

## تجزیه و تحلیل خطرات سکوهای نفتی به روش Bow-tie

### (مطالعه موردی: منطقه نفتی لاوان سکوی سلمان)

رضا مومنی تبار<sup>۱</sup>، سیده ام البنین راستین<sup>۲</sup>، گلشن شیرنشان<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> گروه ایمنی بهداشت و محیط زیست (HSE)، واحد اصفهان، موسسه آموزش عالی دانش پژوهان پیشرو، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> گروه عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> گروه ایمنی بهداشت و محیط زیست (HSE)، واحد اصفهان، موسسه آموزش عالی دانش پژوهان پیشرو، اصفهان، ایران

#### چکیده

سکوهای نفتی به دلیل شرایط عملیاتی حاد، تراکم زیاد تجهیزات و پرسنل و همچنین حجم قابل توجه مواد هیدروکربنی و شیمیایی گوناگون، پتانسیل فراوانی جهت بروز حوادث بزرگ و بحرانی و نیز زیانهای اقتصادی هنگفت ناشی از آنها دارند. این مطالعه با هدف تجزیه و تحلیل خطرات سکوهای نفتی در سکوی نفتی سلمان و ارائه اقدامات کنترلی به منظور کاهش سطح ریسک این مخاطرات انجام شده است. ابتدا برای شناسایی خطرات شغلی از تکنیک JHA استفاده گردیده و پس از جمع آوری اطلاعات مربوط به خطرات موجود در سکوی نفتی، داده ها وارد نرم افزار Bow tie گردید و مورد تحلیل قرار گرفت. برای شغل کار بر روی سکوی نفتی ۳۷۹ خطر شناسایی گردید از بین ریسک های شناسایی شده و بر اساس صدها ریسک بدست آمده که در جداول فصل چهارم نشان داده شده است ۱۶/۲ درصد از کل ریسک ها در محدوده ریسک های غیرقابل قبول ۴۴/۵ درصد در محدوده ریسک نا مطلوب و ۳۹/۳ درصد در محدوده ریسک های قابل قبول با تجدید نظر قرار داشتند. در نهایت ریسک های شناسایی شده وارد نرم افزار گردید و نمودار پایبونی برای آنها ترسیم گردید و اقدامات پیشگیرانه به منظور کاهش ریسک ها ارائه شد.

واژه های کلیدی: ریسک، سکوی نفتی، Boe tie-pro، آنالیز ایمنی شغلی JHA

## ۱. مقدمه

حوادث ناشی از کار، جزء تهدید کننده صنعت است. این حوادث علاوه بر سلامت جسمانی، سلامت روانی فرد و همچنین خسارتهایی را به کارفرمایان تحمیل می کند (جعفری و همکاران، ۲۰۱۴).

تحقیقات نشان داده است که علت بیش از نیمی از حوادث ناگوار، خطای انسانی میباشد (شال و همکاران، ۲۰۱۲؛ کنگاوری و همکاران، ۲۰۱۶). امروزه کارخانجات از اتوماسیون پیشرفته و تجهیزات کنترل پیچیده برای مدیریت ایمنی و پیشگیری از حوادث استفاده می کنند (کادوپولی، ۲۰۱۶). در مجموع ۸۸ درصد از حوادث به دلیل خطای انسانی، ۱۰ درصد به دلیل عوامل مربوط به ماشین آلات، و ۲ درصد به سایر عوامل بستگی دارد (ورما و همکاران، ۲۰۱۷). پیشگیری و کاهش در تعداد حوادث نیاز به کاهش در خطای انسانی دارد (حضرتی و همکاران، ۲۰۱۶).

با توجه به اینکه سکویهای نفتی به دلیل شرایط عملیاتی حاد، تراکم زیاد تجهیزات، افراد و همچنین حجم قابل توجه مواد هیدروکربنی و شیمیایی گوناگون، پتانسیل فراوانی جهت بروز حوادث بزرگ و نیز زیانه ای اقتصادی هنگفت ناشی از آنها دارند (بهوندپور و گلبابایی، ۱۳۹۴) لذا، استفاده از روشی که بتوان با آن شناسایی علل و پیامدها، سناریوهای حوادث و تعیین احتمال رخداد آنها را انجام داد امری ضروری می باشد. در میان الگوهای گوناگونی که برای بیان سناریوهای حوادث ارایه شده، روش (Bow-tie پاپیونی) به عنوان یکی از مهمترین و موثرترین روش ها شناخته شده است (محمد فام و همکاران، ۱۳۹۵). در مدیریت ریسک با روش Bow-tie که از ترکیب دو روش آنالیز درخت خطا و آنالیز درخت رویداد حاصل می شود ارتباط بین تمام عوامل مرتبط با خطر نشان داده می شود. همچنین ارتباط تمامی مولفه ها در تحلیل عوامل بالقوه آسیب رسان با اقدامات کنترلی، فعالیت ها و وظایف بحرانی به طور کامل بررسی می شود. درواقع در دیاگرام Bow-tie مسیر حادثه از فاز علل وقوع حادثه تا پیامدهای حوادث ردیابی می شود (آشوری، ۱۳۹۷)؛ به طوریکه مدیریت ریسک با استفاده از روش پاپیونی شامل مراحل ذیل می باشد:

۱. تعیین و شناسایی خطر ۲. تعیین رویدادی که به بروز ریسک منجر می شود ۳. شناسایی عوامل و فعالیت هایی که به صورت بالقوه توان ایجاد تهدید دارند ۴. شناسایی پیامدهای احتمالی ناشی از وقوع رویداد اصلی ۵. بررسی و شناسایی عوامل مؤثر در پیشگیری و کاهش احتمال بروز ریسک ناشی از اثر هر یک از عوامل تهدید کننده ۶. ارائه راهکارهای اثر بخش برای کنترل و کاهش شدت پیامدهای حاصله ۷. شناسایی عوامل مؤثر در از دست رفتن اثر بخشی کنترل های در نظر گرفته شده برای هر یک از عوامل تهدید کننده (کریمی و کرمی، ۱۳۹۸). از مزیت های این روش در ارزیابی ریسک سکویهای نفتی می توان به پیشگیرانه و واکنشی بودن، ارائه راهکارهای کنترلی، پوشش دادن تمامی فرایندهای مربوط به سکو، ساده و قابل اجرا بودن، هزینه پایین اجرا، قابل فهم بودن برای همگان، خروجی دیاگرامی و قابل نصب در فضاهای اداری اشاره کرد (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۹). با توجه به توضیحات بالا که بیان می کند Bow-tie روشی با توانایی بالا در ارزیابی ریسک و آنالیز رویدادها و حوادث در صنایع فرایندی مانند نفت می باشد و همچنین نبود سابقه ارزیابی ریسک در سکوی نفتی منطقه مورد مطالعه تحقیق حاضر سعی دارد با روش Bow-tie به تجزیه و تحلیل خطرات سکویهای نفتی و ارائه اقدامات کنترلی به منظور کاهش سطح ریسک این مخاطرات بپردازد.

امروزه در مناطق مختلفی از جهان، در دریا و خشکی به منظور دستیابی به ذخایر نفت و گاز، عملیات حفاری صورت می گیرد، که یکی از کارهای پیچیده، طاقت فرسا و تخصصی در صنعت نفت به شمار می رود، به همین دلیل، شناسایی خطرات ناشی از عملیات حفاری، ضروری می باشد (افضلی و احمدی، ۱۳۹۲). همواره مخاطرات بالقوه ای در صنایع و تأسیسات فرایندی وجود دارد که ممکن است موجب بروز جراحات، صدمات جانی، خسارتهای مالی و زیست محیطی شود (بهوندپور، ۱۳۹۴). صنعت نفت با ریسک های ایمنی، زیست محیطی، بهداشتی، مسئولیتی و نهایتاً اعتباری مواجه است و مدیریت این ریسک ها، یکی از عوامل اصلی موفقیت بلندمدت کسب و کار این شرکت ها است.

## ۲. روش تحقیق

برای انجام این تحقیق سکوی نفتی سلمان مورد مطالعه قرار گرفته است.

## معرفی منطقه مطالعاتی

## منطقه عملیاتی لاوان

این جزیره در حدود ۱۲ مایلی دریایی جنوب بندر مقام در کنار خلیج فارس واقع شده است و جزء استان هرمزگان می باشد. جزیره لاوان مرکز عملیاتی تولید از ۴ میدان نفتی سلمان، رسالت و رشادت و بلال است که دارای تأسیسات زیربنایی بهره برداری، مخازن ذخیره و اسکله صادراتی، تأسیسات جانبی و تعمیراتی، انبارها، تأسیسات مسکونی و اجتماعی و فرودگاه مخصوص برای پشتیبانی می باشد

## تعریف میدان سلمان

میدان نفتی گازی سلمان در ۱۴۴ کیلو متری جنوب جزیره لاوان روی خط مرزی فلات قاره ایران و میدان مشترک با شیخ نشین ابوظبی در خلیج فارس قرار دارد. نفت استحصال از مجتمع دریایی سلمان فرآورش شده و بوسیله یک خط لوله زیر دریایی ۲۲ اینچی به جزیره لاوان منتقل و در تأسیسات خشکی فرآورش نهایی شده و جهت صدور و تامین خوراک مجتمع پالایشی لاوان ذخیره می گردد. میدان نفتی سلمان یکی از میادین مشترک قدیم است که نزدیک به ۷۰ درصد آن در ایران و مابقی آن در کشور امارات قرار دارد. این میدان که در استان هرمزگان قرار دارد، هم از نظر میزان ذخایر و هم از نظر اشتراک بین ایران و امارات متحده عربی قابل توجه می باشد (طهماسبی، ۱۳۹۲). شیفته کاری کارکنان در این سکو ۱۴ روزه است و در هر شیفته بیش از ۲۰۰ نفر مشغول به کار هستند. بهره برداری از میدان سلمان در سه لایه عرب تحتانی، عرب فوقانی و بوئیت صورت می گیرد که تاکنون تعداد ۴۲ حلقه چاه نفتی در الیه های مزبور حفاری شده است. تعداد ۱۰ حلقه چاه دیگر نیز جهت تزریق آب به میدان در نظر گرفته شده است و عملیات تزریق آب از این چاهها انجام می گیرد.

