



مؤسسه آموزش عالی غیر دولتی غیر انتفاعی انرژی

عنوان پایان نامه

ارزیابی ریسک بویلر نیروگاه خرم آباد به روش BOWTie

استاد راهنما: دکتر مصطفی عادل زاده

استاد مشاور: دکتر حیدر مداح

پژوهشگر: عارف رحمتی

تابستان ۱۴۰۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانب عارف رحمتی به شماره دانشجویی 9813723022 دانشجوی رشته مهندسی ایمنی ، بهداشت و محیط زیست (HSE) مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تأیید می‌نمایم که کلیه‌ی نتایج این پایان‌نامه/رساله حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداری‌شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده‌ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی ...) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض درخصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذی‌صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی: عارف رحمتی

امضا و تاریخ:

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- ☒ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ممنوع است.

نام استاد راهنما:

جناب آقای دکتر مصطفی عادل‌زاده

تاریخ:

امضا:

تقدیم به

خانواده دوست داشتیم که همیشه
دعای خوب آنها پشتیبان من بوده است.
و با انرژی و دلگرمی آنها ،
مرا در راه پیشرفت تحصیلی و پژوهش ، یاری نموده اند و
همه کسانی که مرا علم و دانش آموختند.

تشکر و قدردانی

سپاس خداوند بخشنده و مهربان را که مرا یاری رساند تا بتوانم در راه کسب علم و دانش و طی کردن دوره کارشناسی ارشد موفق شوم و قدمی در راستای اعتلای علم بر دارم. و همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر مصطفی عادل زاده و دکتر حیدر مداح که وجودشان همیشه مایه سرافرازی و سربلندی اینجانب در کارهایم بوده است و قطعاً انجام این پایانامه بدون هدایت و رهنمودهای با ارزش آنها امکان پذیر نبوده است، نهایت تشکر را دارم. اساتید گرامی که قبول زحمت دآوری این رساله را پذیرفتن نیز سپاسگزارم.

تشکر از تمام معلمان و اساتیدی متعهد و دلسوز که سعادت دانش آموزی و دانشجویی در محضرشان را داشتم.

از دوستان عزیزم که همیشه حضورشان قوت قلبی برای اینجانب بوده و زمان خوشی را که چه در تحصیل و چه ایام غیر تحصیل کنار هم گذرانده ایم، تقدیر و تشکر دارم.

و در انتها از همه عزیزان گرانقدری که در طی انجام این پروژه مرا کمک کرده‌اند کمال تشکر و قدردانی را از صمیم قلب ابراز می‌نمایم.

چکیده

حوادث ناشی از کار از دیرباز به عنوان یک عامل ویرانگر با پیامدهای متفاوت برای انسان شناخته شده است. هر چند این پدیده در سال‌های اخیر در کشورهای در حال توسعه نظیر ایران موجب ریسک فاکتورهایی بهداشتی، اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی و سیاسی تبدیل شده است. پیامدهای ناگوار حوادث موجب گردیده تا همیشه جواب این سوال اساسی بی‌پاسخ بماند که چرا با وجود ارتقا و توسعه زیاد ایجاد شده در زمینه ایمنی و معرفی علم ایمنی سیستمی که بر روش‌های سیستماتیک شناسایی و کنترل تهدیدات و خطرات قبل از تبدیل شدن به حادثه تاکید میکند، چنین حوادثی با پیامدهای غیر قابل جبران بوجود آید. مطالعه حاضر یک واکاوی تحلیلی - مقطعی میباشد که در این پژوهش سعی شده ضمن معرفی بویلر نیروگاه سیکل ترکیبی و اجزای آن با تشریح سیستم و شناسایی خطر به تحلیل ریسک این واحد با روش پاپیونی با استفاده از نرم افزاری به نام Bow Tie ProTM صورت بگیرد.

مدل پاپیونی توانسته به عنوان یک روش ساختار یافته برای ارزیابی ریسک در مواردی که رویکرد کمی ممکن یا مطلوب نیست رواج پیدا کند. ماهیت اصلی این تکنیک تعیین تعداد موانع ایمنی موجود برای پیشگیری، کنترل و کاهش سناریوهای شناسایی شده و کیفیت این موانع است، یافته‌های این روش بیانگر این است که مدل پاپیونی از تجزیه و تحلیل پیچیده‌ای در واحد بویلر نیروگاه سیکل ترکیبی پشتیبانی میکند، اما انقدر ساده است که برای تمام گروه‌های شغلی اعم از کارگر و تکنسین و ... قابل درک میباشد همچنین قابلیت‌ها بصری آن را به یک ابزار ارتباطی عالی تبدیل نموده است.

واژه‌های کلیدی: روش Bow-tie، ارزیابی ریسک، سیستم مدیریت HSE، مدیریت ریسک.

فهرست مطالب

۱	فصل اول
۱	(کلیات تحقیق)
۲	۱-۱ مقدمه
۲	۲-۱ بیان مسئله
۷	۳-۱ ضرورت تحقیق
۸	۴-۱ توضیح مختصر مساله و سابقه تحقیق:
۸	۵-۱ توضیح مختصر در مورد بویلر
۹	۶-۱ فرضیات پروژه
۱۰	۷-۱ سؤالات:
۱۰	آیا می توان ریسک بویلر نیروگاه خرم آباد را با استفاده از روش Bow tie کاهش داد؟
۱۰	آیا استفاده از نرم افزار BowTie ProT می تواند برای تحلیل ریسک ایمنی در بویلرهای سیکل نیروگاه خرم آباد تأثیر گذار باشد؟
۱۰	چقدر امکان کشف قبل از وقوع دارد؟ یا چقدر امکان کنترل خطر و پیشگیری از وقوع حادثه وجود دارد؟
۱۰	آیا تکنیک ارزیابی ریسک پایونی (Bow Tie) به عنوان یکی از روش های مفید در حوزه مدیریت و تحلیل ریسک موجب بهبود شناخت عوامل موثر با بالفعل شدن خطرات و پیامدهای حاصل از آن شده است؟
۱۰	فرایند وقوع حوادث طبق چه الگویی پیش میرود؟
۱۰	تکنیک bow tie طبق چه الگویی به بهبود ایمنی سیستم کمک می نماید؟
۱۰	۸-۱ اهداف:
۱۱	۹-۱ روش پژوهش
۱۱	۱۰-۱ واژگان و تعاریف
۱۴	فصل دوم
۱۴	(مبانی نظری)
۱۵	۱-۲ تعریف نیروگاه سیکل ترکیبی
۱۸	۲-۲ تعریف بویلر

۲۱.....	۳-۲- اجزای بویلر
۲۴.....	۴-۲- انواع بویلر
۲۴.....	۵-۲- کاربردهای بویلر
۲۵.....	۶-۲- اجزای اصلی سیستم بویلر
۲۹.....	۷-۲- انواع بویلر
۳۲.....	۸-۲- انواع مختلف بویلرهای مورد استفاده در صنعت
۳۳.....	۹-۲- معرفی نیروگاه سیکل ترکیبی خرم آباد
۳۵.....	۱۰-۲- مشخصات نیروگاه خرم آباد
۳۵.....	۱۱-۲- پیشینه تحقیق

