایگاه ها و اپراتورها در معرض خطر این مواد قرار گیرند. هم شواهد تاریخی و هم محاسبات احتمالی نشان می دهند که ریسک تجهیزات ثابتی که با مواد خطرناک کار می کنند و ریسک نگهداری و انتقال آنها، شدت یکسانی دارد (Rafie & Namin, 2015). یک تحلیل در مورد خدمات داده های حوادث مهم و خطرناک (MHIDAS) در HSE انگلیس نشان می دهد که تعداد حوادثی که در طول نگهداری و انتقال مواد خطرناک روی می دهد، به صورت چشمگیری بالاست (۳۹ درصد)، و بعد از

www.SID.ir

آن حوادثی که در کارخانجات این نوع مواد روی می دهد (۲۴,۵ درصد)، و ذخیره سازی مواد شیمیایی (۱۷,۴ درصد) قرار دارند. همچنین تحلیل نشان می دهد که مواد قابل اشتعال حدود ۶۹,۴ در صد کل حوادث را تشکیل می دهند، و بعد از آن مواد سمی (۲۹,۵ در صد) و مواد خورنده یا فاسدکننده (۱۰,۴ درصد) قرار دارند. همیشه پیشگیری از خطر بهتر از درمان آن است. همچنین بیان می شود که هر چند طراحی ایمن به صورت اولیه مطلوب است، اما برخی خطرات را نمی توان به صورت کلی حذف کرد (Yeh & Sun, 2011). بنابراین ضروریست خطرات به نحوی شناسایی و ارزیابی شوند که بتوان لایه های حفاظتی مناسب در اطراف آنها ایجاد کرد. زمانی که خطرات شناسایی شدند، باید مورد تحلیل و ارزیابی قرار بگیرند، در اینجاست که تحلیل خطر باید برای برآورد احتمالات و عواقب خطرات شناسایی شده صورت بگیرد تا مواد سمی، رادیواکتیو، انفجاری یا قابل اشتعال مشخص شده و گام های احتیاطی لازم برای کاهش ریسک آنها به «حداقل به صورت منطقاً عملی» (ALARP) انجام شود. عواقب هر حادثه ای باید نه تنها برای کارگرانی که با این مواد سر و کار دارند، بلکه برای افرادی که در خارج از کارخانجات یا محیط آنها زندگی می کنند ارزیابی شود. معیارهای کاهش باید به صورت مستقیم به تقلیل احتمال وقوع حوادث یا محدودسازی عواقب آنها بپردازند. HAZAN (HAZard ANalysis) به معنای تحلیل خطر است که می تواند نیمه کمّی (استفاده از معیارهای رده بندی خطر) یا کمّی باشد، مانند ارزیابی ریسک کمّی (QRA). بدین ترتیب اولین قدم برای کنترل مخاطرات ناشی از نگهداری و انتقال مواد نفتی، شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک آن ها به منظور اولویت بندی اقدامات کنترلی و تصمیم گیری در خصوص اجرای این اقدامات است ().

در این پژوهش به شناسایی و ارزیابی ریسک نگهداری و انتقال مواد نفتی در شرکت نفت و گاز استان قم پرداخته شده است. به منظور تحلیل نگهداری و انتقال مواد نفتی از روش تحلیل مواد خطرناک که به اختصار HAZAN نامیده می شود، استفاده شده است. همچنین به منظور تقویت فعالیت خطر زا، رتبه بندی این فعالیت ها با استفاده از روش AHP نیز صورت می گیرد و در نهایت وزن به دست آمده از هر دو روش به عنوان وزن نهایی هر فعالیت مبنای تصمیم گیری قرار می گیرد.

در ادامه این تحقیق و در بخش پیشینه تحقیق، نگهداری و انتقال مواد خطرناک و برخی از تحقیقات انجام شده در این زمینه مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در بخش روش تحقیق، گام‌های طی شده و ابزارهای مورد استفاده در این مطالعه تشریح شده‌اند. بخش بعدی به تجزیه و تحلیل داده‌ها اختصاص یافته و چارچوب طراحی شده برای مورد مطالعه در این تحقیق پیاده‌سازی شده است. نهایتاً نتایج حاصل از پژوهش با استفاده از تحلیل ترکیبی HAZAN وAHP در بخش نتیجه‌گیری مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌است.

۲. پیشینه تحقیق

۲-۱. نگهداری و انتقال مواد خطرناک

نگهداری و انتقال مواد نفتی بیش از ۹۰ درصد جابه جایی کالا را در کشور به خود اختصاص داده است. بخشی از محمولات نگهداری و انتقال، کالاهای خطرناک هستند که به دلیل ماهیت خاص آن ها، با شرایط و تدابیر ویژه ای باید جابه جا شوند. مواد خطرناک موادی هستند که برای انسان، حیوان یا محیط زیست مضرند. این مواد در نه گروه طبقه بندی شده اند که اهم آن مایعات و جامدات قابل اشتعال، گازها و مواد خورنده می باشند و ملموس ترین آنها حامل های مشخصی هستند که به وسیله تانکرها حمل می شوند (آذر و همکاران، ۱۳۹۶). بر اساس آمار منتشر شده توسط سازمان ملل، در حدود نیمی از کلیه ی بارهایی که حمل می شوند، منطبق به گروه مواد خطرناک هستند، زیرا تقریباً در همه موارد، ماده خطرناک از مکانی غیر از مقصد نهایی اش به دست می آید. برای مثال، نفت از منطق نفت خیز استحصال شده و به پالایشگاه ها منتقل می شود و خیلی از محصولات مشتق از نفت از پالایشگاه بار دیگر به مناطق مورد استفاده ارسال می شود. بنابراین، نگهداری و انتقال نقش عمده ای در مورد مواد خطرناک دارد (احسانی و همکاران، ۱۳۹۳). از سوی دیگر، تصادفات جاده ای امروزه به عنوان یکی از مهم ترین چالش ها و معضلات کارشناسان حمل و نقل تبدیل شده است. تصادفاتی که در زمان حمل مواد خطرناک روی می دهد، همواره از پتانسیل زیادی برای تبدیل شدن به یک فاجعه بشری برخوردار است. حوادث نگهداری و انتقال مواد خطرناک می تواند هم در مبدا یا مقصد و هم در طول مسیر اتفاق بیفتد. عواقب شدید حوادث محمولات خطرناک شامل مرگ و میر، آسیب های جسمی، تخلیه ساکنان یک منطقه، خسارات مالی به اموال و دارایی ها، فرسایش محیطی و اختلالات ترافیکی است (آذر و همکاران، ۱۳۹۶).

