

## ارزیابی بهداشت و ایمنی محیط کار انبارهای نفت و گاز مایع کشور

یحیی خسروی<sup>۳،۲،۱</sup>، نرمین حسن زاده رنگی<sup>۲،۱\*</sup>، محمدرضا حسن بیگی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup>گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران

<sup>۲</sup>مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و محیط، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران

<sup>۳</sup>مرکز تحقیقات غیر واگیر، دانشگاه علوم پزشکی البرز، کرج، ایران

<sup>۴</sup>کارشناس ارشد بهداشت حرفه ای، واحد HSE، شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۰۶/۲۶، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** انبارهای نفت و گاز مایع جزء تأسیسات کلیدی در هر کشور به شمار می‌رود. هدف از مطالعه حاضر آرایه الگوی تلفیقی از روش های ساده و کاربردی جهت ارزیابی بهداشت و ایمنی محیط کار انبار نفت و گاز مایع و سایر صنایع و خدمات مشابه بوده است.

**مواد و روش ها:** در این مطالعه کیفی، داده‌ها به روش‌های بررسی میدانی، بررسی اسنادی، مصاحبه انفرادی، مصاحبه گروهی متمرکز و بحث گروهی متمرکز گردآوری و تولید شد. الگوی ترکیبی از فنون شامل واکاوی وظیفه، واکاوی اثر و حالت شکست، واکاوی درخت واقعه، واکاوی درخت خطا، نمودار استخوان ماهی به صورت مرحله به مرحله جهت ارزیابی بهداشت و ایمنی محیط کار معرفی و استفاده شد.

**یافته ها:** مشاغل انبار نفت و گاز مایع وظایف و خطرات متعددی دارند. از میان مشاغل مورد مطالعه، مشاغل پرکننده گاز مایع ( $RPN1=158$ )، مکانیک عمومی ( $RPN1=156$ ) و آزمایشگر ( $RPN1=130$ ) بالاترین سطح ریسک را دارند که فراتر از حد حد بالای کنترل است و شغل استاد کار مواد نفتی ( $RPN1=48$ ) کم‌ترین سطح ریسک را دارد و زیر حد پایین کنترل است. میزان ریسک سایر مشاغل در حد تحت کنترل هستند.

**نتیجه گیری:** با اعمال پیشنهادات اصلاحی و پیشگیرانه آرایه شده در نمودار استخوان ماهی علت کنترل و آیین کار ایمن برای هر شغل، می‌توان سطح ریسک محیط کار را به زیر حد کنترل و محدوده ریسک ناچیز کاهش داد. الگوی ترکیبی و ساده استفاده شده در این مطالعه می‌تواند توسط سایر صنایع و خدمات کشور به کار رود.

واژه های کلیدی: ارزیابی ریسک، بهداشت، ایمنی، محیط کار، انبار نفت

## مقدمه

مخازن ذخیره در پالایشگاه‌ها و انبارهای نفت و گاز حاوی مقادیر زیادی از مواد شیمیایی قابل اشتعال و انفجار است. یک حادثه کوچک ممکن است منجر به خسارات میلیون دلاری به دارایی‌های شرکت و از دست دادن چندین روز تولید گردد. یک حادثه بزرگ در این تأسیسات به دلیل عدم تأمین سوخت سیستم‌های حمل و نقل و کارخانجات و سازمان‌ها ممکن است منجر به ایجاد وضعیت اضطراری در سطح یک شهر و کشور گردد.<sup>۲،۱</sup>

اگرچه در ۵۰ سال گذشته سازمان‌های تجاری و انجمن‌های مهندسی مثل انستیتوی نفت آمریکا (API) انستیتوی مهندسين شیمی آمریکا (AIChE)، انجمن مهندسين مکانیک آمریکا (ASME)، و انجمن حفاظت حریق آمریکا (NFPA)، خط مشی، دستورالعمل و استانداردهای مهندسی را برای ساخت، انتخاب مواد، طراحی و مدیریت ایمن مخازن ذخیره و لوازم جانبی آن‌ها منتشر کرده‌اند و بیشتر شرکت‌ها از این استانداردها و دستورالعمل‌ها در طراحی، ساخت و ساز و عملیات استفاده می‌کنند، ولی حوادث مخازن هنوز هم اتفاق می‌افتند.<sup>۴،۳</sup>

اکثر مطالعات انجام شده در محیط انبارهای نفت و گاز مایع با رویکردی ایمنی فرایند و بر حوادث مخازن و مدل‌های نوین پیش‌بینی و ارزیابی ریسک کمی یک حادثه خاص در مخازن تمرکز داشته‌اند.<sup>۸-۴</sup> و مطالعات کمی رویکردی جامع و کاربردی به ارزیابی ریسک مشاغل نفت و گاز داشته‌اند.<sup>۱۰،۹</sup> به عنوان نمونه، در مطالعه‌ای توسط چانگ (۲۰۰۶) ۲۴۲ حادثه مخازن ذخیره که در تأسیسات صنعتی در طول ۴۰ سال گذشته اتفاق افتاده است، مرور شد. جهت آنالیز علل منجر به حوادث از دیاکرام استخوان ماهی استفاده شده است و اقدامات اصلاحی جهت کمک به مهندسين عملیات جهت پیشگیری از حوادث مشابه داده شده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ۷۴٪ حوادث در پالایشگاه‌ها، پایانه‌ها و

مخازن ذخیره محصولات نفتی اتفاق افتاده است. حریق و انفجار به تنهایی ۸۵٪ حوادث را در بر می‌گیرند. ۸۰ حادثه (۳۳٪) به وسیله صاعقه، ۷۲ حادثه (۳۰٪) به وسیله خطای انسانی در اثر عملیات و نگهداری ضعیف بوده است. سایر علل شامل نقص در تجهیزات، خرابکاری عمدی، ترک و گسیختگی، نشت و گسیختگی خطوط لوله، الکتریسیته ساکن، شعله‌های باز و ... بوده است. اکثر این حوادث در صورت لحاظ کردن اصول مهندسی خوب قابل پیشگیری بوده‌اند.<sup>۳</sup>

با اینکه درس آموزی از حوادث گذشته جهت عملکرد ایمن آینده مخازن ذخیره کاملاً مفید است اما در بهترین حالت علت یابی حوادث به تنهایی نمی‌تواند باعث شناسایی کلیه خطرات این محیط‌های کاری حساس شود. تعدد خطرات و حوادث در انبارهای نفت و گاز مایع باعث شده است همواره شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک و اولویت بندی اقدامات کنترلی یکی از چالش‌های جدی این تأسیسات و محیط کار حساس به شمار می‌رود.<sup>۱۱</sup>

منشأ تمامی این حوادث، خطرات هستند که از دو حالت خارج نیست، خطرات یا به دلیل وجود شرایط نایمن پدید آمده‌اند و یا به دلیل اعمال نایمن افراد و البته گاهی نیز ترکیبی از عمل و شرایط نایمن موجب ایجاد خطرات و بروز حادثه می‌شود. تخلفات و خطاهای انسانی نقش تعیین‌کننده‌ای در تقریباً همه حوادث دارند. با این حال معرفی تخلفات و خطاهای انسانی به عنوان علت‌های پایه حوادث نمی‌تواند در ریشه یابی علت حوادث رهگشا باشد به عبارتی، لازم است پس زمینه‌هایی را که تخلفات و خطاهای انسانی در آن‌ها رخ می‌دهند به خوبی درک شوند.<sup>۱۳،۱۲</sup>

خطرات در محیط کار انبار نفت و گاز متعدد هستند و منابع مالی و انسانی کافی برای کنترل همه خطرات وجود ندارد بنابراین لازم است سازمان‌ها الگویی برای اولویت بندی خطرات جهت تخصیص منابع در اختیار داشته باشند. مطالعات محدودی در زمینه واکاوی خطرات و ارزیابی ریسک انبارهای نفت و گاز مایع وجود دارد. در مطالعه‌ای توسط ارگروپولوس

ترکیبی جهت شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک مشاغل انبار نفت و گاز مایع و ارایه راهکارهای بهبود جهت استفاده در صنایع و خدمات مشابه تعیین شده است.