۴۲	فصل سوم
۴۳.....	۱-۳- مقدمه:
۴۳.....	۲-۳- روش انجام پژوهش (BOW - TIE)
۴۵.....	۳-۳- آشنایی با روش Bow - TIE
۴۷.....	۴-۳- مراحل تدوین دیاگرام Bow - TIE
۵۲.....	۵-۳- معرفی نرم افزار

۶۰	فصل چهارم
۶۳.....	۲-۴- جابجایی و نصب منوریل و هارپ
۶۴.....	۳-۴- بارگیری لوله INTEGRAL PIPING با جرثقیل
۶۵.....	۴-۴- عملیات تایلینگ و شست و شو
۶۶.....	۵-۴- MANIFOLD ERECTION_Erection Drums HP.LP
۶۷.....	۶-۴- تنش زدایی RT.Test

۶۸	فصل پنجم
۶۸.....	خلاصه، بحث، نتیجه گیری
۶۹.....	۱-۵- مقدمه
۶۹.....	۲-۵- خلاصه پژوهش
۷۰.....	۳-۵- نتایج پژوهش و بحث

فهرست اشکال

Error! Bookmark not defined.	شکل (۱-۲)
نمای سه بعدی نیروگاه سیکل ترکیبی	شکل (۲-۲)
نمای شماتیک سیکل برایتون	شکل (۳-۲)
نمای بیرونی بویلر بازیافت	شکل (۴-۲)
نمای شماتیک بویلر بازیافت	شکل (۵-۲)
نمای کلی بویلر در نیروگاه سیکل ترکیبی حین ساخت	شکل (۶-۲)
نمای از نیروگاه سیکل ترکیبی خرم آباد	شکل (۷-۲)
روش پاپیونی	شکل (۱-۳)
دیاگرام پاپیونی	شکل (۲-۳)
پیامد یک خطر	شکل (۳-۳)
اولویت بندی کنترل های پیشگیرانه	شکل (۴-۳)
اولویت بندی انتخاب اقدامات کنترلی	شکل (۵-۳)
کنترل های کاهش دهنده	شکل (۶-۳)
مدل پنیر سوییسی	شکل (۷-۳)
مشخص کردن Escalation Factor	شکل (۸-۳)
نمونه استفاده از روش ارزیابی BOW - TIE در یک خودرو	شکل (۹-۳)

فهرست جداول نمودارها

مشخصات نیروگاه خرم آباد	جدول (۱-۲)
مقادیر احتمال بر اساس میزان تکرار	جدول (۱-۴)
مقادیر شدت بر اساس نوع اثر خطر	جدول (۲-۴)
ماتریس ارزیابی ریسک	جدول (۳-۴)
نمونه نمودار پاپیونی	نمودار (۱-۳)
جابجایی و نصب منو ریل و هارپ	نمودار (۱-۴)
بارگیری لوله INTEGRAL PIPING با جرثقیل	نمودار (۲-۴)
عملیات تایلینگ و شست و شو	نمودار (۳-۴)
MANIFOLD ERECTION_Erection Drums HP.LP	نمودار (۴-۴)
تنش زدایی RT.Test	نمودار (۵-۴)

فصل اول

(کلیات تحقیق)

۱-۱ مقدمه

همان طور که می دانیم تحلیل و بررسی پیامدهای حوادث ، تاثیر به سزایی در بررسی کمی و کیفی ریسک را برعهده دارد. نتایج ارزیابی کمی و کیفی ریسک و مدلسازی پیامد حوادث می تواند در شناسایی و جانمایی جغرافیایی صنایع فرآیندی، تعیین پارامترها و لازم در طراحی تجهیزات و تاسیسات، بررسی مقایسه ای در انتخاب طرح های مختلف، تعیین و بکارگیری الگوهای مناسب مدیریت بحران و حوادث، شناسایی پیامدهای حوادث و صدمات بالقوه بر روی تجهیزات و صدها آیت دیگر استفاده شود. شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک روشی نظاممند و سازمان یافته است الگوی مناسبی برای اولویت بندی ریسک جهت کاهش ریسک تا سطح قابل قبول و بالا بردن ایمنی سیستم می باشد بنا به پیچیدگی و مشکلات روز به روز سیستم ها و بوجود آمدن تکنولوژیهای به روز و همچنین با توجه به ویژگی خطاپذیری و غیر قابل پیش بینی بودن نیروی کار و اهمیت آن در صنعت، شناسایی، پیش بینی و تجزیه و تحلیل خطرات و تهدیدات و تدبیر و ارائه راهکارهای کنترلی و اقدامات اصلاحی مناسب برای کاهش خطاهای ناشی از اعمال و شرایط ضروری به نظر می رسد.

۱-۲ بیان مسئله

با دقت به پیشرفت و توسعه صنایع در کشور و ضرورت رو به رشد جوامع به فراورده ها منجر به افزایش خطرات و پیامد ها و آسیب پذیری انسان نسبت به پیامد های برآمده از فرآیندها و مواد مختلف شده است. با توجه به تجزیه تحلیل حوادث تلخ را می توان برای ارتقا شیوه های پیشگیری از حوادث و پیامد ها در آینده استفاده نمود. وجود حوادث صنعتی و شغلی با بازتاب های بسیار میشود به سکوی نفتی پایپر آلفا در سال ۱۹۸۸ در دریای شمال اشاره نمود، فاجعه در سه وسو ایتالیا در سال ۱۹۷۹ با نشتی گاز و یا سانحه زیست محیطی که در خلیج مکزیک در سال ۲۰۱۰ به وقوع پیوست تنها تعدادی از فجایع بزرگ و تلخ صنعتی می باشند که با ضرر و زیان مالی و جانی زیادی را به دنبال داشته اند. با به وقوع پیوستن حوادث بسیار و متنوع صنعتی، قوانین الزامی در بخش ایمنی و بهداشتی در بیشتر کشورها تا حدودی از حوادث مکرر مشابه پیشگیری شده است، ولی با این چنین قوانینی همچنین از این قبیل حوادث راشاهد بوده ایم، که می توان به فاجعه حریق و انفجار پالایشگاهی تگزاس ایالات متحده در سال ۲۰۰۵ اشاره کرد. (۱ و ۲) ایران نیز بارها تجربه اینگونه فجایع بحرانی را داشته است. حادثه حریق در پتروشیمی بوعلی سینا در بندر ماهشهر و همچنین حادثه حریق ساختمان پلاسکو تهران که در سال ۱۳۹۰ به وقوع پیوست و حوادث متفاوت و مشابه در صنعت گاز ، نفت و پتروشیمی در کشورمان