www.SID.ir

۲-۲. مطالعات پیشین

مطالعات داخلی

آذر و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهشی به ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد خطرناک در جاده های کشور (مطالعه موردی استان فارس) پرداخته اند. هدف اصلی این پژوهش ارزشیابی ریسک حمل و نقل مواد خطرناک در جاده های کشور بر اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی است. در این پژوهش روشی برای تعیین ریسک عبور مواد خطرناک از کمان های یک شبکه پیشنهاد می شود که از داده های پرسشنامه ای و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده میکند. نتایج این پژوهش نشان می دهد که محورهای شیراز به دوراهی نورآباد-سپیدان، کازرون به دشت ارژن و قطب آباد به فتح آباد بیشترین ریسک و محور عبوری از ارسنجان به جمال آباد کمترین ریسک را برای عبور مایعات قابل اشتعال دارند. در مقابل محورهای دشت ارژن به قائمیه، کازرون به دشت ارژن و مرودشت به شیراز از بیشترین و مسیر خسویه به حاجی آباد کمترین ریسک را برای عبور مواد خطرناک دارا هستند.

جهانگیری و جمشیدی (۱۳۹۵) در پژوهشی به ارزیابی ریسک حمل و نقل مواد شیمیایی در مسیرهای منتهی به پایانه باربری امیرکبیر شیراز پرداختند. در این مطالعه مقطعی ریسک نگهداری و انتقال مواد شیمیایی خطرناک با استفاده از شاخص درجه بندی ریسک نگهداری و انتقال (TRRI) در هر کدام از مسیرهای تردد تانکرها محاسبه و مورد تحلیل قرار گرفت. اطلاعات مورد نیاز از طریق برسی برگه های اطلاعات ایمنی مواد و مصاحبه با مسئولین ترمینال گردآوری گردید. یافته های پژوهش نشان داد که در ۵۶/۶ در صد از طول مسیرهای مورد بررسی ریسک نگهداری و انتقال جاده ای برای تعدادی از مواد شیمیایی در سطح خطرناک و بسیار بالا بود. بیشترین ریسک نگهداری و انتقال مواد خطرناک در فاصله کمتر از ۵۰۰ متر از مناطق مسکونی مربوط به ماده بوتان بود. در نتیجه ریسک نگهداری و انتقال مواد شیمیایی خطرناک در بخش هایی از مسیر که داخل شهر شیراز (مناطق مسکونی) واقع شده است در سطح غیر قابل قبول به دست آمد. جهت کاهش سطح ریسک به سطح قابل قبول، ضروری است استراتژی های کنترلی تدوین و اجرا گردد.

نوری و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به ارائه الگوی ارزیابی ریسک های بهداشت حرفه ای و محیطی در حمل و نقل فرآورده های نفتی پرداختند. در این مقاله سعی شده است که پارامتر هایی که در ریسک خطرات بهداشت حرفه ای و محیط حمل مواد نفتی موثر است شناسایی شده و سپس با استفاده از مدل های تصمیم گیری (AHP) نسبت به برنامه ریزی و ارزش گذاری پارامتر ها اقدام نمود تا تاثیر قضاوت ارزیاب ها بر آن به حداقل برسد. در این تحقیق با توجه به پارامتر هایی مانند موقعیت انبار، ماشین حمل کننده، نوع ماده، عوارض محیطی و نوع جاده و لایه های ایمنی مسیر و شرایط راننده مدنظر قرار گرفت. وزن پارامتر های موثر بر میزان ریسک توسط مدل AHP تعیین و بر اساس منطق FMEA میزان ریسک تعیین شده است

مطالعات خارجی

العنبری و همکارانش (۲۰۱۵) با هدف ارزیابی ریسک‌های ایمنی و سلامت، به بررسی ریسک‌های موجود در صنعت نگهداری و انتقال کشور عمان پرداختند. آنها در این تحقیق مجموعا ۹ فاکتور ریسک را در قالب دو دسته ریسک‌های امنیتی و ریسک‌های سلامتی، شناسایی و مورد ارزیابی قرار دادند (Al-Anbari, Khalina, Alnuaimi, Normariah, & Yahya, 2015).

ابل (۲۰۱۴) با هدف ارزیابی خطرات نگهداری و انتقال مواد خطرناک، عواملی چون نشت مواد خطرناک، تماس با الکتریسیته، برخورد با وسایل متحرک، سرریز مواد خطرناک و غیره را به عنوان اصلی‌ترین عوامل خطرآفرین در صنعت نگهداری و انتقال مواد خطرناک مطرح نمود (Pinto, 2014).

لیو و همکارانش (۲۰۱۲) با هدف کاهش خطرات ایمنی در صنعت نگهداری و انتقال، با استفاده از ابزارهایی چون ANP فازی، QFD و FMEA به ارزیابی خطرات حرفه‌ای در صنعت نگهداری و انتقال کشور تایوان پرداختند. در این تحقیق، ۱۰ نوع خطر حرفه‌ای شامل تصادف ماشین، برخورد ماشین دیگر به ماشین نگهداری و انتقال، خوردگی به دلیل حرکت، ریزش مواد به دلیل پیچ های تند، سر ریز مواد خطرناک به دلیل دست اندازها، آتش سوزی، انفجار، نشت مواد خطرناک، تماس با الکتریسیته، گرم شدن مواد به دلیل قرار گرفتن در حرارت و تکان های شدید مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Liu & Tsai, 2012).