## روش بررسی

این مطالعه تلفیقی از طریق واکاوی وظیفه، شناسایی خطرات، ارزیابی و واکاوی خطرات و در نهایت ارایه راهکارهای اصلاحی و پیشگیرانه انجام شد. محیط پژوهش در این مطالعه انبار نفت قزوین، انبار نفت چابهار، انبار نفت و گاز تبریز، انبار نفت چالوس و انبار نفت و گاز ری تعیین گردید. هدف از این تنوع، دستیابی به بهترین نتایج بود چرا که پیش فرض در ابتدای شروع پروژه آن بود که به دلیل اختلافات آب و هوایی، سطح تکنولوژی، نوع فرایند، سطح پوشش منطقه و .... متصدیان مشاغل با خطرات مختلفی مواجه می‌شوند.

## واکاوی وظایف مشاغل انبار نفت و گاز مایع و

**شناسایی خطرات:** تولید داده‌ها به صورت تلفیقی و از طریق بررسی میدانی در انبارهای نفت و گاز، بررسی اسنادی و مستندات، مصاحبه انفرادی، مصاحبه گروهی متمرکز، و بحث گروهی متمرکز انجام شد. مراحل اجرای واکاوی مشاغل انبار نفت و گاز مایع به این صورت بود که گروه تحقیق در ابتدا و قبل از هر چیز باید می‌دانست که این مشاغل با توجه به تعاریف سازمان، چه مفهومی دارند و شرح وظایف، مسئولیت‌ها و اختیارات آن کدامند. در ادامه وظایف مشاغل انبار نفت و گاز مایع در توالی صحیح خود ثبت شدند و وظایف در یک فرایند سلسله مراتبی به مجموعه‌ای از زیر وظایف تقسیم شد و در قالب نمودار ارایه گردید. یک وظیفه، تنها بخشی از یک شغل است که انجام مناسب آن‌ها در یک توالی صحیح به تکمیل شدن یک شغل منجر می‌شود. در پایان، بار دیگر مراحل نوشته شده با خود شاغل مرور گردید. در مرحله شناسایی خطرات سعی شد تولید داده‌ها به صورت چند بعد سازی از طریق مشاهده مستقیم میدانی در

(۲۰۱۲) یک روش شناسایی خطرات برای مخازن ذخیره مواد نفتی معرفی شد. در این روش، چک لیست برگرفته از علت حوادث و اقدامات حفاظتی در چارچوب دستورالعمل SEVESO پیشنهاد شد. با این حال، روشی اجرایی و کاربردی برای شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک ارایه نشده است.<sup>۱۴</sup>

در مطالعه‌ای توسط جعفری و همکاران (۲۰۰۹) از روش واکاوی ایمنی شغل در یک واحد پالایشگاهی استفاده شد که نتایج نشان داد که اجرای این تکنیک در درک ریسک توسط کارگران اثرات معناداری دارد.<sup>۱۵</sup> در مطالعه دیگر توسط یوسفی و همکاران (۲۰۰۶) از روش واکاوی ایمنی شغل به منظور خطرات شغل لرزه نگاری در اکتشاف نفت استفاده شد.<sup>۱۶</sup> در این مطالعات تنها تکنیک به کار رفته در شناسایی خطرات، تکنیک واکاوی ایمنی شغل بوده است که در آن‌ها واکاوی خطرات تا سطح شناسایی خطرات پیشرفته است و واکاوی تا سطح علت‌ها انجام نشده است.<sup>۱۷</sup>

ارزیابی و مدیریت ریسک در هر سازمانی قلب سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای آن سازمان به شمار می‌رود. اگر چه این سیستم‌های مدیریتی تاکید دارند که سازمان‌ها باید روشی اجرایی و مدون برای شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک و در نهایت مدیریت ریسک خود داشته باشند اما در مقام عمل این رویه‌ها و مستندات تهیه شده در این سیستم‌ها بسیار کلی بوده و ناکارآمد هستند. اکثر فرایندهای ارزیابی و مدیریت ریسک به دلیل شکست در مرحله شناسایی و واکاوی خطرات و علت یابی آن‌ها و عدم اطمینان یافته‌ها کاربردی نیستند.<sup>۱۸</sup> سالانه هزینه‌های زیادی در زمینه ایمنی و بهداشت حرفه‌ای صرف می‌شود که به دلیل مبتنی نبودن بر الگوی موفق شناسایی، ارزیابی و اولویت بندی خطرات قادر به کاهش قابل توجه در خسارت ناشی از حوادث نمی‌شوند. یکی از دلایل این ناکارآمدی عدم هماهنگی و سازگاری فنون به کار رفته با ماهیت و سطح دانش و تکنولوژی سازمان‌ها و خدمات است. هدف از مطالعه حاضر، معرفی یک الگو ساده و

زمان و مکان های مختلف، گزارشات بررسی حوادث، مصاحبه ها و بحث گروهی متمرکز حاصل شود. همچنین از برخی از وظایف مشاغل فیلم برداری و عکس برداری شد. در برخی از موارد به منظور کسب اطلاعات دقیق تر برخی از فعالیت ها نظیر آتش نشانی از طریق مانور شبیه سازی گردید و داده ها گردآوری شد. از آنجا که رویکرد انتخاب شده در این مطالعه کیفی بود و اساس مطالعه کیفی را مشارکت کنندگان تشکیل می دهند. بنابراین به منظور مشارکت طلبی شاغلان در شناسایی خطرات از چک لیستی به منظور شناسایی خطرات، حوادث و شبه حوادث استفاده شد. مصاحبه ها به صورت بدون ساختار همراه با سوالات پیگیری انجام شدند و تا رسیدن به اشباع داده ها ادامه یافتند. در مطالعات کیفی، اشباع داده ها یعنی زمانی که داده جدیدی تولید نشود، معیار کامل بودن تولید داده ها به حساب می آید.<sup>۱۸</sup> افراد مختلف برای واکاوی وظایف و خطرات یک شغل خاص مشارکت داشتند. رویکرد انتخاب مشارکت کنندگان به روش نمونه گیری نظری بوده است. به این ترتیب که داده های تولید شده تعیین می کنند که چه گروهی به ادامه روند تولید داده ها کمک می کنند زیرا تعیین تعداد مورد نیاز شرکت کنندگان در این روش امکان پذیر نیست.<sup>۱۹</sup> مصاحبه ها با کسب اجازه از مصاحبه شوندگان ضبط و پس از هر مصاحبه، متن مصاحبه ها و مشاهدات تحریر شد. متن داده ها چندین بار توسط تیم تحقیقاتی خوانده شد تا به اصطلاح تیم تحقیق با متن مصاحبه های تولید شده آشنا شوند. در روش کیفی، واکاوی داده ها مادامی که اولین داده ها تولید و گردآوری می شوند شروع می شود. به منظور واکاوی داده های تولید شده، از روش تحلیل درون مایه ای و از دو رویکرد جزء نگر و کل نگر استفاده شد. به این ترتیب که در رویکرد جزء نگر متن مصاحبه ها خط به خط خوانده شد و اگر یک یا چندین پاراگراف معنایی را به ذهن متبادر می کرد آن بخش به عنوان واحد تحلیل انتخاب و معنای پنهان یا درون مایه آن استخراج می شد. این رویه تحلیل در کل متن مصاحبه ها انجام شد. در رویکرد کل نگر متن مصاحبه به

عنوان یک واحد معنایی در نظر گرفته شد و پس از چندین بار خواندن کل متن و کد بندی آن، مضمون ها فرعی استخراج شدند. سپس این مضمون های فرعی از لحاظ معنایی در قالب مضمون های اصلی و از لحاظ هم خانواده بودن در طبقاتی دسته بندی شدند. استفاده هم زمان از رویکرد جزء نگر و کل نگر علاوه بر اطمینان از جامع بودن تحلیل، از گم شدن داده ها جلوگیری می کند.<sup>۲۰</sup>

**تخمین ریسک:** خطرات استخراج شده از مرحله قبل در کار برگ شناسایی و واکاوی خطرات وارد شد و با استفاده از روش امتیاز اولویت ریسک ( Risk Priority Number: RPN) مقدار ریسک هر خطر تخمین زده شد. به این صورت که محققان از تلفیق استاندارد MIL-STD-882D و روش RPN در فن واکاوی اثر و حالت شکست ( Failure Mode and Effect Analysis: FMEA) جهت امتیازدهی به ریسک، طی جلسات بحث گروهی بین ارزیابان استفاده شد. تخمین ریسک در دو حالت یکی بر اساس شرایط و وضع موجود (RPN1) و دیگری شرایط فرضی اعمال پیشنهادات (RPN2) محاسبه شد.<sup>۲۱</sup>