جمهوری اسلامی ایران شاهد قانع کننده ای بر این موضوع و پیامدهای بحرانی آن می باشد. با توجه به حوادث بیان شده و پیامدهای بزرگ صنعتی و شغلی در این خصوص، در ذهن هر پژوهشگری این سوال اساسی به وجود می آید که به چه نحو با استقرار سیستم های مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست و استاندارد های مختلف اینگونه فجایعی با پیامدها و خساراتی چه از حیث مالی و چه از حیث جانی و یا اعتباری بعضاً غیر قابل جبران بوجود آمده است؟ آیا هدف از استقرار سیستم های مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیستی جزء کنترل خطرات و ارائه راهکار های کنترلی برای کاهش حوادث مربوطه نبوده است؟ (۱ و ۲) طرح ها و برنامه های کلان و پیچیده صنعتی همیشه در معرض واقع شدن ریسک های مختلف قرار دارد که موفقیت کامل آنها مشروط به مدیریت صحیح تمامی ریسک های موجود در آن حوزه است. شناسایی خطرات و درک صحیح ریسک و ارزیابی درست آن از کلیدی ترین بخش های مدیریت ریسک است که زمینه ساز موفقیت و بهرهمندی از دیگر فعالیت ها است، در صورتی که پارامتر های ریسک به درستی تعیین نشوند باعث گمراهی تیم مدیریت ریسک و به هدر رفتن منابع سازمان خواهد شد (۳). به همین جهت به دلیل کاهش حوادث و پیشگیری از حوادث مختلف، نیازمند پیاده سازی صحیح شیوه هایی در حوزه علم مدیریت و ارزیابی ریسک می باشیم. منظور از مدیریت ریسک، شناسایی خطرات، ارزیابی صحیح، حذف و یا کنترل منابع خطر در محیط های فعالیت می باشد.

مدیریت ریسک مجموعه را مقتدر می سازد که به شیوه بهتری ریسک های متدوال در فعالیت های روزانه را مدیریت نموده و با خاطری آسوده از خطرات و پیامدهای احتمالی به صورت تاثیر گذار فعالیت ها را ادامه دهد. همچنین با توجه به ارزیابی ریسک یکی از کلیدی ترین مراحل مدیریت ریسک است که ابزاری قوی را جهت اولویت بندی ریسک های موجود و طبقه بندی آنها در سطوح مختلف در محیط کار ایجاد می کند. (۱)

ارزیابی ریسک فرآیند کلی شناسایی تمامی دارایی های اطلاعاتی ریسک به جهت بررسی تحلیل ریسک و اندازه گیری آن است. مجموعه بایستی ریسک، حوزه های تأثیرات، رویدادها، انواع تهدیدات و دلایل آن و پیامدها و تأثیرات احتمالی آن ها را شناسایی کند. شناسایی بایستی شامل همه ریسک ها شود چه منشأ آن تحت کنترل سازمان باشد و چه نباشد، هر چند منشأ ریسک یا دلیل آن ممکن است مشخص نباشد. تحلیل ریسک شامل ایجاد کردن درکی از ریسک می شود. تحلیل ریسک یک ورودی به اندازه گیری ریسک و تصمیمات در مورد این که آیا نیاز است با ریسک ها برخورد شود و شایسته ترین راهبردها و شیوه های برخورد با ریسک چیست، ارائه می دهد و منظور از سنجش ریسک کمک در تصمیم گیری، بر اساس واکنش های تحلیل ریسک در مورد این است که چه ریسک هایی لازم به برخورد دارند و ارجحیت برای برخورد کدام است. (۴). این پژوهش در تلاش است که بصورت توصیفی در کنار آشنایی با تکنیک BOW TIE و مزیت های آن را نیز در بهینه سازی و اولویت بندی مدیریت ریسک از طریق ارتقا فرآیند های آگاهی، بررسی، پیش بینی و رضایت مندی پرسنل سازمان را نشان

دهد. این مدلسازی توانسته از روش ارتباط بین سیستم های سخت افزاری ، نرم افزاری و موازنات مورد نیاز از یک طرف و برقراری ارتباط میان خطرات و پیامد های ناشی از منابع شناسایی شده خطر آنها را با استفاده از ایجاد موانع مورد نیاز و وسایل جبرانی به منظور جلوگیری از حوادث و کاهش و کنترل پیامد های زنجیره ای ناشی از آنها را برقرار و نحوه کنترل آنها را در سیستم مدیریت ایمنی بخوبی نشان دهد. (۲)

در تجزیه و تحلیل عوامل بالقوه دارای پتانسیل آسیب رسانی با اقدامات کنترلی، آگاهی و وضعیت نمایش و وظایف خطرناک به جهت کلیه نگرانیات در طبقات پایین هرم مدیریتی بگرنج است اما این تکنیک توانایی به تصویر کشیدن ارتباط کلیه پارامتر های موجود را دارد و مفید ترین نمایش گرافیکی و دیاگرامی از مدیریت ریسک ، با هر میزان هشجاری و سطح آگاهی جهت کلیه پرسنل در حوزه های مختلف سازمان را به نمایش می گذارد . در این بین آگاهی کلیه پرسنل سازمان در بعد های مختلف از نقش کلیدی و مفید آنها در کنترل و نظارت ریسک و پیامد از آنها ماکزیمم اثر را در ارتقا ساختار و بهبود عملکرد سیستم های مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست خواهد گذاشت . (۵)

ارزیابی ریسک کمی و کیفی دارای تکنیک ها، روشها و شاخص های متفاوت و مختلفی می باشد. مدل پاپیونی یک تصویر گرافیکی از مسیرها از علل یک رویداد یا خطر تا عواقب و پیامد های آن در یک نمودار کیفی ساده علت-پیامد است .این یک ترکیب ساده از یک درخت خطا است که علت یک رویداد یا خطر ، سمت چپ نمودار و یک درخت رویداد که پیامدها را تجزیه و تحلیل می کند ، سمت راست .به صورت پاپیون نشان داده شده است ، جایی که گره پاپیون از نقطه ای است که مسیرهای درخت گسل به هم نزدیک می شوند و درخت رویداد به بیرون گسترش می یابد .در حالی که نمودارهای پاپیون را می توان از درختان گسل و رویداد تهیه کرد ، اغلب بیشتر مستقیماً از یک جلسه طوفان مغزی تهیه می شوند و زمینه متمر ثمر را برای اکتشاف گروهی کنترل ها فراهم می کند. (۶)

امروزه از مدیریت و ارزیابی ریسک برای برقراری ایمنی سیستم ها و به حداقل رساندن حوادث ناگهانی استفاده می شود.ارزیابی ریسک مناسب و کافی برای تثبیت اهمیت حیاتی دارد ، استدلال های مورد ایمنی ابزارهای مناسب مدیریت ریسک و تکنیک ها باید انتخاب شوند و انتخاب مستند و برنامه های مدیریت ایمنی و محیط زیست توجیه شود. عدم اعمال مناسب ابزارها و تکنیک های قوی می تواند عواقب شدیدی داشته باشد . یک سیستم مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت شغلی سازمان را در شناسایی، حذف و یا به حداقل رساندن ریسک های مرتبط با مسائل ایمنی و سلامت کارکنان کمک می نماید و تصمیم بر اینکه آیا سطوح ریسک قابل پایداری هستند یا برخورد دیگری با آن انجام شود را روشن می کند که موجب جلوگیری از حوادث احتمالی در صنعت می گردد. ارزیابی ریسک از با اهمیت ترین ابزارهای انتخاب استراتژی های کنترل است که باید در سطوح و ابعاد گوناگون یک فرآیند بررسی گردد. (۷)