چاکرابارتی و پاریخ (۲۰۱۲) با به کارگیری روش تحلیل HAZAN به ارزیابی ریسک نگهداری و انتقال مواد خطرناک در هندوستان پرداختند. از نظر آنها پیشگیری از خطر همواره نسبت به تلاش برای حفاظت از آن یا مدیریت آن اولویت دارد. اما خطرات خاصی وجود دارند که شاید ممکن نباشد به صورت کامل حذف شوند و باید برای کاهش احتمال وقوع یا محدود کردن شدت عواقب شان، مورد تحلیل و ارزیابی قرار بگیرند. روش تحلیل های تریور در مورد HAZOP و تحلیل خطر (HAZAN) برای خطرات یک فرآیند، کاملا بدیهی بوده

www.SID.ir

و به عنوان یک نقطه مرجع محسوب می شوند، و نگهداری و انتقال مواد خطرناک نیز به عنوان یک نقطه مرجع متحرک در این حوزه محسوب می شود. نویسندگان از تکنیک های HAZAN برای ارزیابی ریسک نگهداری و انتقال سه گروه مختلف از مواد خطرناک مطرح شده توسط سازمان ملل در کریدورهای صنعتی مهم ناحیه صورات در غرب هند استفاده می کنند تا به مقامات محلی کمک کنند نه تنها در مورد مسیرهایی که حداقل ریسک را برای جابجایی مواد خطرناک دارند تصمیم گیری کنند، بلکه آماده راهکارهای تخلیه و واکنش اضطراری موثر نیز باشند (Chakrabarti & Parikh, 2012).

ایم و همکارانش (۲۰۰۹) در زمینه شناسایی ریسک‌های حمل و نقل و مقایسه خطرات این صنعت با خطرات شغلی در کشور کره، اقدام به مطالعه نموده و در این تحقیق خطراتی همچون سقوط از ارتفاع، آتش‌سوزی، انفجار، نشت مواد خطرناک و غیره را مد نظر قرار دادند. نتایج حاصل نشان داد مواردی همچون نشت مواد خطرناک و تصادفات جاده ای بیشترین خطر را نسبت به سایر خطرات حرفه‌ای دارند (Im, et al., 2009).

(ابیمبولا و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله ای به بررسی ایمنی مبتنی بر ریسک عملیات چاه های نفت و گاز در خاور میانه پرداختند. آنها با این نتیجه رسیدند که رعایت اصول ایمنی شخصی و استفاده از ضریب ایمنی بالا در پالایشگاهها ، باعث بهبود وضعیت ایمنی در چاههای نفت و گاز می شود.

مونگن و گورکانلی (۲۰۰۵) با بررسی شواهد و مستندات موجود در سال‌های ۱۹۶۹ تا ۱۹۹۹، به بررسی علل حوادث منجر به مرگ در صنعت نگهداری و انتقال کشور ترکیه پرداختند. بر اساس یافته‌های این تحقیق، سقوط، برق گرفتگی، تصادف وسایل سنگین، ریختن در محل تخلیه و نشت مواد به دلیل تکان های تند مهم‌ترین دلایل بروز حوادث منجر به مرگ در صنعت نگهداری و انتقال این کشور بوده‌اند (Müngen & Gürcanli, 2005).

۳. روش تحقیق

تحقیق حاضر به لحاظ هدف، کاربردی، توصیفی و پیمایشی است. کاربردی از آن جهت که به کاربست تئوری های موجود پرداخته است و در این پژوهش نظریه پردازی و توسعه نظریه های پیشین صورت نگرفته است. همچنین توصیفی است از آن جهت که محقق بدون دخل و تصرف در متغیرهای تحقیق، تنها به عنوان یک توصیف گر، به توصیف شرایط موجود پرداخته است. از سوی دیگر پیمایشی است زیرا که محقق از یک روش منظم جمع‌آوری داده ها که پرسشنامه است برای شناسایی و ارزیابی و رتبه بندی ریسک مواد خطرناک توسط خبرگان استفاده کرده است.

به منظور جمع آوری اطلاعات و داده های مورد نیاز از روش کتابخانه ای و پرسشنامه استفاده شده است. در قدم اول برای شناسایی ریسک های نگهداری و انتقال مواد خطرناک صنعت نفت با استفاده از مطالعات صورت گرفته، پرداخته شد تا محقق بتواند از دستاوردهای تحقیقات سایر محققان استفاده حداکثری را ببرد. سپس به منظور بررسی شدت و وقوع احتمال هر یک از این ریسک ها، از نظر خبرگان استفاده شد. سپس پرسشنامه رتبه بندی ریسک ها در اختیار خبرگان قرار گرفت. برای تضمین در مطلع بودن پاسخ دهندها از هدف پژوهش یک سوال با طیف ۵ تایی از میزان اگاهی افراد پاسخ دهنده نسبت به موضوع و اطلاعات مرتبط در رابطه با شرکت و ریسک ایمنی در پرسشنامه طرح گردید و در نتیجه با بدست آمدن میانگین بیشتر از ۳ از کیفیت اطلاعات بدست آمده اطمینان حاصل شد.به منظور ارزیابی ریسک نگهداری و انتقال مواد خطرناک صنعت نفت، از نظرات تخصصی ۳۰ نفر از خبرگان و متخصصان در زمینه نگهداری و انتقال در شرکت پخش فرآوردهای نفتی استان قم استفاده شد. روش انتخاب این افراد غیرتصادفی قضاوتی و بر اساس دسترسی بود.

در این پژوهش از دو روش تجزیه و تحلیل HAZAN و AHP استفاده شده است. در ادامه شرح روش های مورد استفاده ارائه شده است:

روش تحلیل مواد خطرناک (HAZAN)

در این روش، ارزیابی خطرات با طبقه بندی آن ها شروع می شود. با طبقه بندی خطرات، اهمیت نسبی خطرات شناسایی شده و روش های مقابله با خطرات ارائه می شود. تجزیه و تحلیل خطرات روش HAZAN، مستلزم ارزیابی و سنجش دو عامل شدت و فراوانی حوادث است. منظور از شدت، توان بالقوه خسارتی است که منابع انسانی و سایر منابع سازمان در معرض آن قرار دارند و منظور از فراوانی نیز تعداد وقوع و به عبارتی احتمال وقوع خسارت طی مدت معینی است (جعفری و رعاضی طبری، ۱۳۹۰). خطرات بر اساس شدت به ۵

www.SID.ir

دسته A، B، C، D و E و بر اساس فراوانی، به ۵ دسته ۱ تا ۵ تقسیم می شوند که شرح این دسته بندی ها، در جداول زیر درج شده است.

