



ارزیابی ریسک پالایشگاه گازی ایلام با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغلی (JSA) و مدل‌سازی آن در نرم افزار PHA-pro

رضا حاجی محمدی*

گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

Email: R_hajimohamadi@iau-ahar.ac.ir

علیرضا عیوض‌زاده

گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

آرش حاتمی

گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

چکیده

در این تحقیق از روش JSA به منظور ارزیابی ریسک خطرات و ریسک‌های ایمنی موجود در پالایشگاه گازی ایلام استفاده شده است، به طوری که ابتداء عوامل تأثیرگذار بر ایمنی از طریق تهیه چک لیست مشخص گردید و سپس با استفاده از روش ذکر شده اقدام به ارزیابی ریسک مورد مطالعه شد و سپس با استفاده از نرم افزار PHA-pro نتایج به دست آمده مدل‌سازی شد. نتایج نشان داد از ۱۵ مورد ریسک‌های شناسایی شده ۷ مورد دارای عدد ریسک بالاتر از ۱۴ بود که می‌توان گفت تقریباً ۴۶ درصد فعالیت‌ها در منطقه با ریسک بالا قرار داشتند. بیش‌ترین مقادیر مربوط به چک نمودن سیل پات‌ها در واحد بازیافت گوگرد که پیامد آن پاشش گوگرد در محوطه بیرون از سیل پات و ایجاد سوختگی و مرگ می‌باشد که اقدام اصلاحی آن استفاده از محافظ صورت، لباس کار و دستکش نسوز بود. فعالیت بعدی که دارای عدد ریسک بالا بود بارگیری LPG است که پیامد عدم نصب صحیح اتصالات و نشت گاز و آتش سوزی/ انفجار و آسیب به فرد و تجهیزات بود و اقدام اصلاحی آن نصب سیستم کاشف گاز، آتش و قطع خودکار فرآیند بارگیری می‌باشد. پیداست پس از اعمال پیشنهادات کنترلی تعداد موارد با ریسک بالا از ۷ مورد به ۱ کاهش پیدا کرده است و نمودار ستونی مدل‌سازی به منطقه امن انتقال پیدا کرده است. به عبارتی قبل از انجام اقدامات کنترلی ۴۶ درصد فعالیت‌ها در منطقه ریسک بالا، ۲۶ درصد در منطقه متوسط و ۲۸ درصد در منطقه ریسک پایین بودند که پس از اقدامات کنترلی تنها ۶ درصد ریسک‌ها در منطقه پر خطر و ۱۳ درصد از ریسک‌ها در منطقه متوسط و ۸۱ درصد آن‌ها در منطقه ریسک پایین یا امن قرار گرفتند.

کلید واژه: ارزیابی ریسک، عدد ریسک، پالایشگاه گاز ایلام، مدل‌سازی، نرم افزار PHA-pro، اقدام کنترلی.

مقدمه

پتروشیمی و نیروگاه‌ها همواره با شدت و تواتر بالایی همراه بوده‌اند.

از آنجا که وقوع حوادث در صنایع مزبور، موجب ایجاد آسیب و خسارت به تولید، نیروی انسانی، مواد شیمیایی، تجهیزات و در نتیجه از بین رفتن بخش بزرگی از سرمایه‌های ملی می‌شود، شناسایی ریسک‌ها و ارزیابی آن‌ها، اولین گام در توسعه ایمنی و بهداشت در صنایع فرآیندی خواهد بود [۲-۳].

از سوی دیگر برای پوشش ریسک صنایع نفت، گاز و پتروشیمی مانند هر صنعت دیگری، بیمه به عنوان یک ابزار، نقش مهمی در انتقال ریسک از این صنایع به عهده دارد که از آن طریق امکان توزیع ریسک میان بیمه‌گران و بیمه‌گذاران یا بیمه‌گران و بیمه‌گرایان فراهم می‌شود؛ بنابراین یکی از اهداف اصلی که شرکت‌های بیمه باید دنبال کنند، ارزیابی ریسک حوزه مورد مطالعه آن‌هاست.

ارزیابی ریسک‌های موجود در پالایشگاه‌ها به صورت کیفی و پس از مشاهده میدانی، بررسی مدارک، مصاحبه با پرسنل و برگزاری جلسات با مدیران بخش‌های مختلف پالایشگاه نظیر مدیریت پالایش، ابزار دقیق، مدیریت دفتر خدمات فنی، نگهداری و تعمیرات، مدیریت یکپارچه سیستم‌ها، HSE و... توسط ارزیاب ریسک انجام و گزارش تهیه شده در اختیار بیمه‌گر قرار می‌گیرد.

پیش از ارزیابی ریسک‌های یک سیستم، احتمال وقوع و شدت وقوع ریسک‌های آن سیستم باید اندازه‌گیری شوند. روش‌های بسیار زیادی برای اندازه‌گیری این دو کمیت وجود دارد. در حوزه ریسک‌های مرتبط با نفت و گاز روش‌های مختلفی توسط محققان توصیه شده است. هدف گزارش ارزیابی ریسک، بررسی ریسک و شناسایی ویژگی‌های غیرمعمول که می‌تواند بر صدور بیمه‌نامه تاثیر بگذارد و ارائه توصیه‌هایی برای بهبود ریسک است. اگر گزارشی نشان‌دهنده بی‌کیفیت بودن ریسک باشد باعث می‌شود تا بیمه‌گر از ارائه شرایط خودداری کند، حق بیمه بالاتری دریافت کند، یا پوشش را محدود کند [۴-۵].