یکی از تکنیک های مورد توجه زمینه تجزیه تحلیل ریسک، استفاده و بهرمندی از نرم افزارهای مختلف در فرایند شناسایی و ارزیابی ریسک ها در صنایع می باشد. یکی از این ابزارها نرم افزار BowTie ProTM میباشد که به عنوان یک ابزار علمی مناسب برای برخی از سطوح کمی از نمودار پاپیونی در موارد زیر امکان پذیر است:

- مسیرها مستقل هستند
- احتمال وقایع در هر مسیر را می توان برآورد کرد
- احتمالاتی که کنترل های خاص با شکست مواجه می شوند قابل تخمین است.

با این حال ، بسیاری از شرایط پیچیده تر هستند ، مسیرها و موانع مستقل نیستند و اثربخشی کنترل ها ممکن است نامشخص باشد . در این شرایط تلاش برای تعیین کمی کار عاقلانه ای نیست . ابزارهای کمی مناسب تر ممکن است تجزیه درخت خطا ، تجزیه و تحلیل درخت رویداد یا سطح تجزیه و تحلیل حفاظتی باشد. (۸)

روش پاپیونی همانطور که از نامش مشخص است یادآور شکل سنتی یک پاپیون می باشد ، اما تجزیه تحلیل با این روش به نظر میرسد که از نمودار علت و پیامد در دهه ۱۹۷۹ تکامل یافته است ، یکی از تکنیک های صحیح در حوزه مدیریت ریسک می باشد که ایده ابتدایی آن در دانشگاه کوئینزلند استرالیا و ذهن دانشجوی به نام هازن در سال ۱۹۷۹ رسیده که در سمیناری آن را نمایش داده شده است و بدون شک کمپانی رویال داچ شل تنها کمپانی است که به طور کامل در آن دهه از این تکنیک بهره برده و در تمامی فرایند های خود مستقر کرده است و بعد از آن این تکنیک در مابقی کشور های صنعتی به مرور ارتقا یافته است با توجه به پیشینه و آموخته های مطرح شده، بنظر میرسد که می توان از این تکنیک در مدیریت کلیه ریسکها و برای تمامی خطرات استفاده کرد. تکنیک گره پاپیونی نمایش واقعی تری از ارتباط بین عوامل تاثیر گذار در بروز خطرات ، پیامدهای ایجاد شده از آن و موانع کنترلی و اقدامات اصلاحی که میتواند با توجه به اولویت های مشخص شده در هر مرحله مانع از به وقوع پیوستن حادثه شود را ایجاد کند. (۲)

تولید برق در سراسر جهان به دلیل نیاز به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و معرفی منابع مختلط انرژی ، به طور چشمگیری در حال تغییر است. شبکه برق در زمینه انتقال و توزیع برای برآوردن تقاضا با تغییرات غیرقابل پیش بینی روزانه و فصلی با چالش های بزرگی روبرو است. تولید انرژی الکتریکی به عنوان فناوری های زیر بنایی شناخته شده است که دارای پتانسیل بالایی در رویارویی با این چالش هاست. برق در نیروگاه ها اعم از سیکل ترکیبی، حرارتی و ... تولید میشود و به واسطه شبکه های انتقال و توزیع در اختیار بخش مختلف قرار میگیرد . شبکه توزیع پل ارتباطی بین شبکه انتقال و مصرف کنندگان برق خانگی و صنعتی است که این انرژی بسیار حیاطی را به آنان میرسانند. از آنجا که شرکت های مختلفی، همچون شرکت های بهره برداری ، تعمیرات ، گارانتی و غیره و نیروه های کار ، در معرض

رویارویی با حوادث شغلی در حوزه کاری خود هستند، که احتمال به وقوع پیوستن حوادث و خطرات در این حوزه ها زیاد است . (۸)

تصور زندگی بدون انرژی الکتریکی در جهان امروز غیرممکن است. از روزمره‌ترین لوازم زندگی مانند تلفن همراه و لپتاپ و ماشین لباسشویی گرفته تا خطوط راه آهن، تجهیزات پیشرفته درمانی و خطوط تولید صنایع بزرگ، بدون انرژی برق نه چرخه حیات اجتماعی و اقتصادی ما می‌چرخد و نه توسعه‌ای اتفاق می‌افتد.

بر اساس جدیدترین آمار صنعت برق، کشور ما ایران در حال حاضر نزدیک به ۷۸ هزار مگاوات ظرفیت اسمی و بیش از ۶۰ هزار مگاوات ظرفیت عملی در نیروگاه‌های نصب شده دارد. رقم مناسبی که کشورمان را از نظر ظرفیت تولید برق در رتبه پانزدهم جهان قرار می‌دهد. این در حالی است که در اواخر برنامه اول توسعه کشور، یعنی در سال ۱۳۷۲، ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور تنها اندکی بیش از ۱۸ هزار مگاوات بود. جالب آنکه بخش عمده ظرفیت اضافه شده به نیروگاه‌های کشور طی این دو دهه، توسط شرکت‌ها ایرانی ایجاد شده است. با وجود این آمار و ارقام نوید بخش، توسعه صنعت برق ایران در این نقطه متوقف نخواهد شد. فقط ظهور فناوری‌های جدید و محاسبات اقتصادی نیست که صنعت برق را به دنبال یافتن روش‌های برای بهبود کیفیت کارش می‌کشاند؛ دغدغه‌های زیست‌محیطی مانند ضرورت استفاده صیانتی از منابع ارزشمند سوخت فسیلی کشور و کاهش پسماند فرآیندهای تبدیل انرژی نیز نیروی محرکه‌ای است که باعث می‌شود صنعت برق نه فقط در ایران بلکه در کل دنیا به صورت مداوم به دنبال روش‌هایی برای بهبود راندمان باشد، یعنی کاری کند که با هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی کمتر، بیشترین بازده را از نیروگاه‌های برق دریافت کند.. (۸)

نیروگاه از ضروری ترین زیر ساخت های اقتصادی کلان بحساب می آید، که با پیشرفت های فنی و پیچیده شدن تکنولوژی ، در معرض حوادث و پیامد های ناسی از این حوادث قرار می گیرند و در صورتی که درگیر معضل یا نقصی شوند پیامدها متفاوت زیادی در پی خواهد داشت . به صورت کلی هریک از نیروگاه ها برای تولید برق مشخصات فنی و ویژگی های خاص خود را دارند که در ادامه با این مشخصات آشنا میشویم . در حال حاضر اکثر نیروگاه هایی که در کشور ما جمهوری اسلامی ایران در دست بهره برداری قرار دارند عبارتنداز: نیروگاه های سیکل ترکیبی، آبی، دیزلی، بادی، خورشیدی و آبی می باشد و در کلیه ی نیروگاه ها موضوع مشترکی وجود دارد که تبدیل انرژی حرارتی حاصل از خروج از توربین گازی به انرژی حرارتی توسط درچه اگزوز میباشد.