جدول ۱. طبقه بندی شدت ریسک در روش HAZAN (جعفری و رعاضی طبری، ۱۳۹۰)

دسته	شرح شدت ریسک
A	مرگ و میر یا آسیب شدید، نشت عمده مواد تحت کنترل، انفجار یا آتش سوزی عمده و یا کاهش شدید تولید.
B	آسیب شدید یا ناتوانی دائمی، نشت متوسط مواد تحت کنترل، انفجار یا آتش سوزی متوسط و یا کاهش تولید
C	آسیب طولانی مدت بدون ناتوانی دائمی، نشت جزئی مواد تحت کنترل، کاهش جزئی تولید
D	آسیب نیازمند کمک های اولیه بدون ناتوانی، نشت بسیار جزئی مواد بدون تأثیر قابل توجه بر محیط بیرون، کمترین آسیب به تجهیزات یا کاهش تولید.
E	بی خطر، نیازی به بررسی بیشتر نیست، مشکلی وجود ندارد، تأثیر اقتصادی قابل صرف نظر

جدول ۲. طبقه بندی احتمال وقوع ریسک در روش HAZAN (جعفری و رعاضی طبری، ۱۳۹۰)

دسته	شرح احتمال وقوع ریسک
۱	ممکن است در هر هفته یک بار یا بیشتر اتفاق افتد
۲	ممکن است در هر ماه حداقل یک بار اتفاق افتد یا در بین ۱۰ سازمان مشابه یک مورد در ماه اتفاق افتد
۳	ممکن است یک بار در سال یا در بین ۱۰ سازمان مشابه یک مورد در سال اتفاق افتد
۴	انتظار می رود در طول فعالیت سازمان حداقل یک بار اتفاق افتد
۵	به طور کلی وقوع آن انتظار نمی رود

پس از اینکه شدت و فراوانی طبق دسته بندی معین شده مشخص شد، رتبه بندی ریسک بر طبق جدول زیر انجام می‌شود که مبنا و اساس مقایسه خطرات و اولویت بندی آن ها و در نتیجه اقدامات کنترلی خواهد بود. بر طبق این رتبه بندی، ۴ گروه ریسک وجود دارد. ریسک های گروه ۴ قابل قبول، گروه ۳ با کنترل های موجود قابل قبول، گروه ۲ نامطلوب و گروه ۱ غیرقابل قبول می باشند. لازم است با استفاده از کنترل های مهندسی، ریسک های گروه ۱ و ۲ را در مدت زمان معقولی به گروه های پایین کاهش داد.

جدول ۳. رتبه بندی ریسک

		احتمال وقوع				
		۱	۲	۳	۴	۵
شدت وقوع	A	۱	۱	۲	۳	غیرمحتمل
	B	۱	۲	۳	۴	غیرمحتمل
	C	۳	۳	۴	۴	غیرمحتمل
	D	۴	۴	۴	۴	غیرمحتمل
	E	بی خطر	بی خطر	بی خطر	بی خطر	بی خطر

جدول ۴. فرم ارزیابی سطح ریسک برای فعالیت های مختلف در روش HAZAN

نوع فعالیت	خطرات احتمالی	پیامد ناشی از آن	میزان شدت	احتمال وقوع	رتبه ریسک

www.SID.ir

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP):

یکی از کارآمد ترین تکنیک های تصمیم گیری فرایند تحلیل سلسله مراتبی (Analytical Hierarchy process-AHP) که اولین بار توسط توماس ال ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد. که بر اساس مقایسه های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می دهد.

برای ارزیابی هر موضوعی ما نیاز به معیار اندازه گیری با شاخص داریم، انتخاب شاخص مناسب به ما امکان می دهد که مقایسه درستی بین گزینه ها یا آلترناتیوها به عمل آوریم. اما وقتی که چندین شاخص برای ارزیابی در نظر گرفته می شود، کار ارزیابی پیچیده می شود و پیچیدگی کار زمانی بالا می گیرد که معیار های چندگانه با هم در فضا و از جنس های مختلف با شند. در این هنگام کار ارزیابی و مقایسه از حالت ساده تحلیلی که ذهن قادر به انجام آن است خارج می شود و به یک ابزار تحلیل عملی قوی نیاز خواهد بود. یکی از ابزارهای توانمند برای چنین و ضعیت هایی (فرآیند تحلیل سلسله مراتبی) است. این روش برای سطح بندی و درجه بندی استفاده می شود. گاهاً برای تحلیل های اجتماعی و اقتصادی نیز ممکن است به کار رود. در این روش قبل از هر کاری باید داده های هر مکان را استاندارد کنیم.

بعد از این مرحله ها ترتیبی از جمعیت شاخص ها را تشکیل می دهیم، برای تشکیل این ماتریس ابتدا باید به شاخص ها وزن داده شود بعد از این مرحله امتیاز هر شاخص با هم جمع می شود و سپس نسبت به حاصل جمع تمام شاخص ها محاسبه می شود.

بدین ترتیب وزن هریک از شاخص ها بدست می آید. بعد از ضرب وزن هر شاخص در تعداد همان شاخص امتیاز شاخص‌های هر مکان باهم جمع می شود و مکان ها بر اساس امتیازات بدست آمده سطح بندی می شوند.

روال کار مدل A.H.P با مشخص کردن عناصر و تصمیم گیری و اولویت دادن به آنها آغاز می شود. این عناصر شامل شیوه های مختلف انجام کار و اولویت دادن به سنجه ها یا ویژگی ها می باشد.

مرحله اول: ساختن درخت سلسله مراتبی؛

مرحله دوم : تعیین ضریب اهمیت معیار ها و زیر معیار ها وزن دادن به گزینه ها؛

مرحله سوم: ترکیب ضریب اهمیت گزینه ها ترکیب وزن ها؛

مرحله چهارم: آزمایش سازگاری.

در مرحله اول، در فرایند AHP ایجاد یک ساختار سلسله مراتبی از موضوع مورد بررسی می باشد که در آن اهداف، معیارها و زیر معیار گزینه ها و ارتباط بین آن ها نشان داده می شود.

ترسیم و تشریح درخت سلسله مراتبی:

درخت سلسله مراتبی دارای سه سطح اصلی هدف، معیارها و گزینه‌ها است که سطح معیار آن قابل تقسیم به زیر معیارهای متعدد می‌باشد.