صنعت نفت از صنایع ریسکی است. نفت و گاز از یک سو سرمایه ملی کشورهاست و از سوی دیگر شرکت‌های نفتی معمولاً با انعقاد قراردادهایی که ریسک را بر دوش شرکت نفتی می‌گذارند وارد این صنعت می‌شوند. ریسک‌های زیادی در صنعت نفت وجود دارند که اگر هر کدام از آن‌ها حادثه‌ای ایجاد کند، به طور حتم خسارات زیادی به بار می‌آورد. طرفین قرارداد نفت و گاز (کارفرما و پیمانکار) در مواجهه با این ریسک‌ها معمولاً دو رویکرد و روش را پیش می‌گیرند: مدیریت و توزیع ریسک بین یکدیگر و بیمه کردن این ریسک‌ها و مخاطرات.

بنابراین ریسک‌ها باید یا بین طرفین قراردادهای نفتی تقسیم شوند یا به شخص ثالث (یعنی بیمه‌گر) انتقال یابند. شرکت‌های نفت و گاز در فعالیت‌های خود در معرض عدم اطمینان بسیاری از منابع قرار دارند [۱].

خرید بیمه یک عمل معمول برای محافظت از خود در برابر خسارات زیاد احتمالی است. برای خرید یک بیمه‌نامه مناسب (با پوشش کافی)، شرکت باید میزان اکسپوزر ریسک را تخمین زده و پارامترهای مناسب قرارداد را تعریف کند. هرچند، برآورد خسارت همچنان کار سختی است. برای این منظور یک راهکار مهم برای توصیف مناسب ریسک حوادث، مطالعه ایمنی فرآیند است.

ارزیابی و مدیریت ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در ایران، باتوجه به ماهیت خطرآفرین این صنعت و ارزش‌های بالای سرمایه‌ای موجود در آن از اهمیت بالایی برخوردار است. لزوم بیمه کردن تمام بخش‌های این صنعت در تمامی مراحل ساخت، اجرا، آزمایش و بهره‌برداری به شدت احساس می‌شود.

بررسی آمار و گذشته حوادث در هر صنعتی همواره راه‌گشای مسیر آینده آن صنعت خواهد بود. آمار نشان می‌دهد که تعداد حوادث و خسارات ناشی از آن‌ها در بخش صنایع انرژی شامل بخش‌های مختلف صنایع نفت، گاز،

حیاتی ایمنی. مرور درس‌های ناشی از حوادث و اطمینان از کفایت اقدامات موجود، جزء مهمی از هر سیستم مدیریت ایمنی فرآیند یکپارچه است [۶].

امروزه با توسعه و گسترش صنایع و پیچیدگی تکنولوژی‌های به کار رفته، ایجاد هر گونه حادثه در سیستم سبب اتلاف سرمایه‌های مالی و انسانی بسیار خواهد شد که در اغلب موارد غیر قابل جبران خواهد بود. پیشرفت روز افزون صنایع و ایجاد محیط‌های کاری جدید، نیاز به ارتقای سطح ایمنی و پیشگیری از بروز حوادث را افزایش داده است. در عصر توسعه صنایع و پیشرفت تکنولوژی، کارخانجات نقش مهمی در فرایند تولید و چرخه اقتصادی کشورها به عهده دارند و کارگران به عنوان عوامل انسانی جهت استفاده از تکنولوژی برتر، از سرمایه‌های با ارزش محسوب می‌گردند، لذا حفظ و ارتقاء توانایی‌های جسمانی و روانی کارگران به عنوان نیروی مولد محور توسعه جامعه از ضرورت‌های حتمی می‌باشد.

در حقیقت نیروی انسانی به عنوان مهم‌ترین عامل در تولید و خدمات همواره توسط عوامل متعددی تهدید می‌شود که یکی از مهم‌ترین آن‌ها حوادث ناشی از کار می‌باشد [۷]. شرایط کاری خطرناک و پیچیده، پیشرفت فناوری و افزایش کاربرد ماشین‌آلات متنوع و وجود انواع عوامل زیان‌آور بهداشتی روند خطر زایی و احتمال بروز حوادث در محیط‌های کاری را افزایش داده است. آمارهای سازمان بین‌المللی کار نشان می‌دهد بطور متوسط سالانه ۲۵۰ میلیون حادثه شغلی در جهان رخ می‌دهد.

میزان مرگ و میر ناشی از حوادث شغلی ۳۱ نفر در هر صد هزار نفر است. همچنین آمارها نشان می‌دهد هزینه متوسطی که جوامع انسانی به طور مستقیم یا غیرمستقیم در قبال حوادث می‌پردازند در حدود ۱ درصد از متوسط تولید ناخالص ملی کشورهای جهان است. این نرخ چیزی در حدود رشد اقتصادی یکساله برخی کشورهاست. کشورهای در حال توسعه ۶۱ درصد از نیروی کار جهانی را دارا می‌باشند. مطالعات نشان می‌دهد هزینه‌های ناشی از حوادث و

یک ارزیاب ریسک با دانش و تجربه فناوری خاص باید بتواند موضوع ریسک را به روشنی توضیح و توصیه‌های مناسبی ارائه دهد. شرکت‌های بزرگ بیمه، بیمه‌گران اتکایی و کارگزاران دارای تیم‌هایی از ارزیابان ریسک هستند که معمولاً به روشی کاملاً استاندارد و با روال مشخص و فرمت‌های گزارش از جمله مقرراتی برای کنترل آنچه در گزارش ارائه می‌شود و نحوه تفسیر آن کار می‌کنند. با ورود به عصر کلان داده‌ها و تحلیل، داده‌های خسارت یک منبع ارزشمند است که می‌تواند ارتباط بین علل خسارت‌ها، شیوه‌های مدیریت ریسک و نتایج احتمالی را نشان دهد. بررسی حوادث گذشته نشان می‌دهد که حوادث جزئی به صورت غیرقابل کنترل افزایش یافته و منجر به وقوع حوادث بزرگ شده است.