نوع فعالیت‌ها و حجم عملیات اجرایی در بخش توزیع برق به علت ماهیت کار و گستردگی شبکه‌ها و تجهیزات مربوطه و به تبع آن درگیر شدن پرحجم نیروی کار و در معرض حادثه را با آن فراهم می‌سازد. شرایطی که عنوان شد خطرات متعدد و در سطوح مختلف را با انجام کارها توأم می‌سازد. این خطرات در صورت عدم مدیریت بر آنها منجر به حوادث شده و از این زاویه اقتصاد ضعیف و برنامه‌های پرحجم شرکت‌های توزیع مورد تهدید قرار می‌گیرد. اتخاذ روش‌ها و راهکارهای سنتی و ساده نمی‌تواند حتی در

شرایط فعلی کیفیت عملیات این بخش (کار در شرایط عمدتاً سرد) تامین‌کننده حداقل‌های ایمنی کارکنان و مشترکان باشد و با توجه به اینکه کار در شرایط خط گرم به منظور حفظ پیوستگی سرویس برق‌رسانی به مشترکان و کاهش مقوله انرژی توزیع نشده جزو الزامات آتی بخش توزیع نیرو خواهد بود به دلیل افزایش طبیعی سطح خطرات در این رویکرد جدید کاری دستیابی و بکارگیری رویکردهای کارتری در ارتباط با موضوع ایمنی این بخش ضرورت پیدا می‌کند. مدل ایمنی مدیریت ریسک یکی از ابزارها بوده و بطور سیستماتیک به تشخیص و ردیابی خطرات در این بخش پرداخته و می‌تواند سهم قابل توجهی در ایمن‌سازی محیط عملیات ایفا کند. (۱۰)

طبق آنچه که بیان شد، این پژوهش با هدف شناسایی، ارزیابی و حذف و یا کنترل صحیح و تاثیر گذار خطرات ایمنی در نیروگاه برق در واحد بویلر بر اساس تکنیک ارزیابی ریسک پاپیونی و به کمک نرم افزار Bow Tie Pro طراحی شده است.

۱-۳- ضرورت تحقیق

پروژه بزرگ و پیچیده صنعتی همواره در معرض پیدایش ریسک‌های گوناگون قرار دارند و موفقیت آن‌ها تحت تأثیر مدیریت صحیح این ریسک‌ها می‌باشد. نیروگاه‌های برق از اصلی‌ترین زیر ساخت‌های اختصاری بشمار می‌آیند و یافته‌های تعدادی از مطالعات حاکی از آن هستند که بروز نقص در این محیط‌ها عواقب و اثرات منفی بسیاری را در بر خواهد داشت. از این جهت ایمنی در ساخت توربین‌ها و بویلرهای نیروگاه، بسیار حائز اهمیت می‌باشد. برای این که سازه‌ها یکی از مهمترین ساختمان‌های نیروگاه بوده و در صورت بروز هر گونه اشتباه در آن تولید برق با مشکل مواجه می‌شود. (۱۱)

تکنیک ارزیابی ریسک پاپیونی (Bow Tie) به عنوان یکی از شیوه‌های مؤثر در زمینه مدیریت و تحلیل ریسک باعث بهبود شناخت عوامل مؤثر بالقوه شدن خطرات و پیامدهای حاصل از آن شده است. (۱۲)

باید توجه داشت که استفاده از این روش منتهی به ارائه توصیه‌های عملی برای کنترل خطرات می‌گردد. نتایج تعدادی از مطالعات توضیح دهنده آن است که تکنیک روش ایده آل برای ارزیابی ریسک بوده و به بهترین شکل ارتباط میان تدابیر را نشان می‌دهد و می‌تواند برای نشان دادن راه کارهای کنترلی و کاهش حوادث مورد استفاده قرار بگیرد. (۱۳) در این ارتباط تحقیقات موجود با منظور تحلیل و ارزیابی ریسک ایمنی ساخت و ساز در واحد بویلرهای نیروگاه برق خرم آباد و ارائه راه کارهای کنترل ریسک برای پیش گیری از بروز حوادث بر مبنای تکنیک ارزیابی ریسک پاپیونی طراحی و انجام شده است. (۱۴)

۴-۱- توضیح مختصر مساله و سابقه تحقیق:

فراهانی (۱۳۹۳)، در پژوهشی با عنوان ارزیابی ریسک به روش پاپیونی (Bow Tie) به بررسی توصیفی شناخت روش پاپیونی و فواید آن در بهینه سازی مدیریت ریسک از روش توسعه فرآیند های بازرسی، پیش بینی شناخت و رضایت مندی نیروی کار پرداخت. پیامد های تلخ حوادث متعدد شدید دهه های گذشته از جمله حادثه نیروگاه اتمی فوکوشیما در ژاپن، سکوی نفتی پایپر آلفا در دریای شمال و یا فاجعه اخیر زیست محیطی در خلیج مکزیک و چندین و چند نمونه حوادث مشابه سبب شده تا پیوسته جواب این پرسش ریشه ای در اذهان بی پاسخ باقی بماند که چرا با استقرار ساختارهای سیستم های مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست بسیار قوی در این مکانهای معمولاً چنین حوادثی با پیامد های غیر قابل جبران بوجود می آید.

آیا استقرار این گونه سیستم هایی نباید منبع انواع خطرات را شناسایی، کنترل و آن حوادث مربوطه را کاهش دهد و یا کنترل کند. جوزی و همکاران در مقاله ای تحت عنوان ارزیابی ریسک ایمنی و فرآیند نیروگاه برق در واحد سیکل ترکیبی بویلر به منظور شناسایی و ارزیابی ریسک ایمنی در مهر ماه سال (۱۳۸۸) لغایت اردیبهشت (۱۳۸۹) انجام دادند. بدین منظور بعد از شناسایی فعالیت ها در واحد ذکر شده از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات فرآیند و جهت ارزیابی ریسک بهره گیری کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که الویت ریسک دستگاه بویلر بین ۶ تا ۱۰ پیش بینی می گردد. معدوم بودن تجهیزات و قرار گیری آنها در ارتفاعات بسیار بالا و ایمن نبودن مدار دسترسی به آنها باعث بالا رفتن عدد اولویت ریسک در اولویت نخست و بروز خطای انسانی عامل اصلی بروز خطرات ایمنی در این واحد صنعتی شناخته می شود. (۱۷)