هدف:

به پرسش اصلی تحقیق یا مشکلی که قصد داریم آن را حل نماییم هدف گفته می شود. هدف بالاترین سطح درخت سلسله مراتبی است و تنها یک پارامتر دارد که انتخاب آن وظیفه بالاترین سطح تصمیم‌گیری پروژه می‌باشد.

معیارها:

به ملاک‌های متضمن هدف و سازنده آن معیار گفته می‌شود. معیارها در واقع سنگ محک هدف یا وسیله اندازه‌گیری آن می‌باشد. هر اندازه معیارها بیشتر اجزاء هدف را پوشش دهند و بیشتر بیان کننده هدف باشند، احتمال گرفتن نتیجه دقیق‌تر افزایش خواهد یافت.

معیارها دومین سطح درخت سلسله مراتبی پس از هدف می‌باشند. در این سطح می‌توانیم بنا به ضرورت به تعداد مورد نیاز معیار در سطح افقی ترسیم و تنظیم نماییم. معیارهای قابل تقسیم به زیر معیارها و زیر معیارهای قابل تقسیم به زیر معیارهای بعدی می‌باشند. این وضعیت می‌تواند بسته به ضرورت تا n زیر معیار در سطح عمودی و افقی افزایش پیدا نماید.

کشف، شناسایی و دسته‌بندی معیارها، زیر معیارها و گزینه‌ها:

در این بخش باید دست کم یک نفر که دارای سوابق علمی و پژوهشی در زمینه هدف و مسلط به روش تحقیق باشد برای شناسایی، کشف و دسته‌بندی معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها به کار گرفت.

www.SID.ir

این فرد باید با اســتفاده از دانش خویش، انجام مطالعات تکمیلی، تحقیقات میدانی و مصــاحبه اقدامات لازم را در این زمینه به انجام رسـاند و در نهایت مجموعه معیارها و گزینه‌ها مرتبط با هدف را گردآوری و به صـورت دقیق و قابل توجیه دسـته‌بندی و در نهایت تعریف نماید.

گزینه ها:

گزینه‌ها در واقع منظور و مق صد هدف در درخت سل سله مراتبی می‌با شند و پا سخ هدف از میان گزینه‌های تر سیم شده به د ست می‌آید. گزینه‌ها آخرین سطح درخت سلسله مراتبی می‌باشند و بستگی به چگونگی استفاده از روش "AHP" دارد. در مواردی که از این تکنیک به منظور انتخاب یا اولویت‌بندی اسـتفاده می‌شـود، عموماً تعیین گزینه‌ها محقق صـورت می‌گیرد زیرا اوسـت که تعیین می‌کند از میان کدام گزینه‌ها باید انتخاب صورت گیرد یا چه گزینه‌هایی باید اولویت‌بندی شود.

مرحله دوم، سنجه ها در یک ماتریس قرار گرفته و سپس تعیین اهمیت (وزن) معیار ها و زیر معیار ها می باشد. دو به دو آنها رابا هم مقایسه می کنیم، سپس با استفاده از روش مرفال کردن تمام سنجه ها هم وزن می شوند.

جدول ۵. ارزش گذاری شاخص‌ها نسبت به هم

ارزش ترجیحی	وضعیت مقایسهi نسبت به j	توضیح
۱	اهمیت برابر	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارند و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	نسبتاً مهمتر	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	مهمتر	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است.
۷	خیلی مهمتر	گزینه یا شاخص **i** دارای ارجحیت خیلی بیشتری از **j** است.
۹	کاملاً مهم	گزینه یا شاخص مطلقاً **i** از **j** مهمتر و قابل مقایسه با **j** نیست.
۲و۴و۶و۸		ارزشهای میانی بین ارزشهای ترجیحی را نشان می‌دهد مثلا ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین‌تر از ۹ برای **I** است.

مقیاس مقایسه زوجی ها:

وزن هر فاکتور نشـان دهنده اهمیت و ارزش آن نسـبت به فاکتورهای دیگر در عملیات تعیین مکان اسـت، بنابرین انتخاب آگاهانه و صحیح وزنها کمک بزرگی در جهت تعیین هدف مورد نظر می نماید.

اصول فرایند تحلیل سلسله مراتبی:

اصل ۱. شرط معکوسی (Reciprocal Condition):

اگرترجیح عنصر A بر عنصر B برابر n باشد ترجیح عنصر B بر عنصر A برابر $1/n$خواهد بود .

اصل ۲. همگنی (Homogeneity):

عنصر A با عنصر B باید همگن و قابل قیاس باشند . به بیان دیگر برتری عنصر A بر عنصر B نمی تواند بی نهایت یا صفر باشد.

اصل ۳. وابستگی (Dependency):

هر عنصر سلسله مراتبی به عنصر سطح بالاتر خود می تواند وابسته باشد وبه صورت خطی این وابستگی تا بالاترین سطح می تواند ادامه داشته باشد.

اصل ۴. انتظارات (Expectation):

هر گاه تغییر در ساختمان سلسله مراتبی رخ دهد پروسه ارزیابی باید مجددا انجام گیرد.

سازگاری در قضاوت‌ها

تقریباً تمامی محا سبات مربوط به فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر ا ساس قضاوت اولیه تصمیم گیرنده که در قالب ماتریس مقایسات زوجی ظاهر می شود، صورت می‌پذیرد و هر گونه خطا و نا سازگاری در مقای سه و تعیین اهمیت بین گزینه‌ها و شاخص‌ها نتیجه نهایی به

www.SID.ir

دست آمده از محاسبات را مخدوش می‌سازد. نرخ ناسازگاری[۱] که در ادامه با نحوه محاسبه آن آشنا خواهیم شد، وسیله‌ای است که سازگاری را مشخص ساخته و نشان می‌دهد که تا چه حد می‌توان به اولویتهای حاصل از مقایسات اعتماد کرد. برای مثال اگر گزینه A نسبت به B مهمتر (ارزش ترجیحی ۵) و B نسبتا مهمتر (ارزش ترجیحی ۳) باشد، آنگاه باید انتظار داشت A نسبت به C خیلی مهمتر (ارزش ترجیحی ۷ یا بیشتر) ارزیابی گردد یا اگر ارزش ترجیحی A نسبت به B، ۲ و B نسبت به C، ۳ باشد آنگاه ارزش A نسبت به C باید ارزش ترجیحی ۴ را ارائه کند. شاید مقایسه دو گزینه امری ساده باشد، اما وقتیکه تعداد مقایسات افزایش یابد اطمینان از سازگاری مقایسات به راحتی میسر نبوده و باید با به کارگیری نرخ سازگاری به این اعتماد دست یافت. تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱۰ باشد سازگاری مقایسات قابل قبول بوده و در غیر اینصورت مقایسه‌ها باید تجدید نظر شود. قدم‌های زیر برای محاسبه نرخ ناسازگاری به کار گرفته می‌شود:

گام ۱. محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسات زوجی را در بردار ستونی «وزن نسبی» ضرب کنید بردار جدیدی را که به این طریق بدست می‌آورید، بردار مجموع وزنی[۲] بنامید.