### ارزیابی ریسک و تعیین خطرات و مشاغل

**اولویت دار:** در این مرحله لازم بود خطرات از نظر ریسکی که ایجاد می کنند مورد ارزیابی قرار گرفته و اولویت بندی شوند. به این منظور از روش حد بالای کنترل ( Upper Control Level: UCL) و حد پایین کنترل ( Lower Control Level: LCL) استفاده می شود. به منظور رتبه بندی مشاغل از لحاظ سطح ریسک، از میانگین هندسی RPN1 استفاده شد.<sup>۲۲</sup>

### واکاوی خطرات و تعیین راهکارهای کنترلی: در

ادامه مطالعه، خطراتی که اولویت ریسک آن ها فراتر از حد UCL بود مورد بررسی و واکاوی بیشتر قرار گرفتند تا اقدامات کنترلی پیشنهادی برای کاهش ریسک آن ها به محدوده تحت کنترل پیشنهاد شود. از آنجا که هدف از واکاوی بیشتر ارایه

خطرات و اقدامات کنترلی از نمودار استخوان ماهی استفاده شده است.<sup>۳</sup>

**تعیین آیین کار و شناسنامه ایمنی مشاغل:** به منظور اجرایی شدن نتایج مطالعه برای مجریان سازمان، آیین کار و شناسنامه ایمنی مشاغل مبتنی بر یافته‌های جدول‌های شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک و پیشنهادات کنترلی استخراج و تدوین شد.

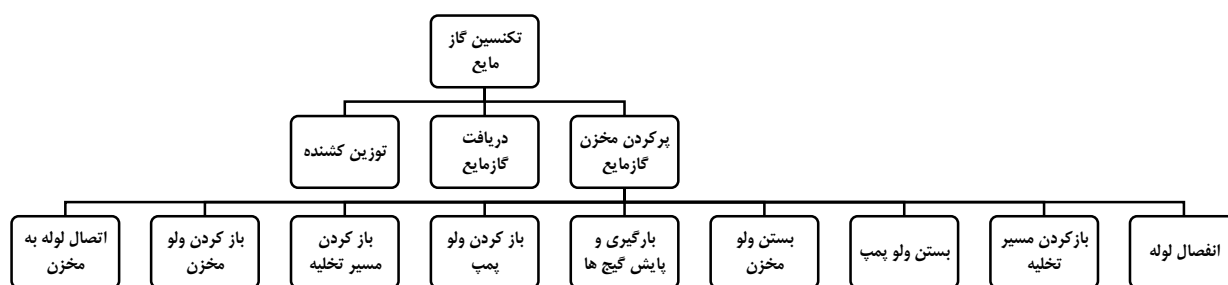
**قابلیت اعتماد و استحکام یافته‌ها:** به منظور اطمینان از استحکام یافته‌های بخش کیفی که معادل روایی و پایایی در تحقیق کمی است از چهار معیار معتبر بودن (مقبولیت) قابلیت اعتماد (همسانی)، قابلیت تایید و انتقال پذیری استفاده شد تا اصالت تجربه شرکت کنندگان در مطالعه حفظ شود.<sup>۲۳</sup> به منظور افزایش توافق بین مشاهده‌ای تخمین ریسک از دستورالعمل راهنمای یکسان استفاده شد. برای تعیین توافق که به معنای کسب نمرات یکسان توسط ارزیابان متفاوت است از شاخص همبستگی درون شاخه‌ای استفاده گردید که مورد تایید قرار گرفت.<sup>۲۴</sup>

### یافته‌ها

در این مطالعه ۴۰ شغل از انبارهای نفت و گاز مایع مختلف در سراسر کشور انتخاب شدند. هر شغل بر حسب نقش‌های اصلی، رایج یا غیر رایج بودن وظایف، انتظارات مختلف و ماهیت عملیات لایه به لایه شکسته شد. جزئیات وظایف مشاغل انبارهای نفت و گاز مایع در قالب نمودارهای مختلف که نمونه آن در شکل ۱ آمده است استخراج شده است که نشان دهنده تعدد و پیچیدگی وظایف این مشاغل است. به دلیل محدودیت تنها به ذکر یک نمونه از داده‌های تولید واکاوی شده مربوط به شغل پر کننده گاز مایع اشاره شده است.

راهکارهای کنترلی موثر است بنابراین لازم است علت‌های مستقیم، غیر مستقیم و پنهان خطرات مشخص شود تا بتوان در هر سطح حفاظت‌های موثر را برای آن‌ها پیشنهاد کرد. بنابراین در این مطالعه از یک از معروف‌ترین و مورد قبول‌ترین مدل‌های حادثه یعنی مدل حادثه مبتنی بر فاکتورهای سازمانی ریزن (۲۰۰۰) استفاده شد. بر طبق این رویکرد، مهم‌ترین علت خطا در یک سازمان، سیستم و طراحی ناقص است تا افراد. در این رویکرد، بر شرایط کار افراد تمرکز دارد و تلاش می‌کند موانعی را برای جلوگیری از رفتار نا ایمن و خطاها در راستای کاهش اثرات آن‌ها در نظر گیرد. در این رویکرد انسان غیر قابل اطمینان فرض می‌شود و همواره خطاها قابل انتظار هستند. خطاها، پیامد در نظر گرفته می‌شوند تا علت و خواستگاه آن‌ها در فاکتورهای سیستمی است تا خطاپذیری افراد.<sup>۱۲</sup>

در مرحله واکاوی خطرات از ترکیبی از روش‌های استاندارد الگوبرداری شد. ملاک انتخاب این فنون سازگاری آن‌ها با همدیگر و دستیابی به سطحی از واکاوی بوده است که امکان ارائه پیشنهادات کنترلی فراهم شود. در این مطالعه از ترکیبی از فنون واکاوی شامل درخت واقعه (Event Tree Analysis: ETA)، واکاوی درخت خطا (Fault Tree Analysis: FTA)، FMEA، و مدل انرژی هادن الگوبرداری شده است.<sup>۲۱</sup> همچنین بر اساس مدل ریزن در دو سطح شکست‌های آشکار و شکست‌های پنهان، اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه جهت حذف یا کاهش خطرات شناسایی شده برای مشاغل انبار نفت و گاز مایع بر اساس مدل انرژی هادن تعیین گردید. سلسله مراتب کنترل‌ها از لحاظ اثربخشی در پیشنهادات رعایت شد. در کل مراحل پردازش داده‌ها و هم‌زمان با کدگذاری مضمونی، یادداشت برداری نظری انجام می‌شد. فرایند یادداشت برداری نظری در شناسایی روابط بین دسته مضمون‌های مختلف و ساخت تصویر فراگیری از علل خطرات و اقدامات کنترلی بکار رفت. جهت جمع بندی علل