پیامدهای آن رویدادها منجر به آسیب‌های عمده فیزیکی و سایر آثار مهم شده است. بنابراین در این تحقیق مروری بر حوادث گذشته و درس‌آموزی از آن‌ها مورد توجه قرار گرفت. مطالعه این بخش می‌تواند انگیزه‌ای برای سازمان‌ها باشد تا اطلاعات مربوط به خسارت‌های صنعت را جمع‌آوری و به اشتراک بگذارند. بررسی‌ها نشان می‌دهد تقریباً ۴۳ درصد از خسارت‌ها ناشی از خرابی یکپارچگی مکانیکی بوده و این درصد برای خسارت‌های ناشی از پالایشگاه نفت بیش‌تر بود.

از بین این خرابی‌های مکانیکی، ۷۰ درصد در نتیجه خوردگی لوله‌های فرآیند، عمدتاً به دلیل خوردگی داخلی تشخیص داده شد. در مواردی که خوردگی خارجی علت آن بود، علت خوردگی عایق بود. نسبت قابل توجهی از این خرابی‌های مکانیکی در نتیجه بازرسی ناکافی یا ناقص یا عدم مدیریت مصالح ساختمانی و تضمین کیفیت تشخیص داده شد. سایر موضوعاتی که به عنوان عوامل مهم شناخته شدند عبارتند از: شناسایی ناکافی مخاطرات، ارزیابی ناکافی ریسک، وظایف مهم ایمنی (به عنوان مثال، ارزیابی راه‌اندازی کارخانه برای توسعه فرآیند)، تکیه به جداسازی ایمن شیرهای کنترل از راه دور، عدم شناسایی دستگاه‌های

یی که در آن‌ها موارد خطر کاملاً عمومی و شناخته شده نیست و راه‌های مقابله با این خطرات شناخته شده نیست. شغل‌هایی که در آن‌ها یکسری کارگر جدید با یکدیگر کار می‌کنند. شغل‌هایی که در آن‌ها نیاز است چندین نفر با هم به صورت مشارکتی کار کنند و نیاز به هماهنگی بین آن‌ها دارد. ابزار یا روش‌های جدید کاری که در حال معرفی هستند. مقصود از JSA تشخیص و ارزیابی خطراتی است که ممکن است در طول طراحی-روش اجرایی و ابزار آلات یک شغل دیده نشود. تغییر پرسنل یا روش توسعه از اولین باری که کار انجام شده است.

اولین هدف از انجام آنالیز ایمنی شغلی پیدا کردن راه ایمن برای انجام کار یا پیدا کردن راه جایگزین است. جدول‌های ۱ و ۲ به ترتیب جدول شدت اثر، احتمال وقوع در روش JSA را نشان می‌دهد [۲۶-۲۷].

جدول ۱- شدت اثر

شدت اثر		
نام طبقه	رتبه	شرح
فاجعه بار	۵	مرگ و میر چند نفر-قطع عضو-جراحت بسیار شدید
بحرانی	۴	مرگ یک نفر-آسیب منجر به از کار افتادگی دائمی یک نفر و بیش تر
متوسط	۳	آسیب طولانی مدت بدون توان دائمی - آسیب موقتی - آسیب قابل جبران
ضعیف	۲	آسیب جزئی نیازمند به کمک‌های اولیه (روزهای از دست رفته ۳ روز و کم تر)
خیلی ضعیف	۱	آسیب‌های خیلی جزئی مثل خراش و ...

بیماری‌های ناشی از کار در برخی کشورهای در حال توسعه در حدود ۴ تا ۳۱ درصد از کل سود کارخانه است.

بررسی سیمای حوادث صنعتی در دنیا نشان می‌دهد در هر دقیقه ۲ مرگ ناشی از حوادث محیط کار در دنیا رخ می‌دهد. این آمار به طور اختصاصی در کشورهای در حال توسعه حداقل ۴ برابر بیش تر از نرخ متوسط جهانی آن است. با توجه به رشد روزافزون صنعتی شدن دنیا پیش بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۰ سالیانه ۲۵۰ میلیون حادثه شغلی توأم با غیبت از کار رخ دهد. بر اساس یک برآورد در کشور ما به طور متوسط در هر ساعت دست کم ۱ نفر به علت حوادث گوناگون جان می‌سپارند و هزینه عدم رعایت مقررات و اصول ایمنی معادل درآمد صادرات نفت است. به همین منظور ارزیابی ریسک یک روش منطقی برای بررسی خطرات می‌باشد که به شناسایی خطرات و پیامدهای بالقوه آن‌ها بر روی افراد، مواد، تجهیزات و محیط می‌پردازد [۸].

شکل (۱-۱) مراحل شناسایی و ارزیابی ریسک در حالت کلی را نشان می‌دهد. در حقیقت با استفاده از روش‌های ارزیابی ریسک داده‌های بسیار با ارزشی برای تصمیم‌گیری در زمینه کاهش ریسک خطرات، برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، سطح ریسک قابل قبول، خط مشی‌های بازرسی و نگهداری در تاسیسات صنعتی و موارد دیگر فراهم می‌کند. لذا این مقاله سعی دارد با استفاده از روش ارزیابی ریسک JSA ابتدا با شناسایی خطرات موجود در پالایشگاه گازی ایلام، آنها را ارزیابی کرده و اقدامات کنترلی ارایه گردیده و سپس در نرم افزار PHA-pro مدل‌سازی کند.