گام ۲. محاسبه بردار سازگاری: عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار اولویت نسبی تقسیم کنید. بردار حاصل بردار سازگاری[۳] نامیده می‌شود.

گام ۳. بدست آوردن λmax، میانگین عناصر برداری سازگاری λmax را به دست می‌دهد.

گام ۴. محاسبه شاخص سازگاری: شاخص سازگاری بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$$

n عبارتست از تعداد گزینه‌های موجود در مساله

گام ۵. محاسبه نسبت سازگاری: نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری برشاخص تصادفی[۴] بدست می‌آید.

$$CR = \frac{CI}{CR}$$

نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر سازگاری در مقایسات را بیان می‌کند(مهرگان،۱۳۸۳،ص۱۷۳-۱۷۰)

شاخص تصادفی از جدول زیر استخراج می‌شود.

جدول ۶. شاخص تصادفی (مهرگان،۱۳۸۳،ص۱۷۳)

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
RI	۰	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۵۱

۴. یافته های تحقیق

در ادامه فهرستی از خطرات احتمالی نگهداری و انتقال مواد خطرناک بر اساس مطالعه فوئنتس-بارگوئس در سال ۲۰۱۷ ارائه می گردد (Fuentes-Bargues et al., 2017):

۱- Inconsistency Ratio (I.R)
۲- Weighted sum Vector=WSV
۳- Consistency Index = CI
۴- Random Index = RI

www.SID.ir

جدول ۷. فهرست خطرات احتمالی نگهداری و انتقال مواد نفتی

فعالیت ها		خطرات احتمالی	
۱	اتصال تانکر به ترمینال	۱	پارک کردن تانکر
		۲	باز شدن محفظه بالایی تانکر
		۳	اتصال لوله مکنده به مخزن تانکر
۲	نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد	۴	باز کردن فلکه تانکر
		۵	انتقال مواد
		۶	بستن فلکه تانکر
		۷	تمیز کردن لوله ها
۳	پر کردن تانکرهای حمل	۸	باز کردن فلکه تانکر
		۹	پر کردن مخزن تانکر
		۱۰	بستن فلکه تانکر
۴	نگهداری مواد در تانکر	۱۱	نگهداری مواد در تانکر
۵	رسیدن به محل بارگیری مواد	۱۲	جایگیری تانکر
		۱۳	اتصال شلنگ انعطاف پذیر به کامیون مخزن
۶	فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد	۱۴	باز کردن فلکه مخزن تانکر
		۱۵	انتقال و پر کردن مخزن تانکر
		۱۶	بستن فلکه مخزن تانکر

در ادامه بر اساس ۱۶ فعالیت شناسایی شده، جدول HAZAN توسط مسئولان و متخصصان تکمیل گردید.

www.SID.ir

جدول ۸. ارزیابی سطح ریسک برای فعالیت های نگهداری و انتقال مواد نفتی در روش HAZAN

ردیف	نوع فعالیت	خطرات احتمالی	پیامد ناشی از آن	میزان شدت	احتمال وقوع	رتبه ریسک
۱	پارک کردن تانکر	نشت سوخت در ناحیه تخلیه	تصادف وسایل نقلیه، آسیب دیدگی اپراتور، نشت مواد	B	۳	۳
۲	باز شدن محفظه بالایی تانکر	نشت ناشی از باز شدن ناقص محفظه بالایی تانکر	خوردگی، شکستن غیرفعال کننده خودکار، شکستن کنترل کننده نشت	C	۲	۳
۳	اتصال لوله مکنده به مخزن تانکر	نشتی در اتصالات	خوردگی، شکست پروب فشار، شکستن غیرفعال کننده خودکار	D	۲	۴
۴	باز کردن فلکه تانکر	خرابی ناشی از ترک خوردن	خوردگی، شکستن غیرفعال کننده خودکار	D	۳	۴
۵	انتقال مواد	نشت سوخت در خطوط لوله	خوردگی، شکست پروب فشار، شکستن کنترل کننده نشت	C	۲	۳
۶	بستن فلکه تانکر	نشت ناشی از بسته نشدن کامل فلکه	خوردگی، شکستن غیرفعال کننده خودکار	C	۲	۳
۷	تمیز کردن لوله ها	تمیز کردن ناقص لوله ها	خوردگی، شکستن کنترل کننده نشت	C	۱	۳
۸	باز کردن فلکه تانکر	خرابی ناشی از ترک خوردن	خوردگی، شکستن غیرفعال کننده خودکار	D	۳	۴
۹	پر کردن مخزن تانکر	پر کردن بیش از حد	شکست پروب فشار، شکست انتقال سیگنال، شکستن کنترل کننده نشت	C	۲	۳
۱۰	بستن فلکه تانکر	نشت ناشی از بسته نشدن کامل فلکه	خوردگی، شکستن غیرفعال کننده خودکار	D	۲	۴
۱۱	نگهداری مواد در تانکر	نشت در مخزن ذخیره سازی	خوردگی، شکست انتقال سیگنال	B	۳	۳
۱۲	جایگیری تانکر	برخورد تانکر با جایگاه سوخت گیری	تصادف وسایل نقلیه، آسیب دیدگی اپراتور	B	۳	۳
۱۳	اتصال شلنگ انعطاف پذیر به کامیون مخزن	نشت ناشی از شلنگ شکسته	خوردگی، شکست پروب فشار	C	۲	۳
۱۴	باز کردن فلکه مخزن تانکر	خرابی ناشی از ترک خوردن	خوردگی، شکستن غیرفعال کننده خودکار	D	۲	۴
۱۵	انتقال و پر کردن مخزن تانکر	فوران مواد شیمیایی در اثر اتصال نامناسب	آسیب دیدگی اپراتور، شکست پروب فشار، شکست انتقال سیگنال، شکستن غیرفعال کننده خودکار، شکستن کنترل کننده نشت	C	۳	۴
۱۶	بستن فلکه مخزن تانکر	نشت ناشی از بسته نشدن کامل فلکه	خوردگی، شکستن غیرفعال کننده خودکار	D	۱	۴