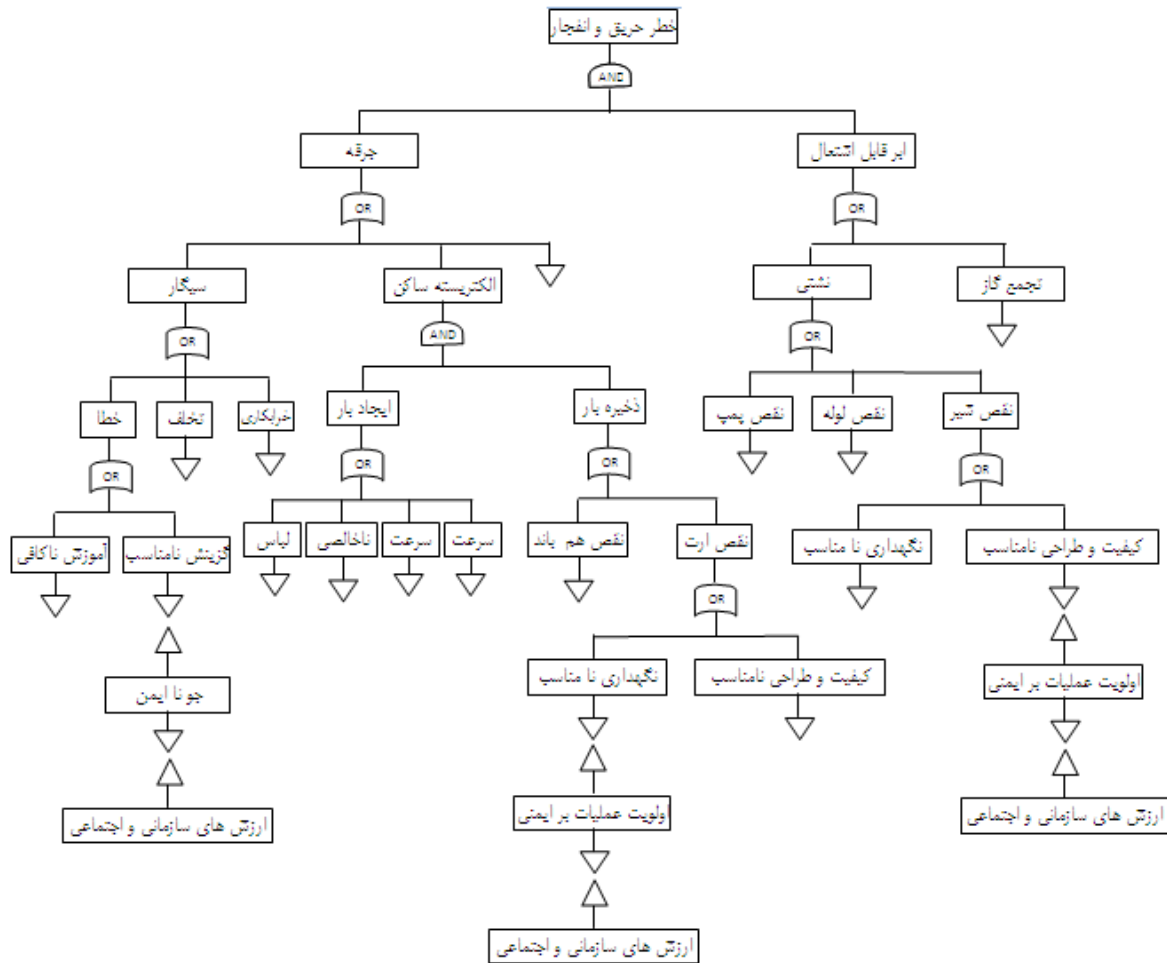


شکل ۱ واکاوی وظایف و فعالیت‌های تکنسین گاز مایع در محیط کار انبار نفت و گاز

کار، کار یکنواخت و تکراری، ریسک پذیری ذاتی، کم تخمین زدن ریسک با گذشت زمان، حواس پرتی، خستگی، عدم آگاهی، و مهارت ناکافی به عنوان شکست‌های آشکار یا علت‌های مستقیم (شرایط و رفتارهای نا ایمن) دسته بندی شد. فشار زمانی، عدم تناسب حجم خدمات با زیرساخت‌های انبار، اولویت عملیات بر ایمنی، نبود آیین کار ایمن، بی توجهی به ایمنی در فاز طراحی، جو نا ایمن حاکم، و ضعف در ارزش‌های سازمانی و اجتماعی به عنوان شکست‌های پنهان یا علت‌های ریشه‌ای (عوامل مدیریتی و سازمانی) معرفی شدند.

نمونه واکاوی خطرات به روش درخت خطا در شکل ۲ آمده است که در آن خطرات به روش قیاسی و با رویکرد بالا از سطح علت‌های مستقیم تا سطح علت‌های ریشه‌ای واکاوی شده است. این درخت کمک می‌کند توالی منطقی علت‌ها شناسایی شود که مصداق‌های علت‌های مستقیم و غیر مستقیم و ریشه‌ای مدل مفهومی ریزن است. در این نمونه، ابر قابل اشتعال، جرقه، تجمع گاز، نشستی، سیگار، ایجاد و ذخیره بار الکتریسیته ساکن به عنوان علت‌های مستقیم (منابع انرژی) دسته بندی شد.

ماشین آلات و تجهیزات غیر EX، نقص شیر، نقص لوله، نقص پمپ، خرابکاری، تخلف، خطا، نقص ارت، نقص هم باند، نبود صاعقه گیر، ناخالصی فراورده، کیفیت و نگهداری نامناسب تجهیزات، به کار گیری افراد با سابقه استعمال دخانیات، خرید تجهیزات حفاظت فردی نامناسب، شتاب در

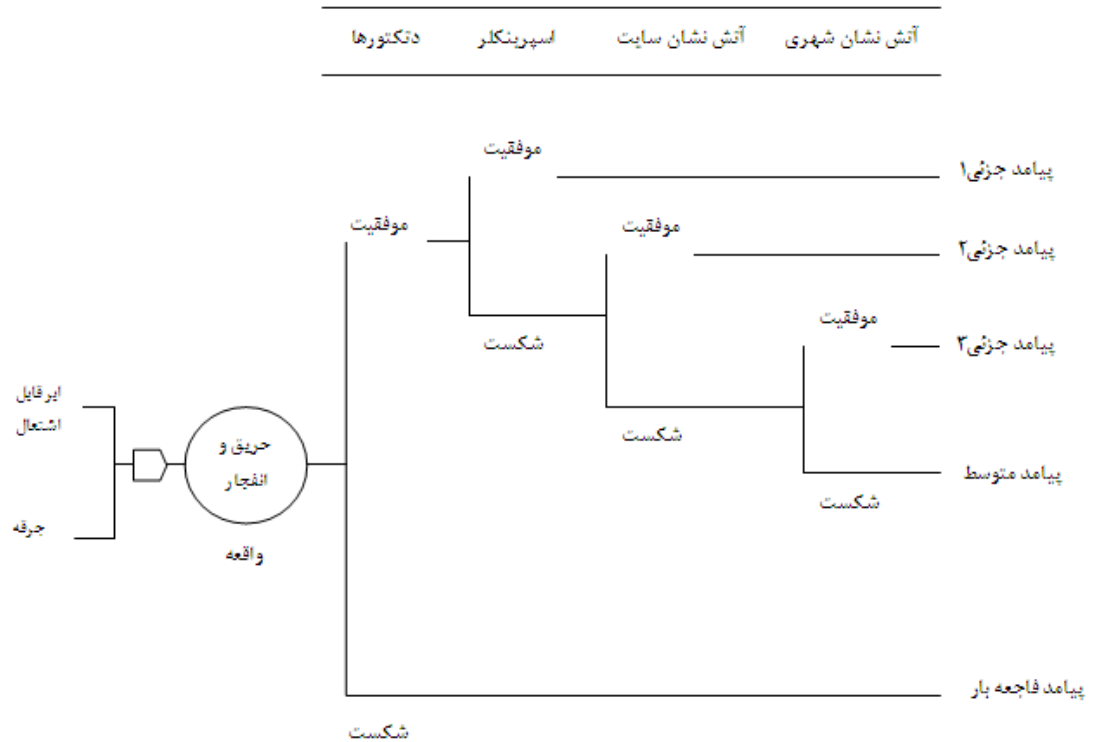


شکل ۲. برشی‌هایی از درخت خطای خطر حریق و انفجار در محیط کار در زیر وظیفه پر کردن مخزن گاز در شغل تکنسین گاز مایع

بنابراین، لازم است این دکتورها از قابلیت اعتماد بالایی برخوردار باشند و یا از افزونگی دکتورها در سایت استفاده شود تا احتمال موفقیت مرحله تشخیص افزایش یابد. موفقیت بالای این توالی باعث تخلیه به موقع افراد در سایت شده و با اطفای به موقع پیامدهای واقعه جزئی خواهد بود.

نمونه واکاوی خطرات به روش درخت واقعه در شکل ۳ نشان داده شده است. از این فن استقرار در واکاوی خطرات پس از یک واقعه اولیه نظیر حریق و انفجار و پیامدها و اقدامات کنترلی اصلاحی و پیشگیرانه استفاده شده است. درخت واقعه نمونه واکاوی شکل ۳ نشان می‌دهد که سیستم‌های اطفای حریق خودکار و پشتیبان وابستگی زیادی به تشخیص زودرس توسط دکتورها دارند.