تأسیسات نصب شده در سکوی سلمان توانایی دریافت و فرآورش نفت تا ۳۰۰۰۰۰ بشکه در روز شامل ۲۲۰ هزار بشکه نفت، ۸۰ هزار بشکه آب و ۲۷۵ میلیون فوت مکعب گاز همراه را دارا می باشد. سیستم تزریق آب نیز توانایی تزریق ۱۸۰ هزار بشکه آب در روز را به تعداد ۱۰ حلقه چاه دارا است (طهماسبی، ۱۳۹۲).

ابتدا با استفاده از بررسی کتب و مقالات و تحقیقات صورت گرفته توسط سایر محققین روش کار مشخص گردید. سپس با بازدیدهای میدانی و نظر کارشناسان و خبرگان واحد مورد مطالعه، خطرات شناسایی گردید. (تجزیه و تحلیل خطرات شغلی یا تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی (JHA) برای سکوی سلمان (جدول ۱-۲ و ۲-۲))

پس از جمع آوری اطلاعات مربوط به خطرات موجود در سکوی نفتی داده ها وارد نرم افزار Bow-tie گردید و مورد تحلیل قرار گرفت

مراحل این روش به ترتیب عبارت اند از:

- ۱- تعیین رویدادی که به بروز ریسک منجر می شود؛
- ۲- شناسایی عوامل و فعالیت هایی که به صورت بالقوه توان ایجاد تهدید برای محیط تحت اثر را دارند؛
- ۳- شناسایی پیامدهای احتمالی ناشی از وقوع رویداد اصلی
- ۴- بررسی و شناسایی عوامل مؤثر در پیشگیری و کاهش احتمال بروز ریسک ناشی از اثر هر یک از عوامل تهدید کننده؛
- ۵- ارائه راهکارهای اثر بخش برای کنترل و کاهش شدت پیامدهای حاصل از وقوع نشت؛

- ۶- شناسایی عوامل مؤثر در از دست رفتن اثر بخشی کنترل های (موانع) در نظر گرفته شده برای هر یک از عوامل تهدید کننده پیامدهای حاصل از نشت
- ۷- تعیین اقدامات و راهکارهای لازم برای کنترل عوامل شکست موانع

#### نمونه شناسایی و ارزیابی ریسک های شغلی پروژه

در این تحقیق تمام فعالیت های تعیین شده مورد ارزیابی و با استفاده از تکنیک ارزیابی خطرات شغلی مورد بررسی قرار گرفت (امیدواری، نوروزی، ۱۳۹۱). بدین ترتیب که پس از شناسایی فعالیت های مهم توسط متخصصان گروه و تکمیل کاربرگ ها و طی جلسات متعدد، ابتدا خطرهای توسط متخصصین HSE، نفرات عملیات، تعمیرات، فرآیند و برق در واحد تحت بررسی شناسایی و ریسک مربوط به آن ها با استفاده با جداول (طبقه بندی شدت و احتمال خطر در سکوی نفتی)، و (ماتریس ارزیابی ریسک در سکوی نفتی) نمره دهی شده و عدد ریسک محاسبه و براساس جدول (معیارهای تصمیم گیری بر اساس شاخص ریسک) ارزشیابی گردید. نمونه شناسایی در جداول (۱-۲) تا (۲-۲) آمده است



نمودار ۱-۲: دیاگرام مراحل انجام Bow-tie



جدول ۱-۲: ارزیابی ریسک‌های شناسایی شده برای وظیفه روشن کردن گودال آتش

| نمره ریسک | ارزیابی ریسک |        | شرح خطر                                       | مراحل کار            |   |
|-----------|--------------|--------|---|----------------------|---|
|           | شدت          | احتمال |   |                      |   |
| ۱۵        | ۱            | C      | آتش سوزی و سوختگی                             | بررسی خط و گودال آتش | ۱ |
| ۲۵        | ۲            | C      | عدم استفاده از تجهیزات مناسب<br>تشخیص نشت گاز | روشن نمودن گودال آتش | ۲ |
| ۱۵        | ۱            | C      | سوختگی  |                      |   |
| ۲۵        | ۲            | C      | باز بودن شیر کپسول مشعل                       | خاتمه عملیات         | ۳ |
| ۲۵        | ۲            | C      | عدم شستشو و تمیز نمودن خط آتش                 |                      |   |
| ۱۵        | ۱            | C      | نشستی در خطوط                                 |                      |   |