مواد و روش‌ها

آنالیز کیفی ایمنی یک شغل، روش و نوع انجام کار، تشخیص خطرات و پتانسیل حوادث که ممکن است در طول انجام کار اتفاق بیافتد. تعیین و اختصاص دادن ابزار و سیستم‌هایی برای کاهش و کنترل ریسک‌ها شامل شرح و نتیجه حوادث و آنالیز ایمنی شغلی یک ریسک رنکینگ از برخی خطرات شناسایی شده و پتانسیل حوادث می‌باشد. شغل‌هایی که در آن‌ها حوادث و یا شبه حوادث رخ داده است. شغل‌ها

جدول ۲- احتمال وقوع

احتمال وقوع	
رتبه	شرح
۵	حتمی (بیش از ۹۰ درصد احتمال وقوع دارد)
۴	احتمال وقوع بین ۵۰ تا ۹۰ درصد است
۳	شانس وقوع نزدیک ۵۰ درصد است
۲	می تواند اتفاق بیفتد
۱	احتمال وقوع بسیار ناچیز است

- نرم افزار PHA-pro

مجموعه PHA Pro نرم افزاری تو در تو، کارآمد و انعطاف پذیر در زمینه آنالیز مخاطرات فرآیند می باشد. این نرم افزار به کاربرانش کمک می کند تا بتوانند به سادگی عملیات مربوط به آنالیز مخاطرات فرآیند را توسط روش هایی همچون HAZOP و What if و JSA انجام دهند. نرم افزار PHA-Pro Dyadem برای علاقه مندان و دوست داران HSE و ایمنی می تواند بسیار جذاب و مناسب باشد. مهم ترین جنبه صنایع فرآیندی که باید مورد توجه قرار گیرد، تاثیرات این صنایع بر روی محیط زیست است که متأسفانه باید بگوییم در اغلب مواقع به علت عدم توجه به خطرات ناشی از صنایع فرآیندی شاهد حوادث بدی مثل حوادثی که در مجتمع شیمیایی سوسو در ایتالیا، مجتمع شیمیایی بوپال در هندوستان، مجتمع شیمیایی فلکسیبرو در انگلستان و موارد مشابه بوده ایم. نرم افزار PHA-Pro بدون شک قدرتمندترین و پرفروش ترین نرم افزار تخصصی HAZOP در جهان می باشد.

این نرم افزار محصول شرکت معتبر Dyadem است. از جمله دلایل محبوبیت این نرم افزار این است که کلیه مطالعات HAZOP و دیگر روش های شناسایی مخاطرات در محیط گرافیکی و کاربر پسند این نرم افزار به سرعت و سهولت مستند می شود.

یکی از بهترین و کاربردی ترین قابلیت های این نرم افزار توان انجام ارزیابی های FMEA و HAZOP و QRA و چند روش

دیگر است. استفاده از این نرم افزار منوط بر تسلط به روش های شناسایی و ارزیابی ریسک می باشد هر چقدر که کاربر در زمینه ارزیابی و شناسایی ریسک متبحر باشد می تواند از این نرم افزار بهتر بهره ببرد.

تنظیمات قابل قبول PHA-Pro همانند یک طراح عمل می کند و به شما کمک می کند تا در سازمانتان محدوده ریسک را شناسایی کرده و همچنین بتوانید به صورتی برنامه ریزی نمایید تا محدوده ریسک را در محدوده قابل قبول استاندارد ها و مقررات بین المللی مثل:

نرم افزارهای مدیریت امن (PSM) تحت تسلط OSHA 26 CFR 1910.119

کنترل کامل شانس حادثه (COMAH)

مدیریت برنامه ریسک EPA

PHA-Pro شناخته شده ترین و بزرگ ترین ابزار PHA و HAZOP است که سازمان ها را در اجرای مطالعات ریسک به راحتی و کامل کمک می کند. با استفاده از این ابزار می توانید فاکتورهای مهم خود را با بهینه سازی زمان متخصص، به حداقل رساندن توقف کار و کاهش پتانسیل برای وقایع نامطلوب بهبود ببخشید PHA-Pro. یک راه حل کاربر پسند، انعطاف پذیر و دانش محور ارائه می دهد که در طی یک دهه گذشته از طریق استفاده گسترده تجاری برای پاسخگویی به الزامات در بسیاری از بزرگ ترین شرکت های جهان تحول یافته است. PHA-Pro قابلیت هایی را می دهد که برای هدف ساخته شده اند [۲۸-۲۹].

امکانات و ویژگی های نرم افزار PHA-Pro:

پیوند دینامیکی نمودارها با ورک شیت

ویژگی های AutoType و کپی پیشرفته

پشتیبانی کامل مانند ورود داده چند زبانه با قابلیت راست به

چپ (RTL)