پس از مشخص شدن ارزیابی ریسک، در ادامه به بررسی زیرسیستم های خطرناک بر اساس ارزیابی صورت گرفته پرداخته شده است:

www.SID.ir

جدول ۹. بررسی میزان خطر هر یک از زیر سیستم ها

ردیف	زیرسیستم	فراوانی تفکیکی رتبه ریسک ها در هر زیرسیستم					
		۴	۳	۲	۱	جمع	درصد
۱	اتصال تانکر به ترمینال	۱	۲	۰	۰	۳	۰,۱۸۷۵
۲	نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد	۱	۳	۰	۰	۴	۰,۲۵
۳	پر کردن تانکرهای حمل	۲	۱	۰	۰	۳	۰,۱۸۷۵
۴	نگهداری مواد در تانکر	۰	۱	۰	۰	۱	۰,۰۶۲۵
۵	رسیدن به محل بارگیری مواد	۰	۲	۰	۰	۲	۰,۱۲۵
۶	فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد	۳	۰	۰	۰	۳	۰,۱۸۷۵
جمع		۷	۹	۰	۰	۱۶	۱
درصد		۰,۴۳۷	۰,۵۶۳	۰	۰	۱	

طبق نتایج به دست آمده از مجموع ریسک های حمل مواد نفتی مورد بررسی، ۰,۵۶۳ درصد از در گروه ۳ (قابل قبول به شرط تحت کنترل بودن) و ۰,۴۳۷ در گروه ۴ (قابل قبول) قرار گرفته است. همچنین در بین بررسی های صورت گرفته، مشخص شد که هیچ موردی در گروه ۱ (گروه غیرقابل قبول) و ۲ (گروه نامطلوب) قرار نگرفته است.

در ادامه به منظور مشخص کردن وزن نهایی هر یک از زیرسیستمها، وزن هر یک با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی و با استفاده از نظر خبرگان محاسبه شد. بدین ترتیب که از خبرگان درخواست شد تا هم معیارهای شدت و احتمال وقوع را با یکدیگر مقایسه کنند و هم زیرسیستم ها یا فعالیت های اصلی خطرزا را بر اساس هر یک از شاخص ها با یکدیگر مقایسه نمایند.

در ادامه نتایج به دست آمده بصورت گام به گام ارائه می گردد:

جدول ۱۰. وزن هر یک از شاخص ها

شاخص		وزن	رتبه
شدت وقوع		۰,۶۰۷	۱
احتمال وقوع		۰,۳۹۳	۲

جدول ۱۱. وزن فعالیت ها بر اساس شاخص احتمال وقوع

فعالیت ها	وزن	رتبه
اتصال تانکر به ترمینال	۰,۳۱۶	۱
نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد	۰,۱۲۴	۴
پر کردن تانکرهای حمل	۰,۲۱۸	۲
نگهداری مواد در تانکر	۰,۱۶۳	۳
رسیدن به محل بارگیری مواد	۰,۱۱۹	۵
فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد	۰,۰۶	۶

www.SID.ir

جدول ۱۲. وزن فعالیت ها بر اساس شاخص شدت وقوع

فعالیت ها	وزن	رتبه
اتصال تانکر به ترمینال	۰,۲۳	۲
نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد	۰,۱۰۵	۵
پر کردن تانکرهای حمل	۰,۲۸۱	۱
نگهداری مواد در تانکر	۰,۱۲۳	۳
رسیدن به محل بارگیری مواد	۰,۲۱۱	۴
فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد	۰,۰۵	۶

جدول ۱۳. وزن نهایی فعالیت ها

فعالیت ها	وزن	رتبه
اتصال تانکر به ترمینال	۰,۲۶۴	۱
نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد	۰,۱۱۲	۵
پر کردن تانکرهای حمل	۰,۲۵۶	۲
نگهداری مواد در تانکر	۰,۱۳۹	۴
رسیدن به محل بارگیری مواد	۰,۱۷۵	۳
فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد	۰,۰۵۴	۶

در ادامه به منظور محاسبه وزن نهایی به دست آمده از HAZAN و وزن به دست آمده از AHP، اوزان این دو مدل در یکدیگر ضرب می شود.

جدول ۱۴. وزن نهایی فعالیت ها

فعالیت ها	وزن HAZAN	وزن AHP	وزن نهایی	رتبه نهایی
اتصال تانکر به ترمینال	۰,۱۸۷۵	۰,۲۶۴	۰,۲۹۸	۱
نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد	۰,۲۵	۰,۱۱۲	۰,۱۶۸	۳
پر کردن تانکرهای حمل	۰,۱۸۷۵	۰,۲۵۶	۰,۲۸۹	۲
نگهداری مواد در تانکر	۰,۰۶۲۵	۰,۱۳۹	۰,۰۵۲	۶
رسیدن به محل بارگیری مواد	۰,۱۲۵	۰,۱۷۵	۰,۱۳۲	۴
فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد	۰,۱۸۷۵	۰,۰۵۴	۰,۰۶۱	۵

در بین فعالیت های مورد بررسی بر اساس وزن نهایی به دست آمده اتصال تانکر به ترمینال دارای بیشترین میزان ریسک می باشد. همچنین پر کردن تانکرهای حمل در دومین جایگاه از نظر ریسک قرار گرفته است. در جایگاه سوم نیز نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد قرار گرفته است. رسیدن به محل بارگیری مواد و فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد نیز در رتبه های چهارم و پنجم قرار گرفته اند و در آخرین رتبه، نگهداری مواد در تانکر قرار دارد.