جدول ۲-۲: ارزیابی ریسک های شناسایی شده برای وظیفه نصب جایگاه دکلان لوله جداری

| نمره ریسک | ارزیابی ریسک |        | شرح خطر                                    | مراحل کار                               |   |
|-----------|--------------|--------|--|---|---|
|           | شدت          | احتمال |  |   |   |
| ۳۰        | D            | ۳      | حمل با جثه ثقیل و برخورد جایگاه به کارکنان | بررسی و آماده به کار نمودن تجهیزات      | ۱ |
| ۲۰        | D            | ۲      | رها شدن بار و برخورد به کارکنان            | انتقال جایگاه به سکوی حفاری توسط بالابر | ۲ |
| ۱۰        | C            | ۱      | سقوط از ارتفاع                             | نصب جایگاه در محل و بستن متعلقات        | ۳ |
| ۲۰        | C            | ۲      | سقوط ابزار کار                             |   |   |
| ۱۰        | C            | ۱      | سقوط جایگاه                                |   |   |
| ۲۰        | C            | ۲      | برخورد با کارکنان                          |   |   |
| ۳۰        | C            | ۳      | استفاده از ابزار نامناسب                   |   |   |

## ۳. نتایج

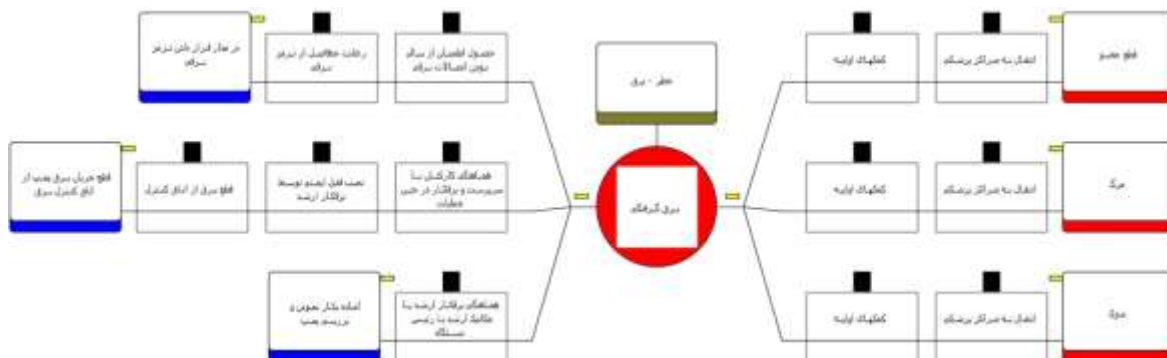
پس از شناسایی فعالیت های مهم توسط متخصصان گروه و تکمیل کاربرگ ها و طی جلسات متعدد ، ریسک ها توسط متخصصین HSE نفرات عملیات، تعمیرات، فرآیند و برق در واحد(شرکت نفت فلات قاره ایران). تحت بررسی شناسایی و نمره دهی شده و عدد ریسک محاسبه گردید. در این تحقیق تمام فعالیت های تعیین شده مورد ارزیابی قرارگرفت و با استفاده از تکنیک ارزیابی خطرات شغلی مورد بررسی قرار گرفت (امیدواری، نوروزی، ۱۳۹۱).

نتایج ترسیم نمودار پاییونی ریسکهای شناسایی شده

به منظور ارائه اقدامات پیشگیرانه و کنترلی از نرم افزار Bow tie-pro استفاده گردیده است که نتایج ترسیم نمودارها در این بخش آورده شده است. حوادثی که فراوانی بیشتری داشتند تعیین و وارد نرم افزار گردید.



نمودار ۴-۱: آتش سوزی



نمودار ۴-۲: برق گرفتگی

### ۱.۳. تحلیل یافته های تحقیق

برای وظیفه تعویض کیلی هوز از مجموع ۱۹ ریسک شناسایی شده ۵ ریسک در محدوده ریسک های غیر قابل قبول، ۱۱ ریسک در سطح نامطلوب و ۳ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار گرفتند. در وظیفه تعویض ترمز برقی در کل ۱۴ خطر شناسایی شد که از بین آنها یک ریسک در سطح غیر قابل قبول، ۳ ریسک در سطح نامطلوب و ۱۰ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار داشتند. برای مرحله کاری تعویض ماژول پمپ حفاری ۹ خطر شناسایی گردید که از آن ها ۲ ریسک در سطح غیر قابل قبول، ۲ ریسک در سطح نامطلوب و ۵ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار گرفت. در مرحله روشن کردن آتش ۶ خطر تعیین شد که ۳ ریسک در سطح غیر قابل قبول و ۳ ریسک در سطح نامطلوب قرار داشتند. در مرحله کاری نصب جایگاه دکل بان لوله جداری جمعاً ۷ خطر شناسایی شد که از بین آنها ۲ ریسک در سطح غیر قابل قبول، ۲ ریسک در سطح نامطلوب و ۳ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار گرفتند.