گزارش های حرفه ای قابل اکسپورت در HTML، MS

Word، MS Excel

کتابخانه های دانش جامع برای کاهش زمان مطالعه و بهره

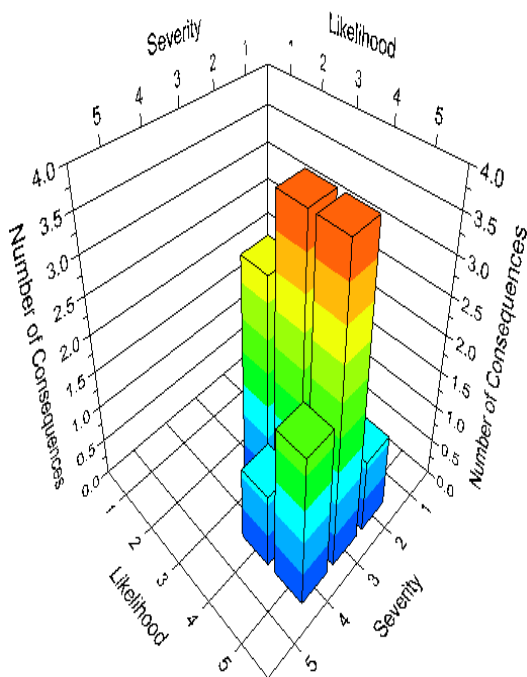
گیری از بهترین روش ها

۳۰۰	۱۲	۳	۴	استفاده از PPE مناسب کار	۱۵	۳	۵	سوختگی و جراحت شدید	پاشش مایعات داغ به اعضای بدن	نمونه گیری از مایعات پکیج TEG واحد اتان زدایی
۵۰۰	۶	۳	۲	استفاده از ماسک شیمیایی و نصب سنسور مناسب	۱۲	۳	۴	مسمومیت منجر به فوت	استنشاق گاز H2S	نمونه گیری از lp K.O.D واحد آب و بخار
۱۵۰	۹	۳	۳	تنظیم شیر تخلیه و استفاده از ابزار کنترل فشار	۱۲	۳	۴	مسمومیت منجر به فوت	استنشاق گاز H2S	نمونه گیری از sour water واحد stab
۳۰۰	۱۲	۴	۳	استفاده از محافظ صورت، لباس کار و دستکش نسوز	۲۰	۴	۵	ایجاد سوختگی و مرگ	پاشش گوگرد در محوطه بیرون از سیل پات	چک نمودن سیل پات ها در واحد بازیافت گوگرد
۵۰	۶	۲	۳	نصب پلت فرم جهت دسترسی به محل بازدید	۹	۳	۳	سوختگی و مرگ	نشستی آب داغ یا بخار	فلاش کردن لول گیج ها در واحد بازیافت گوگرد
۲۰	۸	۲	۴	رعایت دستورالعمل محلول سازی	۱۶	۴	۴	آسیب به اپراتور و سوختگی و احتمال مرگ	پاشش مواد شیمیایی به بدن	تصفیه آمین بوسیله پکیج رزینی و ذخیره در مخزن پلاستیکی در واحد شیرین سازی و تثبیت
۷۰	۸	۲	۴	ایجاد یک تیر در بالای محل بارگیری کامیون ها جهت نصب قفل Harnes	۱۲	۳	۴	آسیب بدنی	سر خوردن اپراتور از روی تانکر کامیون	بارگیری میعانات گازی در واحد مخازن

۵۰۰	۱۵	۳	۵	نصب سیستم کاشف گاز، آتش و قطع خودکار فرآیند بارگیری	۲۰	۴	۵	آتش سوزی / انفجار و آسیب به فرد و تجهیزات	عدم نصب صحیح اتصالات و نشت گاز	بارگیری LPG	۸
۳۰	۶	۲	۳	امکان کنترل پمپ بارگیری در نزدیک سکوی بارگیری	۱۵	۳	۵	آسیب شدید به تجهیزات / مرگ	عدم اطلاع رسانی بموقع جهت قطع جریان LPG پمپ بارگیری و فاصله دور سویچ کنترل پمپ از سکوی بارگیری	بارگیری LPG	۹
۵۰	۱۰	۲	۵	نصب شیشه چشمی دید	۱۵	۳	۵	ایجاد جراحت و آسیب شدید	برخورد مستقیم حرارت شعله با صورت نفر	بررسی وضعیت شعله بویلرها و کوره‌ها	۱۰
۲۰	۵	۱	۵	انجام کارهای تعمیراتی، توجه به نکات ایمنی تاسیسات الکتریکی با اتصال به زمین، داشتن دانش کافی	۱۲	۲	۵	آسیب به نفر، قطع تولید	برق گرفتگی	کار با کلیدهای فشار قوی در نیروگاه	۱۱
۲۰	۶	۳	۲	رعایت دستورالعمل کار	۱۲	۳	۴	نشت گاز در فضای بسته و مرگ و میر	نشت یا وجود گاز سمی یا کمبود اکسیژن	کار با دستگاه Metal Analyser	۱۲
۵۰	۶	۳	۲	استفاده از PPE مناسب کار	۹	۳	۳	ایجاد اختلالات اسکلتی عضلانی	استنشاق گازهای سمی و مرگ و میر	باز و بسته کردن ولوهای درین مایع واحد اتان زدایی	۱۳

۵۰	۴	۲	۲	رعایت نکات ایمنی استفاده از لباس کار مناسب	۹	۳	۳	سوختگی	تماس بخار با بدن	باز کردن ولو درین مسیرهای کندانس جهت رفع هم‌رینگ و خالی کردن Pot	۱۴
۱۰۰	۱۰	۲	۵	استفاده از روشنایی مناسب و نرده‌های محافظ	۱۵	۳	۵	آسیب جدی و مرگ	سقوط از ارتفاع	نمونه‌گیری از میعانات مخازن استوانه ای در شب	۱۵

Number of Consequences by Severity and Likelihood (Risk Matrix)



شکل ۲: نتایج حاصل از مدل‌سازی خطرات و ریسک‌های ایمنی موجود قبل از اقدام اصلاحی

شکل ۲ نتایج حاصل از مدل‌سازی خطرات و ریسک‌های ایمنی موجود را نشان می‌دهد.

همانطور که از شکل پیداست از ۱۵ مورد فعالیت شناسایی شده تعداد ۷ مورد از حوادث رخ داده جزو حوادث با ریسک بالا می‌باشند که بیش‌ترین مقادیر مربوط به چک نمودن سیل پات‌ها در واحد بازیافت گوگرد که پیامد آن پاشش گوگرد در محوطه بیرون از سیل پات و ایجاد سوختگی و مرگ می‌باشد که اقدام اصلاحی آن استفاده از محافظ صورت، لباس کار و دستکش نسوز بود.