وقایع تأثیرگذار



شکل ۳ برش‌هایی از درخت واقعه آتش سوزی در محیط کار در زیر وظیفه پر کردن مخزن گاز در شغل تکنسین گاز مایع

به دلیل گستردگی وظایف مشاغل انبار نفت و گاز مایع، متصدیان این مشاغل با خطرات متعددی مواجه هستند. نمونه الگوی تکمیل شده شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک و پیشنهادات کنترلی در شغل تکنسین گاز مایع برگرفته از فنون واکاوی خطرات و مطالعه کیفی در شکل ۴ نشان داده شده است.

| شغل             | شماره JSA      | وظیفه                               | فعالیت             | خطرات                            | اثر خطرات         | اقدامات موجود   | S | P | D | RPN 1 |
|-----------------|----------------|-------------------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------|---|---|---|-------|
| تکنسین گاز مایع | NIOPD C –TG-21 | ۱ پر کردن مخزن کاشنده‌ها ی گاز مایع | ۲۱-۹-۱ انفصال لوله | ۲۱-۱-۹ تماس چشمی یا پوستی با گاز | سوختگی پوست و چشم | بازدیدهای روتین | ۷ | ۶ | ۵ | ۲۱۰   |
|                 |                |                                     |                    | ۲۱-۱-۹ تماس ریوی با              | عوارض تنفسی       | بازدیدهای روتین | ۷ | ۶ | ۵ | ۲۱۰   |

بحی خسروی و همکاران

|     |   |   |    |                            |                          |                               |  |
|-----|---|---|----|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|--|
|     |   |   |    |                            |                          | گاز تخلیه شده                 |  |
| ۴۸۰ | ۸ | ۶ | ۱۰ | دستورالعمله ای ایمنی شفاهی | مرگ و میر/ خسارت تأسیسات | ۲۱-۱-۹-۱<br>آتش سوزی و انفجار |  |

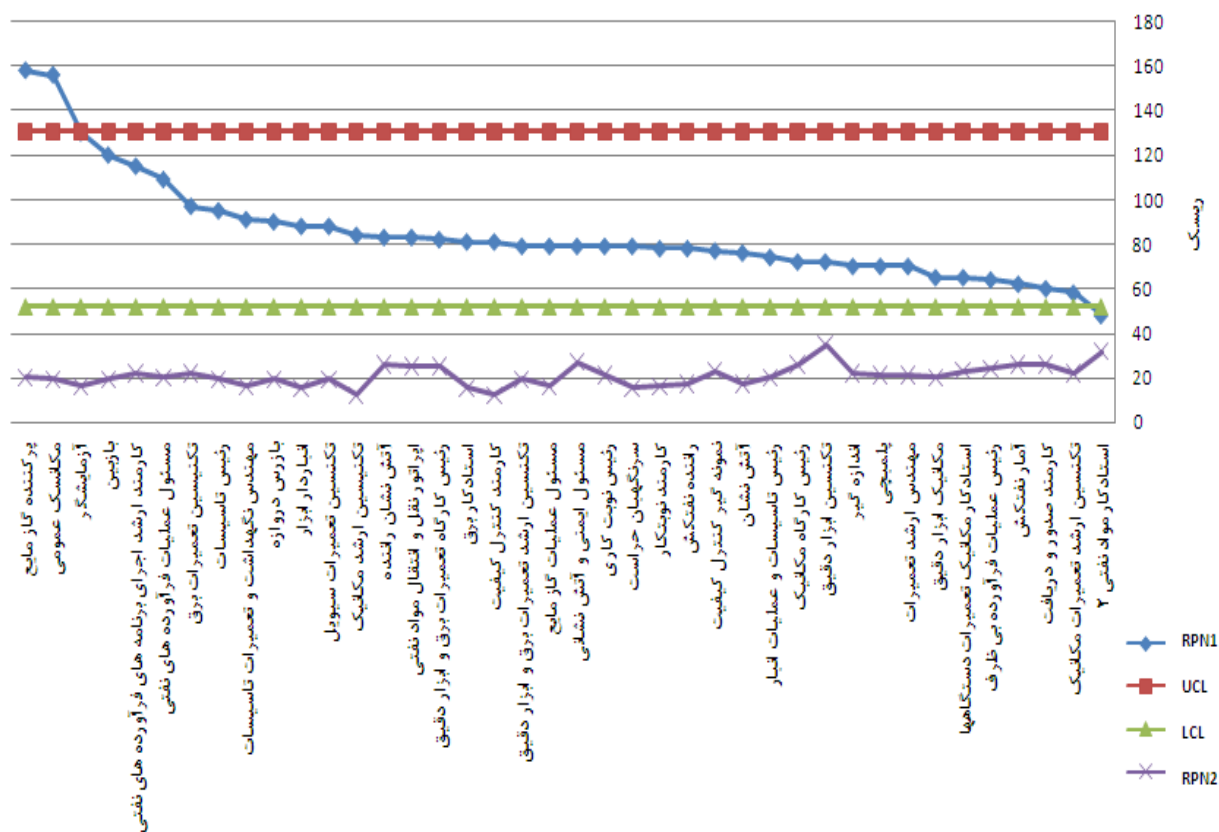
| علت مستقیم                                                                        | علت غیر مستقیم                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | علت های ریشه ای                                                                                                                                                                      | اقدامات کنترلی پیشنهادی                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | S | P | D | RPN2 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|------|
| نشستی گاز                                                                         | نقص فنی شیر، فلنج و لوله/ عدم استفاده از دستکش مقاوم و عینک ایمنی (بدون قابلیت ذخیره بار الکتریسیته) / شتاب در کار/ ریسک پذیری ذاتی/ کم تخمین زدن ریسک با گذشت زمان/ حواس پرتی/ خستگی/ عدم آگاهی/ مهارت ناکافی                                                                                                                                                                | عدم تناسب حجم خدمات با زیرساخت های انبار/ اولویت عملیات بر ایمنی/ نبود آیین کار ایمن/ رویکرد سنتی در عملیات                                                                          | تهیه آیین کار ایمن برای هر شغل / اعمال بازرسی های روتین و غیر روتین از شیر، فلنج و لوله / استفاده از دستکش مقاوم و عینک ایمنی (بدون قابلیت ذخیره بار الکتریسیته) / آموزش ایمنی کارگر بارگیری/ تهیه جعبه کمک های اولیه و آموزش کمک های اولیه                                                                                                                                                                            | ۵ | ۳ | ۲ | ۳۰   |
| نشستی گاز                                                                         | نقص فنی شیر، فلنج و لوله/ عدم استفاده از ماسک شیمیایی / شتاب در کار/ ریسک پذیری ذاتی/ کم تخمین زدن ریسک با گذشت زمان/ حواس پرتی/ خستگی/ عدم آگاهی/ مهارت ناکافی                                                                                                                                                                                                               | عدم تناسب حجم خدمات با زیرساخت های انبار/ اولویت عملیات بر ایمنی/ نبود آیین کار ایمن/ رویکرد سنتی در عملیات                                                                          | تهیه آیین کار ایمن برای هر شغل / اعمال بازرسی های روتین و غیر روتین از شیر، فلنج و لوله/ استفاده از ماسک شیمیایی (بدون قابلیت ذخیره بار الکتریسیته)/ آموزش ایمنی کارگر بارگیری/ کمک های اولیه                                                                                                                                                                                                                          | ۵ | ۳ | ۲ | ۳۰   |
| ابر قابل اشتعال/ جرقه/ تجمع گاز/ انشستی/ سیگار/ ایجاد و ذخیره بار الکتریسیته ساکن | ماشین آلات و تجهیزات غیر EX/ نقص شیر/ نقص لوله/ نقص پمپ/ خرابکاری/ تخلیف/ خطا/ نقص ارت/ نقص هم باند/ صاعقه گیر/ ناخالصی فراورده/ کیفیت و نگهداری نامناسب تجهیزات/ به کار گیری افراد با سابقه استعمال دخانیات/ خرید تجهیزات حفاظت فردی نامناسب / شتاب در کار/ کار یکنواخت و تکراری/ ریسک پذیری ذاتی/ کم تخمین زدن ریسک با گذشت زمان/ حواس پرتی/ خستگی/ عدم آگاهی/ مهارت ناکافی | فشار زمانی/ عدم تناسب حجم خدمات با زیرساخت های انبار/ اولویت عملیات بر ایمنی/ نبود آیین کار ایمن/ بی توجهی به ایمنی در فاز طراحی/ جو نا ایمن حاکم/ ضعف در ارزش های سازمانی و اجتماعی | نظارت واحد HSE بر پیمان و پیمانکاران/ استفاده از ماشین آلات و تجهیزات EX / آموزش ایمنی مبتنی بر رفتار/ تهیه آیین کار ایمن برای هر شغل / اعمال بازرسی روتین از شیر، فلنج و لوله/ بازدید روتین از تجهیزات ارت و برق گیر/ گزینش مناسب افراد / نصب گاز سنج/ طراحی اسپرینکلر / استفاده از لباس، دستکش و عینک ایمنی بدون قابلیت ذخیره بار الکتریسیته/ آموزش ایمنی کارگر بارگیری و رانندگان/ اجرای طرح واکنش در شرایط اضطراری | ۸ | ۴ | ۴ | ۱۲۸  |