بررسی مرحله آزمایش شیرهای فوران گیر نشان داد که این زیر وظیفه ۱۴ خطر داشته است که از بین آن‌ها تنها یک خطر در سطح غیر قابل قبول و ۱۳ خطر در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار دارند.

در مرحله کنار گذاشتن فوران گیر ۳۹ خطر وجود داشت که از بین آنها ۶ ریسک در محدوده غیر قابل قبول ۱۵ ریسک در محدوده نامطلوب و ۱۸ ریسک در محدوده قابل قبول با تجدید نظر قرار گرفتند.

برای مرحله کاری نصب شیرهای فوران گیر ۳۸ خطر مشخص شد که از بین آنها ۱۲ ریسک در سطح غیر قابل قبول ۱۶ ریسک در سطح نامطلوب و ۱۰ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار گرفتند.

برای زیر وظیفه واش پایپ ۱۱ خطر شناسایی شد که ۳ ریسک در محدوده غیر قابل قبول ۷ ریسک در محدوده نامطلوب و یک ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار داشتند.

در مرحله کاری بارگیری لوله های حفاری ۲۳ خطر وجود داشت که از بین آنها ۴ ریسک در سطح غیر قابل قبول، ۱۰ ریسک در سطح نامطلوب و ۹ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار داشتند.

برای زیر وظیفه بریدن و اضافه کردن کابل حفاری خطر شناسایی گردید که از آن‌ها ۵ ریسک در سطح غیر قابل قبول، ۱۶ ریسک در سطح نامطلوب و ۹ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر تعیین گردید.

در مرحله استند کردن لوله های وزنه ۱۲ خطر وجود داشت. از این خطرات تنها یک مورد در محدوده غیر قابل قبول قرار گرفت؛ ۸ ریسک در سطح نامطلوب و ۳ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار داشت.

در مرحله پیمایش چاه ۳۹ خطر شناسایی شد که از بین آنها فقط ۱ یک مورد در محدوده غیر قابل قبول قرار گرفت. ۲۴ ریسک در محدوده نامطلوب و ۱۴ ریسک در محدوده قابل قبول با تجدید نظر قرار گرفت.

در زیر وظیفه تعویض لاینر و پیستون پمپ گل ۲۲ خطر تعریف شد که ۴ ریسک در سطح غیر قابل قبول، ۷ ریسک در سطح نامطلوب و ۱۱ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار گرفت.

بررسی مرحله کاری تعویض لنت ترمز دراورکس نشان داد که ۱۶ خطر در این بخش وجود دارد که شامل ۲ ریسک غیر قابل قبول، ۹ ریسک در سطح نامحدود و ۵ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار دارند.

مرحله کاری کنار گذاشتن لوله شش پر دارای ۱۴ خطر بوده است که از بین آنها تنها یک ریسک در سطح غیر قابل قبول بوده، ۱۰ ریسک در سطح نامطلوب و ۳ ریسک در سطح قابل قبول با تجدید نظر قرار داشته‌اند.

در مرحله راندن لوله‌های جداری ۲۹ خطر معرفی شد که ۵ مورد در محدوده ریسک غیر قابل قبول، ۱۲ مورد در محدوده ریسک نامطلوب و ۱۲ مورد در محدوده ریسک های قابل قبول با تجدید نظر قرار دارند.

### ۲.۳. بحث و نتیجه گیری

در حیطه فعالیت های سکوهایی نفتی، بدلیل استفاده از محاسبات پیشرفته و پیچیده و وجود عدم قطعیت‌های فراوان از یک سو، و نیز گستردگی منابع آن‌ها از سوی دیگر، به طور معمول این پروژه‌ها با ریسک‌های متعددی رو به رو می‌شوند. لذا، نیاز به انجام مدیریت ریسک در این پروژه‌ها جهت کاهش سطوح ریسک و بهبود بهره‌برداری از آنها، امری اجتناب ناپذیر می‌باشد

از آنجا که ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های شناسایی شده، از مهمترین اقدامات در فرآیند مدیریت ریسک پروژه به شمار می‌روند، از این رو پس از شناسایی ریسک‌های پروژه، ارزیابی و اولویت‌بندی این ریسک‌ها به منظور مدیریت و پاسخ‌دهی مناسب به آنها امری لازم و ضروری است. تاکنون مطالعات کمی در زمینه ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌های سکوهایی نفتی در حوزه‌های مختلف صورت گرفته است. حیرانی و بقایی در سال ۱۳۹۴ ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال و گاز بر مبنای روش Bow-tie ارائه دادند که بالاترین و بارزترین پیامد های ناشی از نفت و گاز در ارزیابی ریسک خطوط لوله می باشد (۹) کاظمی و همکاران در سال ۱۳۹۹ شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک بخش های مختلف پالایشگاه گاز ایلام