فعالیت بعدی که دارای عدد ریسک بالا بود بارگیری LPG است که پیامد عدم نصب صحیح اتصالات و نشت گاز و آتش سوزی/ انفجار و آسیب به فرد و تجهیزات بود و اقدام اصلاحی آن نصب سیستم کاشف گاز، آتش و قطع خودکار فرآیند بارگیری می‌باشد.

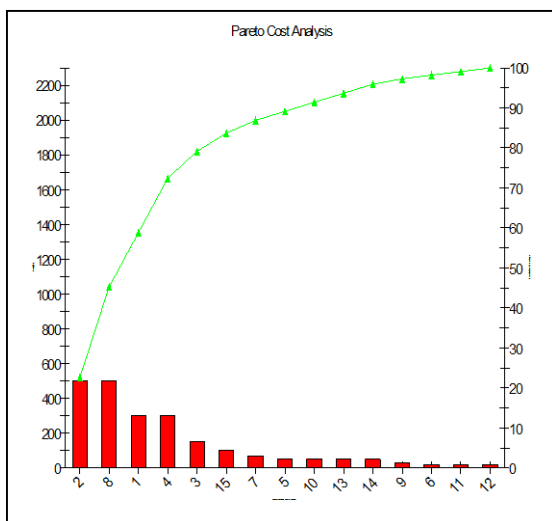
پس از انجام اقدامات اصلاحی تنها یک مورد از ۷ مورد اشاره شده در منطقه با ریسک بالا قرار گرفت و ۲ مورد در منطقه ریسک متوسط قرار گرفت. شکل ۳ نتایج مدل‌سازی را بعد از اعمال اقدامات کنترلی نشان می‌دهد.

- نمودار پارتو

نمودار پارتو (Pareto chart) که نامش از نام خانوادگی ویلفردو پارتو گرفته شده، نموداری است که از دو نمودار میله‌ای و نمودار خط تشکیل شده است. نمودار میله‌ای که به صورت نزولی نمایش داده می‌شود، نشان‌دهنده تک تک مقادیر به صورت مجزا است و مقدار کل با نمودار خط معرفی می‌شود.

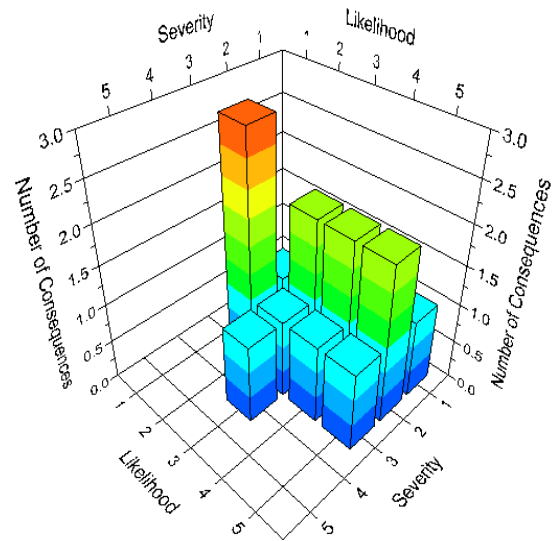
محور عمودی سمت چپ معرف فراوانی وقوع است اما گاه می‌تواند نشان‌دهنده هزینه یا یکی دیگر از مقادیر مهم واحدهای اندازه‌گیری نیز باشد. این در حالی است که محور عمودی سمت راست درصد تجمعی از تعداد وقایع، کل هزینه یا تعداد مشخصی یکا را نمایش می‌دهد. نمودار پارتو به منظور برجسته کردن مهم‌ترین عامل‌ها در میان مجموعه‌ای (معمولاً بزرگ) از عوامل به کار می‌رود.

این نمودار در فرایند کنترل کیفیت اغلب نشان‌دهنده عوامل وقوع شایع‌ترین نقایص یا دلیل شایع‌ترین شکایات مشتریان است. شکل ۵ نمودار پارتو مربوط به ارزیابی ریسک پالایشگاه را نشان می‌دهد. در این نمودار فعالیت‌های ۲ و ۸ دارای بیش‌ترین هزینه نشان داده شده است که تقریباً ۴۰٪ کل هزینه‌ها را شامل شده است.



شکل ۵: نمودار پارتو مربوط به ارزیابی ریسک پالایشگاه

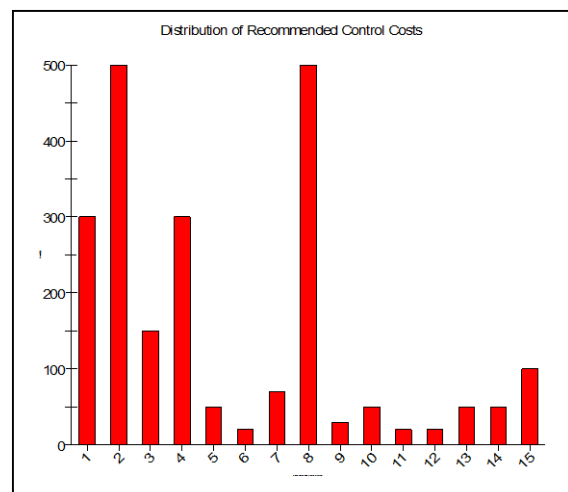
Number of Consequences by Severity and Likelihood (Risk Matrix)



شکل ۳: نتایج مدل‌سازی را بعد از اعمال اقدامات کنترلی

- بررسی مدل‌سازی مربوط به هزینه پروژه

شکل ۴ نتایج مربوط به مقدار هزینه مصرفی برای پیشنهادات کنترلی می‌باشد. همانطور که از شکل پیداست اقدامات کنترلی مربوط به فعالیت شماره ۲ و ۸ که عبارت است نصب سیستم کاشف گاز، آتش و قطع خودکار فرآیند بارگیری و استفاده از ماسک شیمیایی و نصب سنسور مناسب دارای بیش‌ترین مقدار هزینه می‌باشد.