شکل ۴ نمونه الگوی تکمیل شده شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک و پیشنهادات کنترلی محیط کار شغل تکنسین گاز مایع

مشاغل مورد مطالعه، مشاغل پرکننده گاز مایع ( $RPN1=158$ )، مکانیک عمومی ( $RPN1=156$ ) و آزمایشگر ( $RPN1=130$ ) بالاترین سطح ریسک را دارند که فراتر از حد  $UCL$  است و شغل استاد کار مواد نفتی ( $RPN1=48$ ) کمترین سطح ریسک را دارد و زیر حد  $LCL$  است. میزان ریسک سایر مشاغل در حد تحت کنترل (بین  $UCL$  و  $LCL$ ) هستند. در صورت اعمال مفاد شنا سنامه و آیین کار ایمن برای هر شغل، سطح ریسک مشاغل به زیر حد  $LCL$  و محدوده ریسک ناچیز خواهد رسید.

یکی از یافته‌های کاربردی این مطالعه شناسنامه ایمنی و بهداشت کار مشاغل است. در این شناسنامه مواردی نظیر شرح وظایف، خطرات و عوامل زیان آور محیط کار، میزان  $RPN$  کلی، وضعیت سخت و زیان آور بودن، ویژگی‌های شاغل (دانش، مهارت و توانایی‌ها)، شرایط احراز (دوره‌های آموزشی، گواهی‌نامه و استانداردها) و آیین کار ایمن آمده است.

همان‌طور که از شکل ۵ پیداست مقایسه امتیاز ریسک کلی هر شغل که از طریق میانگین هندسی ریسک خطرات وظایف مختلف هر آن شغل بدست آمده است نشان می‌دهد از میان



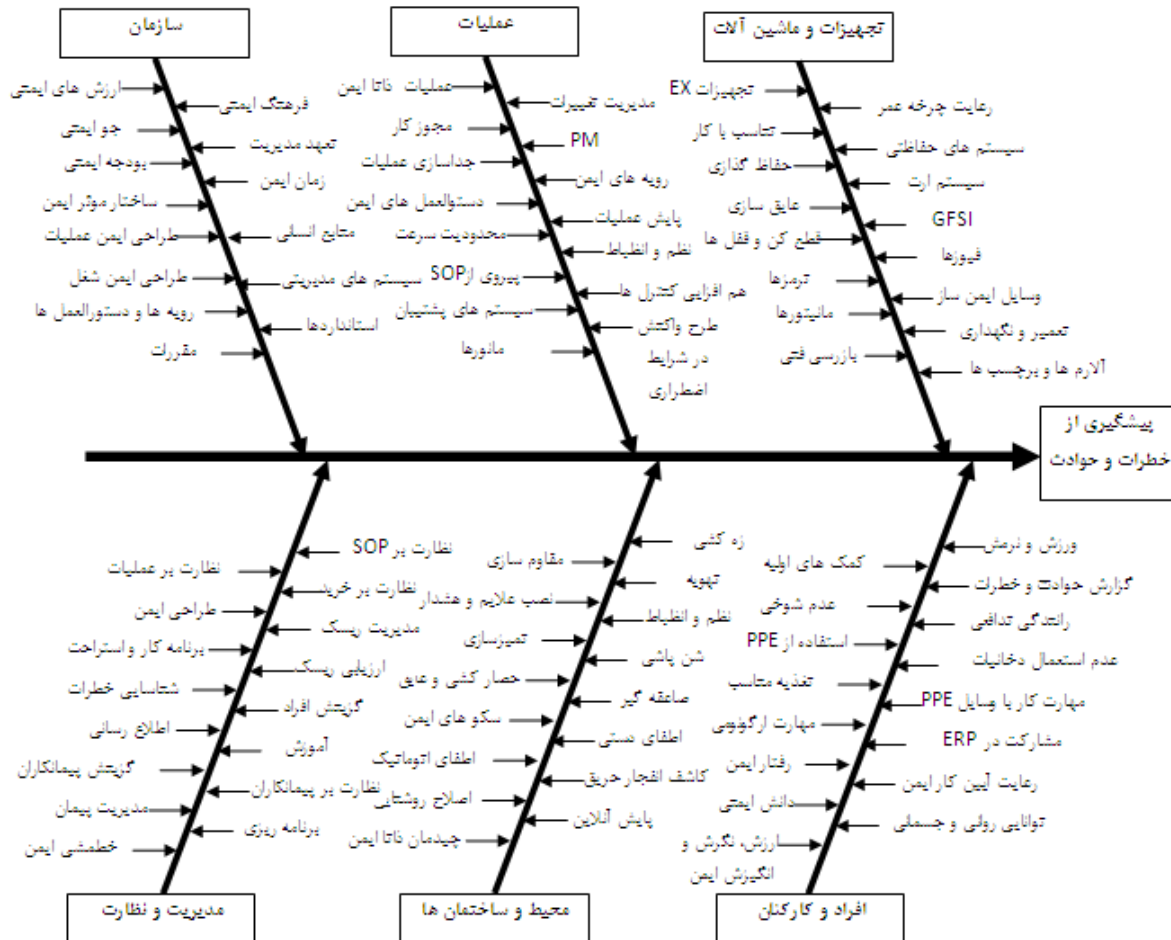
شکل ۵ نمودار مقایسه ریسک مشاغل محیط کار انبار نفت و گاز و مایع

شده است. هر چقدر اقدامی از سر ماهی دورتر باشد ریشه‌ای‌تر بوده و بر علت‌های دور تأثیرگذار است. این نمودار نشان می‌دهد که عوامل مختلفی به صورت سلسله مراتبی از نزدیک به دور

شکل ۶ نمودار استخوان ماهی علل خطرات و اقدامات کنترلی و پیشگیرانه مشاغل انبارهای نفت و گاز را نشان می‌دهد. این نمودار از تحلیل محتوای واکاوی خطرات مشاغل استخراج

شاخه تجهیزات و ماشین آلات، کنترل‌های نظیر استفاده از تجهیزات ذاتاً ایمن (تجهیزات ضد جرقه EX) سیستم‌های حفاظتی، استفاده از ماشین در چرخه عمر آن نسبت به آلام‌ها، مانیتورها و تعمیر و نگهداری و بازرسی قابل اعتماد تر و موثر تر هستند.

شامل افراد و کارکنان، تجهیزات و ماشین آلات، محیط و ساختمان، عملیات، مدیریت و نظارت و سازمان در ایجاد خطرات و رخداد حوادث در انبارهای نفت و گاز نقش دارند. همچنین این نمودار نشان می‌دهد که در هر عامل نیز هر چقدر هدف مداخله به انتهای استخوان نزدیک‌تر باشد آثار مداخله قابل اعتماد تر و موثر تر و هزینه برتر خواهد بود. به عنوان نمونه در



شکل ۶ نمودار استخوان ماهی علل خطرات و اقدامات کنترلی و پیشگیرانه مشاغل انبارهای نفت و گاز

در نهایت ارایه راهکارهای ا صلاحی و پی‌شگیرانه انجام شد. از آنجا که ماهیت وظایف مشاغل انبار نفت و گاز مایع و خطرات این مشاغل بسیار گسترده بود گروه تحقیق بر آن شد از ترکیبی از فنون واکاوی وظایف و خطرات و ارزیابی ریسک استفاده کند.