با استفاده از رویکرد تلفیقی روش Bow-tie – FMEA نشان دادند که در یافته های تحقیق رهايش و آزاد سازی گاز هیدروژن به عنوان رویداد اصلی معرفی گردید نشتی و ترکیدگی مخزن ، خوردگی و فرسودگی لوله و اتصالات و خطای انسانی نقش مهمی ایفا می کند (۱۷) حسینی و همکاران در سال ۱۳۹۱ به منظور ارزیابی ریسک های زیست محیطی ساخت سکوهای میدان نفتی رشادت با استفاده از سامانه شاخص گذاری و عدد اولویت ریسک نشان دادند که تولید فاضلاب دارای بالاترین میزان ریسک می باشد (۷) بررسی نتایج حاصل از مطالعات پیشین در زمینه ارزیابی و اولویت بندی ریسک های سکوهای نفتی و مطالعه حاضر حاکی از آن است که قضاوت و بینش متخصصان، در نتیجه اولویت بندی ریسک ها تاثیر زیادی خواهد داشت، به طوری که نوری و همکاران در سال ۲۰۱۰ این موضوع را یکی از چالش ها در فرایند ارزیابی مدیریت ریسک معرفی و بکارگیری تکنیک های مختلف تصمیم گیری را جهت رفع این موضوع توصیه کردند.

هدف از ارزیابی و تجزیه و تحلیل ریسک به روش Bowtie محاسبه ارزش علل شروع کننده و احتمال پیامدهای حاصله و نیز تعیین سناریوها شروع کننده و ادامه دهنده تا پیامدهای حاصله می باشد در دیاگرام Bowtie مسیر حادثه از فاز علل وقوع حادثه تا پیامدهای حوادث ردیابی شد. در این فرایند میزان اهمیت رویدادها و برشهای حداقل و سناریوهای مختلف نیز مشخص شد که میتواند در تخصیص منابع و امکانات جهت کاهش رخداد حوادث و پیامدهای آن مورد بهره قرار گیرد. از دیگر مزیت های کاربرد روش Bowtie در ارزیابی ریسک سکوهای نفتی، پیشگیرانه و واکنشی بودن، ارائه راهکارهای کنترلی پوشش دادن تمامی فرایندهای مربوط به سکوهای نفتی ، ساده و قابل اجرا بودن، هزینه پایین اجرا، قابل فهم بودن برای همگان، خروجی دیاگرامی و قابل نصب در فضاهای اداری میباشد. دیاگرام Bowtie نشان داد که عوامل متعددی به تنهایی یا در کنار هم در وقوع رویداد راس و پیامدهای ایجاد شده میتوانند دخیل باشند از جمله مهمترین این موارد میتوان به نقص در تجهیزات، دستورالعمل ها یا انسانی بودن به علت بی احتیاطی را نام برد اطلاعاتی که این ترسیم گرافیکی به ما میدهد شامل موارد زیر است ردیابی مسیرهای منطقی منتهی به رویداد رأس و پیامدها که در نمودار ۱ تا ۶ فصل چهارم آمده است اولویت دهی به رویدادهایی که بیشترین سهم را در وقوع رویداد رأس و پیامدها دارند ابزار نظارتی بر عملکرد سیستم ابزار پیشگیرانه شناسایی نقاط ضعف طراحی و روشهای اجرایی و ارائه پیشنهادهایی برای کاهش حوادث بالقوه آنالیز شده بهینه سازی و به حداقل رساندن مصرف منابع به این شکل که دیاگرام Bowtie ضمن اینکه رویدادهای پراهمیت را نمایان میکند رویدادهای قابل اغماض را هم آشکار می سازد. در این تحقیق تجزیه و تحلیل خطرات سکوهای نفتی به روش Bow-tie مطالعه موردی: منطقه نفتی لاوان سکوی سلمان ارائه شد، که نتایج و پیشنهادات زیر را به دنبال خواهد داشت:

۱- تعداد ۱۸ وظیفه شناسایی و هر وظیفه به مراحل مختلف کاری شکسته شد. سپس خطرات هر مرحله تعیین و با ضرب شدت پیامد در احتمال وقوع سطح ریسک تعیین گردید. به طور کلی می توان گفت برای شغل کار بر روی سکوی نفتی ۳۷۹ خطر شناسایی گردید. از بین ریسک های شناسایی شده و بر اساس صدها ریسک بدست آمده که در جداول فصل چهارم نشان داده شده است ۱۶/۲ درصد از کل ریسک ها در محدوده ریسک های غیرقابل قبول ۴۴/۵ درصد در محدوده ریسک نا مطلوب و ۳۹/۳ درصد در محدوده ریسک های قابل قبول با تجدید نظر قرار داشتند. همان گونه که نتایج نشان می دهد در این تحقیق ریسک قابل قبول بدون تجدیدنظر وجود نداشته است؛ بنابراین می توان گفت که برای اغلب ریسک های شناسایی شده بایستی اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی ارائه گردد تا ریسک ها به سطح قابل قبول برسند. از آن جهت مراحل کاری که دارای بالاترین ریسک ها بوده اند وارد نرم افزار بوتای گردید، منابع خطر شناسائی شد و پیامدها نیز مشخص گردید. همچنین اقدامات پیشگیرانه و کنترلی ارائه شد که به طور کامل در نمودارهای خروجی نرم افزار در فصل چهارم نشان داده شده است.