شکل ۴: نمودار هزینه اعمال شده برای اقدامات کنترلی

نتیجه گیری

در این تحقیق نتایج زیر به دست آمد:

- از ۱۵ مورد ریسک‌های شناسایی شده ۷ مورد دارای عدد ریسک بالاتر از ۱۴ بود که می‌توان گفت تقریباً ۴۶ درصد فعالیت‌ها در منطقه با ریسک بالا قرار داشتند. بیش‌ترین مقادیر مربوط به چک نمودن سیل پات‌ها در واحد بازیافت گوگرد که پیامد آن پاشش گوگرد در محوطه بیرون از سیل پات و ایجاد سوختگی و مرگ می‌باشد که اقدام اصلاحی آن استفاده از محافظ صورت، لباس کار و دستکش نسوز بود.

- فعالیت بعدی که دارای عدد ریسک بالا بود بارگیری LPG است که پیامد عدم نصب صحیح اتصالات و نشت گاز و آتش سوزی / انفجار و آسیب به فرد و تجهیزات بود و اقدام اصلاحی آن نصب سیستم کاشف گاز، آتش و قطع خودکار فرآیند بارگیری می‌باشد.

- پیداست پس از اعمال پیشنهادات کنترلی تعداد موارد با ریسک بالا از ۷ مورد به ۱ کاهش پیدا کرده است و نمودار ستونی مدل‌سازی به منطقه امن انتقال پیدا کرده است.

- به عبارتی قبل از انجام اقدامات کنترلی ۴۶ درصد فعالیت‌ها در منطقه ریسک بالا، ۲۶ درصد در منطقه متوسط و ۲۸ درصد در منطقه ریسک پایین بودند که پس از اقدامات کنترلی تنها ۶ درصد ریسک‌ها در منطقه پرخطر و ۱۳ درصد از ریسک‌ها در منطقه متوسط و ۸۱ درصد آن‌ها در منطقه ریسک پایین یا امن قرار گرفتند.

سپاسگزاری

نویسندگان این مقاله از حمایت مالی شرکت پالایشگاه گازی ایلام نهایت تقدیر و تشکر را دارند.

منابع

- [۱] حیدری، م.، امیدواری، م.، محمدفام، ایرج.، رایه مدل ارزیابی ریسک بهداشتی تماس با مواد شیمیایی در صنایع نفت و گاز (مطالعه موردی: منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس). ۱۱-۲۲.
- [۲] برخوردار، محمودیان، یوسفی، ی.، زارعی، پ.، مرادی، ب.، ۲۰۲۰، مدیریت یکپارچه ریسک و دارائی با اجراء تکنیک بازرسی

بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی. فصلنامه بهداشت کار و ارتقا سلامت (۳)۴، ۲۲۲-۲۱۰.

[۳] مرادی، ب.، ۱۳۹۹، پیاده‌سازی و کاربرد روش بازرسی بر مبنای ریسک در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی. ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز، ۵۸-۴۸، ۱۸ pp.

[۴] مرادی، ب.، تکنیک بازرسی بر مبنای ریسک و سودمندی‌های اجراء آن در بهبود سیستم مدیریت فرآیندی صنایع نفت، گاز و پتروشیمی. ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت‌ها، ۱۷۱-۱۵۸.

[۵] ختلان، الف.، جعفری، ا.، نظام ارزیابی ریسک در عملیات حفاری چاه‌های نفت و گاز ایران.

[۶] دزفولیان م.ا.، ۱۳۹۸، ارزیابی ریسک به روش فازی و اولویت بندی آن در عملیات جداره گذاری چاه‌های نفت و گاز در صنعت حفاری. ماهنامه علمی اکتشاف و تولید نفت و گاز، (۱۶۶) pp، ۳۷-۳۰.

[۷] محمدی‌ارمندی، ۲۰۱۹، ارزیابی ریسک حریق و انفجار در واحد جداسازی میعانات گازی پالایشگاه. پژوهش‌های کاربردی در فنی و مهندسی، ۲ (۴) pp، ۱۲۷-۱۱۱.

[۸] کاظمی، م.، عباسی، ع.م.، کاظمی، م.، جمشیدزاده، ن.، رشیدی، م.ا.، شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک بخش‌های مختلف پالایشگاه گاز ایلام با استفاده از رویکرد تلفیقی روش‌های Bow-tie و FMEA.

[۹] قاسمی، ش.، یآوری، ش.، محمودوند، ک.، سبحانی، ۲۰۱۴، مقایسه‌ی دو دیدگاه مختلف در کاربرد روش FMEA برای ارزیابی ریسک: مطالعه موردی پالایشگاه گاز ایران. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی ۱۰، ۱۰ (۴۲)، ۱۳۳-۵۹.

[۱۰] هانفی، رستمی، ن.، بازگیر، ن.، ۲۰۱۷، طراحی و پیاده‌سازی یک سیستم پشتیبان تصمیم برای مدیریت ریسک پروژه‌ها در پالایشگاه گاز سرخون و قشم. نشریه بین‌المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، ۲۷ (۴) pp، ۶۳۳-۶۱۷.

[۱۱] شجاعی برجوثی، عظیم زاده، س.، آرانی، م.، ۲۰۲۰، تعیین سطح آلودگی، ریسک‌های سرطان‌زایی و غیرسرطان‌زایی فلزات سنگین غبار ریزشی در نواحی صنعتی (مطالعه موردی: صنایع شهرستان اردکان). فصلنامه سلامت و محیط زیست ۵۹۲-۵۷۱.

[۱۲] بهرامی، س.، ستوده، الف.، جمشیدی، ن.، علمی، م.ر.، ۲۰۱۸، ارزیابی ریسک‌های محیط زیستی مجتمع پتروشیمی کرمانشاه با روش FMEA علوم محیطی.