۵-۱- توضیح مختصر در مورد بویلر

امروزه اصلی که در تمامی سازمان ها به عنوان یک حقیقت انکار نشدنی پذیرفته شده است این است که منابع انسانی هر سازمان عامل حرکت و تحول و پایه توسعه اقتصادی و فزونی توان اقتصادی است. لذا مدیریت سازمان ها باید با بکارگیری صحیح این استعدادها و سعی در پرورش هر چه بهتر آن، راه تکاملی سازمان را بیمایند. نیروی انسانی کارآمد امروزه مانند ماهی لغزنده ای است که اگر نیازهای واقعی او کشف و شناسایی نگردند و به موقع به آن نیازها پاسخ داده نشود احتمال لغزش و کناره گیری او از سازمان وجود دارد (بوشهری، ۱۳۹۱). در نهایت بدون تردید باید اذعان داشت که برای رسیدن به مرحله ی خودکفایی و رشد و توسعه ی همه جانبه ی کشور علی الخصوص در حال حاضر که نیاز به پیشرفت مهم ترین مسأله ی کشور است. از سوی دیگر منابع انسانی به عنوان مهمترین عامل استراتژیک شناخته شده و توسعه ی اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی جامعه بدون توجه به توسعه ی انسانی رویایی بیش تلقی نمی گردد (محمدفام، ۱۳۸۶). در پژوهشی با عنوان ارزیابی ریسک به روش پاپیونی (Bow Tie) به بررسی توصیفی آشنایی با روش پاپیونی و مزیت های آن در بهینه سازی مدیریت ریسک از

روش توسعه فرآیندهای بازرسی، پیش بینی شناخت و رضایت مندی نیروی کار پرداخت. پیامدهای تلخ حوادث متعدد شدید دهه های گذشته از جمله حادثه نیروگاه اتمی فوکوشیما در ژاپن، سکوی نفتی پایپر آلفا در دریای شمال و یا فاجعه اخیر زیست محیطی در خلیج مکزیک و چندین و چند نمونه حوادث مشابه سبب شده تا پیوسته جواب این پرسش ریشه ای در اذهان بی پاسخ باقی بماند که چرا با استقرار ساختارهای سیستم های مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست بسیار قوی در این مکانهای معمولاً چنین حوادثی با پیامدهای غیر قابل جبران بوجود می آید. فراهانی (۱۳۹۳)(۱۹)

بویلر مهمترین قسمت یک نیروگاه بخاری است که شامل درامها- سوپرهیترها- ری هیترها -اکنونمایز- تجهیزات کمکی آن، دمنده های هوا- گرمکن ها- جمع کننده خاکستر دی سوپرهیتر و ... است. بویلرها بصورت زیر دسته بندی می شوند.

همان طور که می دانیم تحلیل و بررسی پیامدهای حوادث ، تاثیر به سزایی در بررسی کمی و کیفی ریسک را برعهده دارد. نتایج ارزیابی کمی و کیفی ریسک و مدلسازی پیامد حوادث می تواند در شناسایی و جانمایی جغرافیایی صنایع فرآیندی، تعیین پارامترها لازم در طراحی تجهیزات و تاسیسات، بررسی مقایسه ای در انتخاب طرح های مختلف، تعیین و بکارگیری الگوهای مناسب مدیریت بحران و حوادث، شناسایی پیامدهای حوادث و صدمات بالقوه بر روی تجهیزات و صدها آیت دیگر استفاده شود. با توجه به پیچیده تر شدن روز به روز سیستم ها و پدید آمدن تکنولوژیهای جدید و همچنین خصلت خطاپذیری و غیر قابل پیش بینی بودن انسان و اهمیت آن در صنعت، شناسایی، پیش بینی و تجزیه و تحلیل خطاها و خطرات و تدبیر راهکارهای کنترلی مناسب برای کاهش خطاهای ناشی از آن ضروری به نظر می رسد. لذا با توجه به مسائل مطرح شده سوال اساسی این پژوهش این است که استفاده از ابزاری همچون نرم افزار bow tie چه میزان میتواند به ایمنی سیستم مدیریت ریسک کمک کند؟.

۱-۶- فرضیات پروژه

۱. به نظر می رسد با روش Bow Tie بتوان ریسک بویلر نیروگاه خرم آباد را کاهش داد.
۲. به نظر می رسد با استفاده از این تکنیک میتوان مفاهیم پیچده را به صورت ساده منتقل کرد.
۳. به نظر می رسد لازم است با توجه به فرایندی بودن حادثه میتوان با این ابزار زنجیره این فرایند تا وقوع حادثه را قطع کرد.
۴. به نظر می رسد با ایجاد موانع پیشگیرانه و اقدامات کنترلی بتوان پیامدها و تهدید های پیرامون فعالیت را کاهش داد.

۷-۱- سوالات:

آیا می توان ریسک بویلر نیروگاه خرم آباد را با استفاده از روش *Bow tie* کاهش داد؟

آیا استفاده از نرم افزار *BowTie ProT* می تواند برای تحلیل ریسک ایمنی در بویلرهای سیکل نیروگاه خرم آباد تأثیر گذار باشد؟

چقدر امکان کشف قبل از وقوع دارد؟ یا چقدر امکان کنترل خطر و پیشگیری از وقوع حادثه وجود دارد؟

آیا تکنیک ارزیابی ریسک پاپیونی (*Bow Tie*) به عنوان یکی از روش های مفید در حوزه مدیریت و تحلیل ریسک موجب بهبود شناخت عوامل موثر با بالفعل شدن خطرات و پیامدهای حاصل از آن شده است؟

فرایند وقوع حوادث طبق چه الگویی پیش میرود؟

تکنیک *bow tie* طبق چه الگویی به بهبود ایمنی سیستم کمک می نماید؟

۸-۱- اهداف:

۸-۱-۱- اهداف کلی:

استفاده از نرم افزار *Bow Tie Pro* یک روش مناسب برای تحلیل ریسک ایمنی در بویلرهای یک سیکل

نیروگاه های برق است.

۸-۱-۲- اهداف اختصاصی

تحلیل ریسک ایمنی در واحد بویلرها می تواند برای جلوگیری از تهدیدات و کاهش پیامد حوادث مورد توجه قرار گیرد.

با استفاده از روش *Bow Tie* بتوان ریسک بویلر نیروگاه خرم آباد را کاهش داد.

بررسی کارآمد بودن این تکنیک در شناسایی خطرات

مشخص کردن دیاگرام مخصوصی برای مدیریت HSE سیستم

اولویت بندی موانع پیشگیرانه و اقدامات کنترلی بر اساس تکنیک *Bow Tie*

۹-۱- روش پژوهش

به جهت شناسایی خطرات از مرور و واکاوی مستندات ، اطلاعات ، مصاحبه با مهندسين دارای دانش و تجربه گروهی از متخصصين ایمنی و بهداشت حرفه ای و روش کتابخانه ای و استفاده از استفاده شده است. جهت تجزیه و تحلیل ارزیابی ریسک بویلرهای نیروگاه برق خرم آباد با استفاده از مطالعات و نظر کارشناسان انجام شده است.