## بحث

هدف از مطالعه حاضر معرفی یک الگو اجرایی جهت شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک مشاغل انبار نفت و گاز مایع و ارایه راهکارهای بهبود تعیین شد. این مطالعه تلفیقی از طریق واکاوی وظیفه، شناسایی خطرات، ارزیابی و واکاوی خطرات و

در این مطالعه ۴۰ شغل از انبارهای نفت و گاز مایع مختلف در سراسر کشور انتخاب شدند. واکاوی ایمنی شغل یکی از روش‌های شناسایی و تجزیه و تحلیل برای سازمان‌هایی است که ماهیت فعالیت آن‌ها خدماتی و مبتنی بر شغل است. بنابراین این تکنیک جهت شناسایی و ارزیابی خطرات انتخاب شده است.

طبق مطالعات گذشته به منظور کاهش هزینه‌ها و سوگیری دقیق روند مدیریت ریسک لازم است که در ابتدا از فنون واکاوی خطرات کیفی، کلی و جامع استفاده شود و در ادامه به منظور ارزیابی دقیق‌تر خطرات خاص از روش‌های دقیق، خاص و جزئی استفاده شود.<sup>۲۵</sup> در این مطالعه نیز به تبعیت از مطالعات گذشته، فنون واکاوی وظیفه به عنوان مبنای ترین روش جهت شکستن وظایف به زیر وظایف و فعالیت‌ها انتخاب شد. بدین ترتیب که پس از انجام مراحل گام به گام و به روش مشاهده یک به یک، مشاغل انبارهای نفت و گاز به وظایف و زیر وظایف و فعالیت‌های آن‌ها شکسته شد. در این مرحله علاوه بر مشاهده وظایف و فعالیت‌ها، به دلیل مشکلاتی نظیر نبود شرح وظایف مشخص، پژوهشگران در برخی موارد با همکاری متصدیان مشاغل، وظایف و فعالیت‌ها را جهت شناسایی خطرات شبیه سازی نمودند. شکست وظایف باعث شناسایی جامع و قابل اعتماد خطرات خواهد شد. نتایج این مطالعه نشان داد که وظایف مشاغل انبارهای نفت و گاز فراتر از شرح وظایف ابلاغی آن‌ها بوده و نشان دهنده تعدد و پیچیدگی وظایف این مشاغل است. به منظور شناسایی خطرات، تعیین اثر خطرات و اقدامات کنترلی موجود از ساختار کاربرگ FMEA استفاده شد. از آنجا که این ساختار به خودی خود منجر به شناسایی خطرات نمی‌شود<sup>۲۱</sup>. بنابراین، از روش‌های کیفی و رویکردهای تلفیقی جهت شناسایی خطرات استفاده شد. مطالعات گذشته نشان داده‌اند که روش کیفی به دلیل استفاده از تجربیات کارگران و کارشناسان می‌تواند یکی از روش‌های قابل اعتماد شناسایی خطرات باشد<sup>۲۶، ۱۸</sup>.

از آنجا که الف) شماری از خطرات، نسبت به برخی دیگر، در درجه‌ای بالاتر از اهمیت قرار دارند. ب) منابع و امکانات محدود است و هرگز نیروی انسانی و مالی کافی برای واکاوی و کنترل همه خطرات در دسترس نیست و ج) در صورتی امکان تهیه بهترین شرایط برای کارگران، کارفرما و جامعه فراهم است که منابع در دسترس، به گونه‌ای موثر و اقتصادی برای کنترل خطرات به کار گرفته شود، لازم بود خطرات از نظر ریسکی که ایجاد می‌کنند مورد ارزیابی قرار گرفته و اولویت بندی شوند<sup>۲۱</sup>. مطابق با مطالعات گذشته یکی از کاستی‌های ارزیابی کیفی ریسک، جنبه ذهنی بودن آن است و مقدار RPN که به هر خطر اختصاص می‌یابد معمولاً ذهنی بوده و ممکن است از فردی به فرد دیگر متغیر باشد<sup>۲۷</sup>. بنابراین به منظور رفع این کاستی در مطالعه حاضر، پژوهشگران در مطالعه حاضر قواعد تصمیم‌گیری موجود در روش FMEA را برای تعیین میزان شدت اثر، احتمال وقوع و قابلیت کشف خطر توسعه دادند و برای محیط کار بومی کردند. این قواعد تصمیم‌گیری این امکان را فراهم آوردند که نتایج بدست آمده از قابلیت اعتماد بالاتری برخوردار شود<sup>۲۷</sup>. با استفاده از RPN1 های بدست آمده، امکان رتبه بندی ریسک خطرات به تفکیک فعالیت‌ها، وظایف و یا مشاغل فراهم شده است. به عنوان نمونه، در شغل مسئول ایمنی و آتش نشانی بیشترین ریسک مربوط به فعالیت حضور در فضاهای محصور و کم‌ترین مقدار ریسک مربوط به خطر برخورد با موانع در فعالیت بازدید از محیط کار بوده است.

یکی از نقاط قوت این مطالعه استفاده در روش‌های استقرایی و قیاسی در واکاوی خطرات و دسته بندی علت‌های مستقیم، غیر مستقیم و ریشه‌ای بر اساس مدل‌های معروف سازمانی ریزن و مدل انرژی هادن بوده است. استفاده از مدل‌ها و فنون مکمل در واکاوی خطرات باعث پوشش کامل علت‌ها، دسته بندی راحت‌تر آن‌ها و ارزیابی اقدامات کنترلی مناسب و موثر خواهد شد<sup>۲۱</sup>. در ارزیابی اقدامات پیشنهادی سعی بر آن بوده است که سلسله مراتب اقدامات کنترلی رعایت شود. مطالعات گذشته نشان

یکی از یافته‌های این مطالعه استخراج نمودار استخوان ماهی علل و اقدامات کنترلی و پیشگیرانه است که در آن اولویت‌های مداخله مشخص شده است. به عبارتی، این نمودار می‌تواند در سطح بندی اولویت مداخلات و نحوه هدایت مداخلات پیشنهادی بسیار یاری رسان باشد.

## نتیجه‌گیری

یافته‌های این مطالعه امکان مقایسه سطح ریسک مشاغل را فراهم کرده است. به طوری که مشاغل پرکننده گاز مایع، مکانیک عمومی و آزمایشگر به عنوان اولویت مداخله معرفی می‌کند که با اعمال مفاد شنا سنامه و آیین کار ایمن برای هر شغل، سطح ریسک این مشاغل به محدوده ریسک ناچیز خواهد رسید. این اولویت بندی می‌تواند در اختصاص منابع به شغل‌های مختلف کمک کننده باشد. یافته‌های این مطالعه نشان داد که به منظور پیشگیری از خطرات و حوادث در انبارهای نفت و گاز بایستی مداخلات مختلفی به صورت ترکیبی اجرا شود. هر چقدر تمرکز بر عوامل دور بیشتر باشد علل خطرات به صورت ریشه‌ای‌تر کنترل می‌شوند و مداخله انجام شده موثرتر خواهد بود البته این نوع مداخلات طولانی مدت بوده، از پیچیدگی بیشتری برخوردار بوده و آثار آن‌ها در طولانی مدت ظاهر می‌شود.

## تقدیر و تشکر

این مطالعه از طریق طرح ارتباط صنعت با دانشگاه توسط شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی ایران حمایت مالی شده است. از همکاری کلیه کارکنان انبارهای نفت کشور و آقایان مهدی یوسفی و علی ابراهیم نژاد تشکر و قدردانی گردد.