[۱۳] دانشور، د.، هاشمخانی، ب.، ۲۰۱۹، تحلیل ریسک پروژه‌های EPC با روش ترکیبی FMEA-ANP. پژوهش‌های مدیریت منابع سازمانی (۹)، ۹۹-۷۳.

[۱۴] میرزایی علی آبادی، م.، م احمدی گهر، م.، ۲۰۱۸، آنالیز ریسک فوران (Blow out) چاه‌های اکتشافی نفت و گاز در فاز عملیات حفاری

- [27] GeunWoong, Y., J. Rogers, W., Sam Mannan, M., 2009, Risk assessment of LNG importation terminals using the Bayesian-LOPA methodology. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 22, no. 1: 91-96.
- [28] Gowland, R., 2006, The accidental risk assessment methodology for industries (ARAMIS)/layer of protection analysis (LOPA) methodology: A step forward towards convergent practices in risk assessment?. *Journal of hazardous materials* 130, no. 3: 307-310.
- [29] Shahba, S., Nouri, j., Barani, s., Shahba, s., Nourbakhsh, s.z., 2017, Assessment of Occupational Hazards with Safety Approach In Concentrative Unit of Sirjan Gol-E-Gohar Iron Company Using Job Safety Analysis. *Journal of Environmental Science and Technology* 19, no. 5: 103-110.
- [30] Quanlong, L., Meng, X., Hassall, M., Xinchun, L., 2016, Accident-causing mechanism in coal mines based on hazards and polarized management. *Safety science* 85: 276-281.
- [31] Yimrungruang, D., 2008, et al., Characterization and health risk assessment of volatile organic compounds in gas service station workers. *Environment Asia*, 2: p. 21-29.
- با استفاده از تکنیک تحلیل پایونی (BTA) و شبکه بیزین. *مجله مهندسی بهداشت حرفه ای*، ۴ (۴): No: ۶۹-۵۹.
- [۱۵] عقیلی نژاد، م.، کوهپایه زاده، ج.، نوری، م.، گل آبادی، م.، ۱۳۹۰، ارتباط سن و سابقه کار با آسیب‌های ناشی از حوادث شغلی در معادن و صنایع معدنی ایران طی سال‌های ۲۰-۲۸.
- [۱۶] عقیلی نژاد، م.، کوهپایه زاده، ج.، نوری، م.، گل آبادی، م. ک.، ۱۳۹۰، ارتباط سن و سابقه کار با آسیب‌های ناشی از حوادث شغلی در معادن و صنایع معدنی ایران. *مجله علوم پزشکی رازی* (۱۰۴): No: ۲۰-۱۹.
- [۱۷] شهباء، س.، نوری، ج.، بارانی، ش.، نوربخش، سیده زهرا، ۲۰۱۷، بررسی مخاطرات شغلی با رویکرد ایمنی در واحد تغلیظ معدن سنگ آهن گل گهر سیرجان با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغلی (JSA). *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست* ۱۹. No ویژه نامه شماره (۵) ۱۱۰-۱۰۳.
- [۱۸] علی زاده، س.ش.، نصیری، پ.، گل بابایی، ف.، شاه طاهری، س.ج.، شناسایی و ارزیابی خطرات موجود یا بالقوه در یک شرکت تولیدی با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغل. ۷۷-۸۷.
- [۱۹] یوسفی افکنند، م.، فرشاد، ع.ا.، شیرازه، الف.، بررسی و شناسایی خطرات شغلی برای کارکنان عملیات لرزه نگاری اکتشاف نفت به روش JSA، ۳۹-۴۵.
- [۲۰] اردکانی، ن.، مروتی، الف.، اردکانی، س.، ۱۴۰۰، ارزیابی ریسک زیست‌محیطی صنایع غیرفلزی با استفاده از روش تلفیقی PHA و تکنیک ویلیام فاین (مطالعه موردی: کارخانه کاشی و سرامیک ارم اردکان). *مجله مهندسی بهداشت محیط* ۸، ۸۰-۹۵.
- [۲۱] قلع جهی، نمرودی، ۱۳۹۶، شناسایی و ارزیابی ریسک خطرات در یک کارخانه آرد به روش JSA و FMEA در استان گلستان. *مجله تحقیقات سلامت در جامعه* ۳، ۸۹-۸۲.
- [۲۲] مجاهدی، ر.، جوزی، م.، ۱۳۹۵، ارزیابی ریسک زیست محیطی واحد پلی استایرن شرکت پتروشیمی تبریز با استفاده از روش‌های تطبیقی JSA و EFMEA *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست*.
- [۲۳] جوزی، س.ع.، هاشمی، س.الف.، ارزیابی ریسک واحد پلی کربنات پتروشیمی خوزستان با استفاده از روش‌های تلفیقی PHA و EFMEA. ۱۱۰-۱۰۳.
- [۲۴] کوهنورد، ب.، آقانسب، م.، صفایی، ر.، فضلی، زهره، ۱۳۹۳، شناسایی و ارزیابی ریسک در یکی از نمایندگی‌های وابسته به شرکت ایران خودرو به روش آنالیز ایمنی شغلی، ۴۰-۵۰.
- [۲۵] شهرکی، ع.، مرادی، م.، ارزیابی ریسک در محیط کار با استفاده از آنالیز ایمنی شغل، روش گروه اسمی و تاپسیس فازی ۴۳-۵۴.
- [26] Mostafaei, Kh., Azar, A., Moghbel, A., 2018, Identification and Analysis of Operational Risks: A Fuzzy Cognitive Map Approach. *Asset Management and Financing* 6, no. 4: 1-18.