۲- استفاده از این روش به دلیل توانایی مد نظر قرار دادن مبادله بین متغیرها و نیز تبدیل متغیرهای زبانی به متغیرهای کمی توصیه می شود. از طرفی، با توجه به توانایی مدل ارائه شده در مد نظر قرار دادن نظرات چندین خبره، این مدل

سازگاری زیادی با ماهیت برنامه‌ریزی مدیریت ریسک که تصمیم‌گیری گروهی است، را دارا می‌باشد. از این‌رو، مدل ارائه شده جهت اولویت‌بندی ریسک پروژه‌های سکوی نفتی، مدلی کارا به شمار می‌رود.

۳- نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که مهمترین ریسک‌های اثرگذار بر پروژه مورد مطالعه، ریسک توقف عملیات اجرایی ناشی از نقص در تجهیزات، دستورالعمل‌ها و خطای انسانی، ریسک خطای حمل و نقل و ریسک تأثیرات منفی شرایط نامساعدجوی بر اجرا می‌باشند، که فرآیند پاسخگویی به آن‌ها نقش به سزایی در کاهش یا حذف آن‌ها دارد.

۴- محققان در تحقیقات آتی می‌توانند ریسک‌ها را با استفاده از سایر مدل‌های چند شاخصه، ارزیابی و اولویت‌بندی کنند. انتخاب مدل تصمیم‌گیری و نیز مقایسه نتایج رتبه‌بندی با استفاده از مدل‌های مختلف تصمیم‌گیری می‌تواند مورد توجه پژوهشگران قرار گیرد.

۵) انجام این تحقیق برای مدیریت ریسک سایر پروژه‌های ساخت سکوهای نفتی توصیه می‌شود.

#### ۴. پیشنهادات تحقیق

پیشنهادهای عملی در قالب اقدامات پیشگیرانه و کنترلی در خروجی‌های نرم افزار آورده شده است لکن به طور کلی توان اقدامات زیر را به عنوان جمع‌بندی پیشنهادات اجرایی ارائه نمود:

هوشیاری و دقت کارکنان و هماهنگی بین پرسنل، استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب، استفاده از ابزاری کار سالم و مناسب، رعایت حد فاصله ایمن، بازرسی و نظارت کامل در حین انجام کار توسط کارشناسان ایمنی، اصول اطمینان از ایمن بودن شرایط قبل از انجام هر مرحله از کار پیشنهاد می‌گردد

به دلیل اینکه سکوهای نفتی به سرعت در حال توسعه بوده و در آینده ای نه چندان دور شاهد فعال شدن بیش از پیش آن از لحاظ صنعتی و تجاری خواهیم بود، لازم است که از هم اکنون تمهیدات زیست محیطی به طور دقیق رعایت شود تا احداث سکوهای جدید بر اساس استانداردهای تدوین شده صورت پذیرد.

انجام ارزیابی ریسک سکوهای نفتی با استفاده از سایر مدل‌های ارزیابی و برآورد اقتصادی اجرای اقدامات پیشگیرانه و کنترلی و مقایسه با هزینه‌های حوادث احتمالی پیشنهاد می‌گردد

#### منابع و مراجع

- [1]. Douglas Thiago S.Alves , Gilson Brito Alves Lima, 2021, Establishing an onshore pipeline incident database to support operational risk management in Brazil - Part 2: Bowtie proposition and statistics of failure, Process Safety and Environmental Protection Volume 155, November 2021, Pages 80-97.
- [2]. Lin Che Huei, Lin Ya-Wen, Yang Chiu Ming, 2020. Occupational health and safety hazards faced by healthcare professionals in Taiwan: A systematic review of risk factors and control strategies, SAGE Open Medicine Volume 8: 1-12.
- [3]. Mohammed Ismail Iqbal. Osama Isaac. Ibrahim Al Rajawy. Shamsuddin Khuthbuddin. Ali Ameen . 2021.Hazard identification and risk assessment with controls (Hirac) in oil industry – A proposed approach. materials today. Volume 44, Part 6, 2021, Pages 4898-4902
- [4]. Nouri, J., Mansouri, N., Abbaspour, M., Karbasi, AR., Omidvari, M., 2011. Designing a developed model for assessing the disaster induced vulnerability value in educational centers. Safety Sci. 49(5), 679-685.
- [5]. Panayiota, Sourtzi ,Athina, Kalokairinou, Evi, Sgourou, Emmanouel, Koumoulas ,Emmanouel, Velonakis . 2011. Risk Assessment of Physical Hazards in Greek Hospitals Combining Staff's Perception, Experts' Evaluation and Objective