۵. بحث و نتیجه گیری

در این مطالعه رویکرد جدیدی برای اولویت بندی فعالیت های خطرزا در نگهداری و انتقال مواد نفتی در ترمینال های شرکت ملی پخش فرآوردهای نفتی استان قم ارائه شد. بدین ترتیب که ابتدا با استفاده از روش HAZAN که یک روش ارزیابی ریسک با استفاده از شدت و احتمال وقوع ریسک می باشد، به بررسی و ارزیابی فعالیت های ریسکی در مخازن اصلی نگهداری مواد نفتی پرداخته شد. همچنین با استفاده از روش AHP به بررسی وزن هر یک از فعالیت های ۶ گانه پرداخته شد. در نهایت مشخص شد که در بین فعالیت های مورد بررسی بر اساس وزن نهایی به دست آمده اتصال تانکر به ترمینال دارای بیشترین میزان ریسک می باشد. همچنین پر کردن تانکرهای

www.SID.ir

حمل در دومین جایگاه از نظر ریسک قرار گرفته است. در جایگاه سوم نیز نزدیک شدن به تانکرهای نگهدارنده مواد قرار گرفته است. رسیدن به محل بارگیری مواد و فاصله گرفتن از تانکرهای نگهدارنده مواد نیز در رتبه های چهارم و پنجم قرار گرفته اند و در آخرین رتبه، نگهداری مواد در تانکر قرار دارد.

بر همین اساس پیشنهاد می شود اتصالات تانکر به مخزن بصورت مداوم ارزیابی شود و برنامه های نت آن بصورت منظم و دوره ای انجام شود. همچنین اپراتورهای این بخش، آموزش های لازم را ببینند تا وقوع خطرات کاهش یابد. از سوی دیگر در شیفت های شب، افراد را به صورت دو نفر قرار دهند تا ریسک فعالیت های شبانه کاهش یابد.

همچنین در زمان پر کردن تانکرهای نفت، میزان روشنایی و نور کافی باشد تا اپراتورها به خوبی از اتصال شلنگ و بازوها به تانکر مطمئن شوند. همچنین برخی از اتصالات را با سنسورهای قوی تایید نمایند تا لازم به تایید چشم انسان نباشد.

همچنین پیشنهاد می شود که از تانکرهای به روز و جدید مجهز به دوربین و سنسور برای بارگیری استفاده شود. حتما راننده های این تانکرها تست اعتیاد و سلامتی و ... دهند تا از بروز خطرات به دلیل خماری یا بیماری راننده پیشگیری شود. به دلیل امکان برخورد تانکر با محوطه چه قبل و چه بعد از بارگیری، لازم است که روشنایی کافی در محیط وجود داشته باشد و حتی الامکان این فعالیت بدون عجله و در زمان مناسب صورت گیرد. پیشنهاد می شود در مطالعات آینده تأثیر آموزش ایمنی در بالا بردن فرهنگ ایمنی کارگران در شرکت های پخش فرآودهای نفتی و گاز ، به طور خاص مورد مطالعه قرار گیرد.

www.SID.ir

منابع

احسانی علی,آذر، عادل,صفارزاده، محمود (۱۳۹۳). برنامه ریزی نگهداری و انتقال: تحلیل سناریوی تاثیر ظرفیت مسیر در مسیریابی مواد خطرناک با رویکرد ریاضی، مورد مطالعه: شبکه راه های استان فارس، کنگره ملی مهندسی عمران، ۱۷-۱۸ اردیبهشت ۱۳۹۳.

آذر, عادل, صفارزاده, محمود, احسانی, علی. (۱۳۹۶). طراحی مدل ریاضی مسیریابی حمل مواد خطرناک (مورد مطالعه: شبکه راه‌های استان فارس). مهندسی عمران مدرس, ۱۲(۴), ۲۷-۳۵.

جهانگیری مهدی، جم‌شیدی حمید ر ضا. ارزیابی ریسک نگهداری و انتقال مواد شیمیایی در مسیر های منتهی به پایانه باربری امیر کبیر شیراز. سلامت کار ایران. ۱۳۹۵; ۱۳ (۴) :۲۳-۳۰.

نوری، جعفر؛ امیدواری، منوچهر؛ نورمرادی، حشمت الله و شمائی، آذین (۱۳۹۵). ارائه الگوی ارزیابی ریسک های بهداشت حرفه ای و محیطی در حمل و نقل فرآورده های نفتی، نشریه پژوهش های ایمنی نفت، ۴ (۲): ۱۴۹-۱۶۷.

مصدق, لیلاسادات و سحر رضاییان، ۱۳۹۴، شناسایی و ارزیابی ریسک زیست محیطی عملیات حفاری به روش هازان مطالعه موردی:دکل های ۲۱ و ۸۳ شرمت ملی حفاری ایران)، اولین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی،

شفیعی، بهنام - فولادی فرد، رضا- حیدری، اشکان - بررسی و ارزیابی حوادث شغلی در دکل های حفاری نفت و گاز - مطالعه موردی شرکت حفاری شمال سالهای ۱۳۷۷-۷۸

Chakrabarti, U. K., & Parikh, J. K. (2012). Applying HAZAN methodology to hazmat transportation risk assessment. *Process Safety and Environmental Protection*, *90*(5), 368-375.

Fuentes-Bargues, J. L., González-Cruz, M., González-Gaya, C., & Baixauli-Pérez, M. (2017). Risk Analysis of a Fuel Storage Terminal Using HAZOP and FTA. *International journal of environmental research and public health*, *14*(7), 705.

Rafie, M., & Namin, F. S. (2015). Prediction of subsidence risk by FMEA using artificial neural network and fuzzy inference system. *International Journal of Mining Science and Technology*, *25*(4), ۶۵۵-۶۶۳.

Ksenija, K, Boris, D, Snezana, K and Sladjana, B2017. “Analysis of the efficiency of insurance companies in Serbia using the fuzzy AHP and TOPSIS methods”. Economic Research-Ekonomska Istrazivanja, Vol. ۳۰, pp. ۵۵۰-۵۶۵

Yeh, T. M., & Sun, J. J. (2011). Preventive maintenance model with FMEA and Monte Carlo simulation for the key equipment in semiconductor foundries. *Scientific Research and Essays*, *6*(26), ۵۵۳۴-۵۵۴۷.

www.SID.ir