داده‌اند که در هنگام ارایه پیشنهادات بایستی ترتیب اقدامات مهندسی، مدیریتی، دستورالعملی و فردی رعایت شود چرا که اقدامات مهندسی به دلیل قابلیت اعتماد بالا نسبت به اقداماتی که به انسان مربوط می‌شوند (نظیر دستورالعمل‌ها و وسایل حفاظت فردی) اثربخشی بیشتری دارند و انسان به دلیل خطای انسانی استعداد تخلف در روند کنترل خطرات، پایین‌ترین اعتمادپذیری را دارا بوده و اقداماتی که مبتنی بر اطمینان به انسان باشد کم‌ترین اثربخشی را دارند<sup>۲۸</sup>. به عنوان نمونه، در کنترل سرو صدا در اتاقک نگهداری سعی شد که اقدامات مهندسی نظیر جایگزینی نفت کش‌های فرسوده، جایگزینی مکان اتاق نگهداری به سمت مخالف خروجی آگروز غالب نفت کش‌ها، درزگیری منافذ و اصلاح ثابت اتاق نگهداری، بر اقداماتی نظیر استفاده از گوشی مناسب در اولویت قرار گیرد.

از آنجا که یکی از اهداف ارزیابی ریسک تعیین وضع موجود و برنامه ریزی و میزان اختصاص منابع لازم جهت دستیابی به وضع مطلوب است<sup>۲۹</sup>، در این مطالعه RPN2 پس از اعمال اقدامات کنترلی پیشنهادی نیز پیش بینی شده است. این RPN2 امکان برنامه ریزی و تعیین اهداف مشخص و قابل اندازه گیری را فراهم آورده است.

یکی از نتایج کاربردی این مطالعه طراحی شناسنامه ایمنی مشاغل است. به عبارتی نتیجه گیری این مطالعه در این شناسنامه آمده است. در این شناسنامه که مواردی نظیر شرح وظایف، خطرات و عوامل زیان آور محیط کار، میزان RPN کلی، وضعیت سخت و زیان آور بودن، ویژگی‌های شاغل (دانش، مهارت و توانایی‌ها)، شرایط احراز (دوره های آموزشی، گواهی نامه و اسنادها) و آیین کار ایمن آمده است، مجموعه‌ای کاربردی جهت تصمیم گیری در سطوح مختلف و لایه‌های سازمان به شمار می‌رود.

## References

- Ahmadi O, Mortazavi SB, Mahabadi HA. Review of atmospheric storage tank fire scenarios: Costs and causes. *Journal of Failure Analysis and Prevention* 2020;20: 384-405.
- Jiang D, Pan X-H, Hua M, et al. Assessment of tanks vulnerability and domino effect analysis in chemical storage plants. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2019;60: 174-82.
- Chang JI, Lin C-C. A study of storage tank accidents. *Journal of loss prevention in the process industries* 2006;19(1): 51-9.
- Yang R, Gai K, Yang F, et al., editors. Simulation analysis of propylene storage tank leakage based on ALOHA software. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*; 2019: IOP Publishing.
- Guo X, Ji J, Khan F, et al. Fuzzy Bayesian network based on an improved similarity aggregation method for risk assessment of storage tank accident. *Process Safety and Environmental Protection* 2021;149: 817-30.
- Halloul Y, Chiban S, Awad A. Adapted fuzzy fault tree analysis for oil storage tank fire. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects* 2019;41(8): 948-58.
- Sarvestani K, Ahmadi O, Mortazavi SB, Mahabadi HA. Development of a predictive accident model for dynamic risk assessment of propane storage tanks. *Process Safety and Environmental Protection* 2021;148: 1217-32.
- Pouyakian M, Jafari MJ, Laal F, et al. A comprehensive approach to analyze the risk of floating roof storage tanks. *Process Safety and Environmental Protection* 2021;146: 811-36.
- Sarvestani K, Ahmadi O, Alenjareghi MJ. LPG Storage Tank Accidents: Initiating Events, Causes, Scenarios, and Consequences. *Journal of Failure Analysis and Prevention* 2021;21(4): 1305-14.
- Virdi PS, Pamnani G. Human error identification and risk prioritization in LPG unloading operations. *International journal of occupational safety and ergonomics* 2023;29(1): 392-406.
- Mohsin M, Zhan-ao W, Shijun Z, et al. Risk prioritization and management in gas stations by using fuzzy AHP and IPA analysis. 2021.
- Reason J. Human error: models and management. *Bmj* 2000;320(7237): 768-70.
- Huang W, Shuai B, Zuo B, et al. A systematic railway dangerous goods transportation system risk analysis approach: The 24 model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2019;61: 94-103.
- Argyropoulos C, Christolis M, Nivolianitou Z, Markatos N. A hazards assessment methodology for large liquid hydrocarbon fuel tanks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2012;25(2): 329-35.
- Jafari M, Kouhi F, Movahedi M, Allah-Yari T. The effect of job safety analysis on risk perception of workers at high risk jobs in a refinery. *Iran Occupational Health* 2010;6(4): 15-28.
- Yosefi M, Farshad A, Arghami S. Hazard analysis of seismic operation jobs through JSA. *Iran Occupational Health* 2006;3(4): 39-45 (Persian).
- Ikwan F, Sanders D, Hassan M. Safety evaluation of leak in a storage tank using fault tree analysis and risk matrix analysis. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2021;73: 104597.
- Fofana F, Bazeley P, Regnault A. Applying a mixed methods design to test saturation for qualitative data in health outcomes research. *PloS one* 2020;15(6): e0234898.
- Hennink M, Kaiser BN. Sample sizes for saturation in qualitative research: A systematic review of empirical tests. *Social Science & Medicine* 2022;292: 114523.
- Humble N, Mozellius P, editors. Content analysis or thematic analysis: Similarities, differences and applications in qualitative research. *European Conference on Research Methodology for Business and Management Studies*; 2022.
- Ericson CA. Hazard analysis techniques for system safety: John Wiley & Sons; 2015.
- Khanzode VV, Maiti J, Ray P. A methodology for evaluation and monitoring of recurring hazards in underground coal mining. *Safety Science* 2011;49(8-9): 1172-9.
- Connelly LM. Trustworthiness in qualitative research. *Medurg nursing* 2016;25(6): 435.
- Sainani KL. Reliability statistics. *PM&R* 2017;9(6): 622-8.
- Tixier J, Dusserre G, Salvi O, Gaston D. Review of 62 risk analysis methodologies of industrial plants. *Journal of Loss Prevention in the process industries* 2002;15(4): 291-303.
- Khosravi Y, Asilian Mahabadi H, Hajizadeh E, et al. Why construction workers involve in unsafe behaviors? Part A: A qualitative research. *Iran Occupational Health* 2014;11(1): 55-69 (Persian).
- Sharma RK, Kumar D, Kumar P. Systematic failure mode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling. *International Journal of Quality & Reliability Management* 2005;22(9): 986-1004.
- Manuele FA. Risk assessment & hierarchies of control. *Professional Safety* 2005;50(5): 33.

## Health and safety assessment of the working environment in oil and gas terminals in Iran

Yahya Khosravi<sup>1,2,3</sup>, Narmin Hassanzadeh-Rangi<sup>1,2\*</sup>, Mohamadreza Hassanbaigi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

<sup>2</sup>Research Center for Health, Safety and Environment, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

<sup>3</sup>Non-Communicable Diseases Research Center, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

<sup>4</sup>Occupational Health engineering, Health, Safety and Environment Department, National Iranian oil products Distribution Company (NIOPDC), Tehran, Iran

Email: narminhasanzadeh@yahoo.com

Received: 17 September 2023, Accepted: 12 December 2023

### ABSTRACT

**Background:** Oil and gas terminals are considered key facilities in every country. The present study aimed to provide a combined model to assess the health and safety of the oil and gas working environment and other similar industries and services.

**Methods:** In this qualitative study, data were collected and produced by the methods of field survey, document review, individual interview, focus group interview and focus group discussion. A combination model of techniques including task analysis, effect, and failure mode analysis, event tree analysis, fault tree analysis, and fishbone diagram, was introduced and used to evaluate the health and safety of the work environment.

**Results:** Oil and gas terminal jobs have both many tasks and hazards. Among the studied jobs, liquid gas loaders (RPN1=158), general mechanics (RPN1=156), and lab technicians (RPN1=158) had the highest levels of risk that were over upper control while oil material masters had the lowest level of risk that was under lower control. Other jobs were under control.

**Conclusion:** Applying the corrective and preventive suggestions presented in the cause-control fishbone diagram and safe work procedures for each job, the risk level of the studied workplace can be reduced below the control limit and the negligible risk range. Other industries and services can use the combined model in workplace risk management.

**Keywords:** Risk assessment, Health, Safety, Environment, Oil terminal.