۱۰-۱- واژگان و تعاریف

۱-۱۰-۱- ایمنی

میزان یا درجه فرار از خطر

امنیت، آسایش و سلامتی

به دلیل تغییر پذیری ذاتی انسان و غیر قابل پیش بینی بودن اعمال و رفتار وی، ایمنی صد در صدی هیچگاه حتی برای یک دوره کوتاه مدت وجود ندارد..

۲-۱۰-۱- خطر بالقوه

موقعیتی که دارای پتانسیل ایجاد صدمه و یا جراحت به پرسنل سازمان باشد، خسارت به تجهیزات و ساختمان ها، از بین بردن مواد یا کاهش توانایی و کارایی در اجرای یک عمل از قبل تعیین شده می باشد

۳-۱۰-۱- خطر بالفعل

قرار گرفتن نسبی در معرض خطر بالقوه می باشد که میتواند منجر به رویداد بشود

۴-۱۰-۱- رویداد

رویداد مرتبط با کار که در آن جراحت یا بیماری (صرف نظر از شدت آن) ، یا مرگ رخ دهد یا بتواند رخ دهد.

۵-۱۰-۱- شبه حادثه Near Miss

رخدادی نا مطلوب با نتایجی قابل چشم پوشی ولی مستعد صدمه رساندن، بیماری، خسارت، نابودی، آلودگی یا تمام آنها

۶-۱۰-۱- حادثه

یک یا چند رویداد پی در پی برنامه ریزی نشده و ناخواسته است که به علت اعمال نایمن یا شرایط نایمن یا هر دوی آنها رخ داده و ممکن است منجر به اثرات نامطلوب فوری یا تاخیری شود.

۷-۱۰-۱- وضعیت، شرایط، اعمال نا ایمن

- یک خطر بالقوه که هنوز حادثه ایی نیافریده است
- یا اعمال نا ایمن یا رفتار نا ایمن را شامل می شود

۸-۱۰-۱- ریسک

ریسک عبارتست از احتمالی که مخاطره باعث صدمه و خسارت شود ضربدر شدت آن صدمه یا خسارت. بنابراین ریسک احتمال بالفعل شدن یک خطر است. بصورت ریاضی ریسک را از حاصلضرب احتمال یک واقعه نامطلوب خاص (مانند صدمه جسمانی، حریق و غیره) در پیامد آن واقعه.

$$\text{Risk} = P \times C$$

P احتمال یا تکرار: رخداد یک واقعه نامطلوب معمولاً با احتمال آن در یک دوره مشخص یا فرکانس آن (تعداد وقایع در واحد زمان) اندازه گیری و بیان می شود

C : پیامد واقعه

- شدت خطر * احتمال در معرض قرار گرفتن = ریسک

۹-۱۰-۱- عدم انطباق

عدم برآورده سازی یک الزام

۱۰-۱۰-۱- اقدام اصلاحی

اقدامی برای حذف علت (های) یک عدم انطباق یا یک رویداد و برای پیشگیری از وقوع مجدد آن

۱۱-۱۰-۱- جنبه های ریسک

safety
Health
Environment
Quality
Process

۱-۱۰-۱۲- ظرفیت ریسک

میزان و نوع ریسک هایی که سازمان شما با توجه به اهداف خود توان پشتیبانی از آنها را دارد

۱-۱۰-۱۳- اشتباهای ریسک

میزان و نوع ریسک هایی که سازمان شما با توجه به اهداف خود تمایل به قبول آنها را دارد

۱-۱۰-۱۴- تحمل ریسک

بالاترین میزان مشخص از ریسک که سازمان شما تمایل به قبول آن در بخش های مختلف دارد

۱-۱۰-۱۵- هدف ریسک

سطح بهینه ی ریسک که سازمان قصد رسیدن به آن را دارد

۱-۱۰-۱۶- حد ریسک

حدودی که پایش میکند میزان ریسک واقعی از اهداف ریسک تجاوز نکند

۱-۱۰-۱۷- پیامد

پیامد، توصیف طبقه بندی شده سطح خطرات بر اساس پتانسیل واقعی یا مشاهده شده ی آنها در ایجاد جراحت، صدمه و یا آسیب می باشد. پیامد خطرات می تواند بر روی انسان (پیامدهای جانی)، دارایی ها و اموال، محیط زیست (آلودگی محیط زیست و اعتبار و شهرت سامانه مورد بررسی و در برآورد ریسک در نظر گرفته شود.

۱-۱۰-۱۸- تهدید:

شخص یا شرایطی است که برای آسیب و یا صدمه با ارزش است و شدت رخداد ناگوار را توصیف میکند. هدف، نتیجه واقعه ناگوار و صدمه و خسارت مورد انتظار است. این سه اجزای به مثلث مخاطره معروفاند.

۱-۱۰-۱۹- ارزیابی ریسک

فرآیندی است که نتایج آنالیز ریسک (یعنی ریسکهای برآورد شده) را با رتبه بندی و یا مقایسه آنها با مقادیر هدف (اهداف عملکردی یا الزامات قانونی) برای تصمیم گیری بکار می برد. ارزیابی ریسک نشان می دهد که ریسکها قابل قبول هستند یا نه ، به در نظر گرفتن توأم فرکانس و پیامد اشاره دارد. بنابراین تخمین (ارزیاب) ریسک نیازمند تحلیل فرکانس و پیامد خواهد بود.

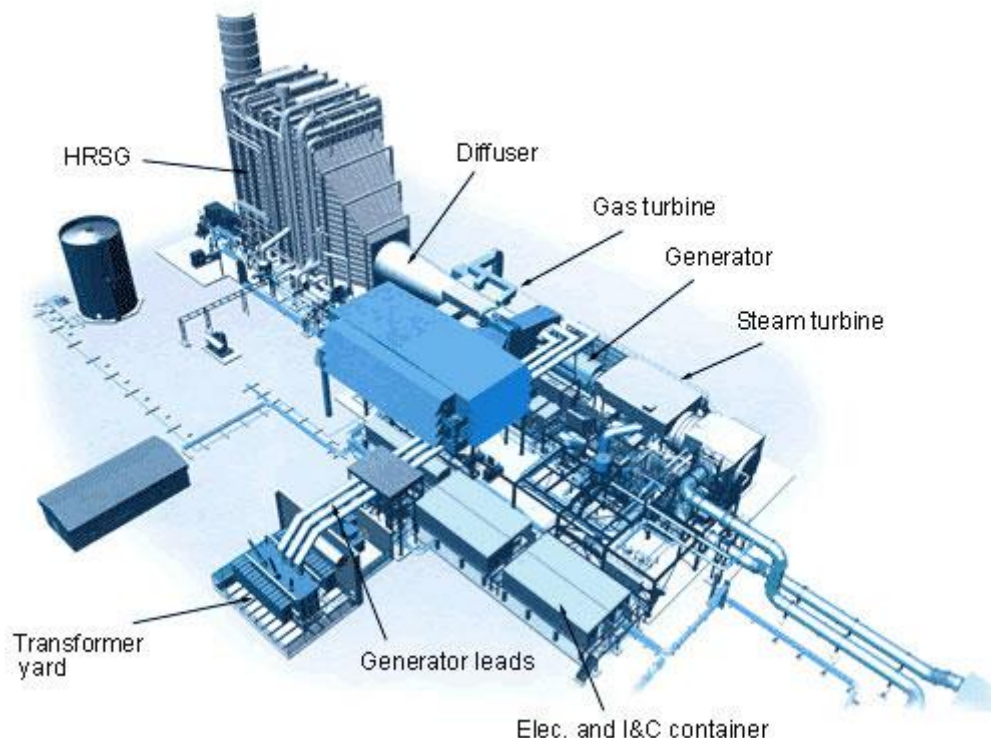
فصل دوم

(مبانی نظری)

این فصل شامل مبانی نظری و سوابق انجام پژوهش در ایران و دنیا درباره تحلیل حوادث ، ارزیابی ریسک ، مخاطرات HSE در محیط های صنعتی و روش مورد مطالعه میباشد.