- Measurements Safety and Health at Work. Volume 2, Issue 3, September 2011, Pages 260-272.
- [6]. Petcharatana Bhuanantanondh. Pokkate Bandidcharoenlert. Wattana Jalayondeja. Chutima Jalayondeja Keerin Mekhora. 2021. Fatigue assessment among onshore oil rig shift workers in Thailand. International Journal of Industrial Ergonomics. Volume 83
- [7]. S. M. Arnold, M. S. K. Wickrematilake, R. M. S. D. Fernando, H. M. R. C. Sampath, R. P. P. Karunapema, P. K. B. Mahesh, P. M. Munasinghe & C. J. Denawaka, 2021. Occupational hazards in medium and large scale industrial sectors in Sri Lanka: experience of a developing country, BMC Research Notes volume 12, Article number: 755
- [8]. Zheng, Q. C., Yao, A. L., Guan, H. P., JIANG, H. Y., & GU, D. M. (2013). Risk analysis for oil & gas pipelines. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 25(3), 505-523.
- [۹]. آشوری، عبدالمجید، روش بوتای (Bowtie) ابزاری مفید جهت ارزیابی ریسک های ایمنی و سایر ریسک های سازمانی، دومین کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران، اصفهان، ۱۳۹۷.
- [۱۰]. افضل بهبهانی. نگار. احمدی. آفرین. ۱۳۹۲. ارزیابی ریسک مخاطرات ناشی از عملیات حفاری در روی سکوها و دکل های حفاری با استفاده از روش FMEA (مطالعه موردی: دکل ها و سکوها شرکت حفاری شمال). نخستین همایش ملی HSE با رویکرد صنایع بالادستی نفت و گاز.
- [۱۱]. برخوردار، ابوالفضل . شیرازی، جواد . حلوانی ، غلامحسین . ۱۳۹۱. شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک فرآیند تونل سازی با بکارگیری از تکنیک آنالیز ایمنی شغل. دوماهنامه طلوع بهداشت. شماره ۳.
- [۱۲]. بهوندپور. رحیم. گلبابایی. فریده، ۱۳۹۴، مدیریت مخاطرات، مدلسازی و ارزیابی پیامد نشتی از مخزن تفکیک گر سکوی نفتی نوروز جدید، ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز/ شماره ی ۱۲۲
- [۱۳]. بهوندی. ابوذر. دشتی. سولماز. ورشوساز. کتایون، بررسی و ارزیابی مخاطرات شغلی در دکل های حفاری میدان نفتی با روش HAZAN (مطالعه موردی: میدان نفتی یاران جنوبی)، مجله سلامت و بهداشت، سال دهم، شماره چهارم، ۱۳۹۸.
- [۱۴]. جهانگیری، مهدی ، ۱۳۹۴، مدیریت و ارزیابی ریسک - جلد اول (کلیات و ارزیابی ریسک کیفی). انتشارات فناوران.
- [۱۵]. حسینی. هدی السادات. دانا. تورج. ارجمندی. رضا. شیریان پور. ایمان. مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت شغلی در فاز ساخت سکوها نفتی و ارایه راهکارهای مدیریتی بهبود (مطالعه موردی فاز ساخت سکوها میدان نفتی رشادت، شماره ۳، ۶۷-۳۹. (۱۳۹۱).
- [۱۶]. حمیدان. نگین. دشتی. سولماز. ۱۳۹۷، ارزیابی ریسک مخازن نفتی آموت منطقه آزاد اروند در مرحله بهره برداری با استفاده از روش FMEA، نشریه سلامت و بهداشت اردبیل، دوره ۹ شماره ۴؛ از صفحه ۳۸۹ تا صفحه ۴۰۲ .
- [۱۷]. حیرانی و بقایی ، ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال نفت و گاز مدیریت مخاطرات، مدلسازی و ارزیابی پیامد نشتی از مخزن تفکیک گر سکوی نفتی نوروز جدید، ماهنامه علمی- ترویجی اکتشاف و تولید نفت و گاز/ شماره ی، ۱۲۲، ۱۳۹۴.
- [۱۸]. خسروی راد. زارعی. محمد فام . ۱۳۹۳ ، تجزیه و تحلیل علل ریشه ای حوادث فرایندی ایستگاه های تقلیل فشار گاز شهری با استفاده از تکنیک های تحلیل خطرات عملکردی ، تحلیل پاپیونی، مقاله پژوهشی مجله مهندسی بهداشت حرفه ای، دوره ۱، شماره ۳، پاییز ۱.