۲-۱- تعریف نیروگاه سیکل ترکیبی

نیروگاهی که شامل تعدادی توربین گاز و توربین بخار می شود را نیروگاه سیکل ترکیبی گویند. در این گونه نیروگاه ها، با استفاده از بویلر بازیاب، از حرارت موجود در گازهای خروجی از توربین های گاز، برای تولید بخار آب مورد نیاز در توربین های بخار استفاده می شود. وقتی که توربین گاز به صورت سیکل ترکیبی نباشد، گازهای خروجی آن، می توانند تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد دما داشته باشند، مستقیماً وارد هوا شده و انرژی باقی مانده در آن هدر می رود. در حالی که در نیروگاه سیکل ترکیبی، از این انرژی استفاده شده و بویلر توربین بخار بدون نیاز به سوخت، بخار آب تولید می کند. بنابراین، با استفاده از این روش، بازدهی سیکل افزایش می یابد.



شکل ۲-۱- نمای سه بعدی واحد گازی و بویلر بازیافت

نیروگاه‌های سیکل ترکیبی از نظر نوع توربین‌ها و بازیاب‌ها و وجود مشعل به دسته‌های زیر تقسیم می‌شوند:

۱. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با مشعل
۲. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی بدون مشعل
۳. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با دیگ بازیافت گرما مجهز به بازیابی و یا گرمایش آب تغذیه
۴. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با دیگ بازیافت گرما با فشار بخار چندگانه
۵. نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با سیکل بسته توربین گازی با گرمایش آب تغذیه در چرخه بخار

در نوع اول از نیروگاه‌ها یک مشعل در داخل بویلر قرار می‌دهند و بیشتر در نیروگاه‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که قرار باشد بخش بخار آن به طور دائم کار کند، که در این صورت نباید وابستگی به توربین گازی داشته باشد.

در نوع دوم این نیروگاه‌ها، از گازهای داغی که به عنوان محصولات احتراقی از توربین گازی خارج می‌شود مورد استفاده قرار می‌گیرد. دود خروجی که از توربین گازی خارج می‌شود دارای حجم بسیار و دمای حدود ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد است و به داخل بویلر برای تبدیل آب به بخار ارسال می‌شود تا از انرژی بخار برای به حرکت در آوردن توربین مورد استفاده قرار بگیرد.

دقت داشته باشید که کاربرد گونه‌های مختلف سیکل‌های ترکیبی متفاوت است.

نیروگاه سیکل ترکیبی بدون مشعل بیشتر برای تامین بار پایه و میانی مورد استفاده است.

در نوع سوم از این نیروگاه‌ها در چرخه ترکیبی، گازهای خروجی یک چرخه ساده توربین گازی که شامل کمپرسور هوا (AC)، اتاق احتراق (CC) و توربین گازی (GT) است، وارد دیگ بازیافت گرما (HRB) می‌شود و در آنجا برای تولید بخار فوق گرم مورد استفاده قرار می‌گیرد. در چرخه‌های ترکیبی که قدرت پایینی دارند توان توربین بخار در حدود ۵۰ درصد کمتر از توربین گازی است.

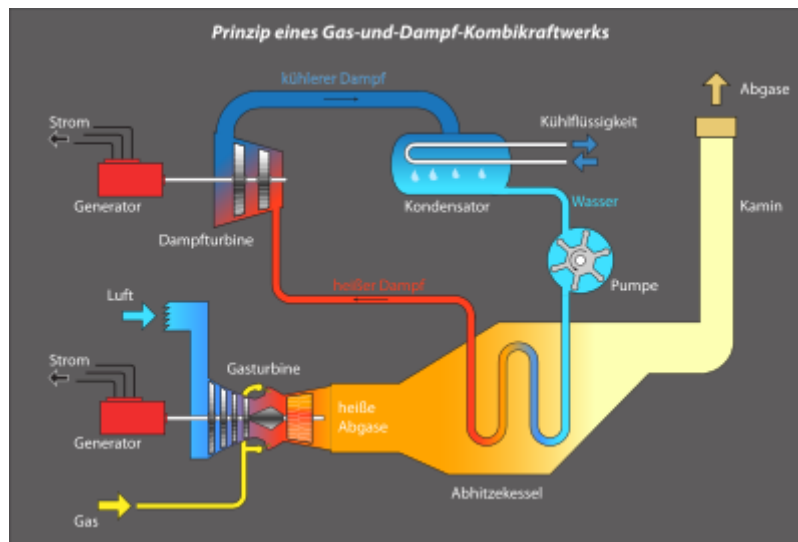
در نوع چهارم این نیروگاه‌ها که بخار با فشار چندگانه تولید می‌شود، دمای گازهای خروجی دیگ بازیافت گرما کاهش می‌یابد و به این ترتیب بازده نیروگاه به طور کلی افزایش پیدا می‌کند. ساده‌ترین نوع این چرخه، چرخه با فشار دوگانه است، هرچند که چرخه با فشار سه‌گانه نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در یک سیکل با فشار دوگانه، دیگ بازیافت گرما دارای دو مدار برای تولید بخار است، مدار اول مدار فشار بالاست که بخار تولید شده، در آن از مجرای ورودی توربین وارد آن می‌شود، و مدار دوم مدار فشار پایین است که بخار تولید شده در آن از طبقات با فشار پایین‌تر وارد توربین می‌شود. در یک چرخه ترکیبی توصیه شده با فشار سه‌گانه، بخار دیگری با فشاری بین فشارهای ورودی به دو توربین بخار، تولید

می‌شود. این بخار به اتاق احتراق توربین گازی تزریق می‌شود تا میزان گسیل اکسیدهای نیتروژن تا مرز استاندارد مشخص شده، کاهش بیابد. چنانچه از این شیوه استفاده شود مقداری آب اتلاف می‌شود، که به طور پیوسته باید آن را جبران کرد.



شکل ۲-۲ نمای سه بعدی نیروگاه سیکل ترکیبی

سیکل ترکیبی خصوصیت موتور یا نیروگاه تولیدکننده برق است که از بیش از یک سیکل ترمودینامیک در آن استفاده شده است. موتورهای حرارتی فقط می‌توانند بخشی از انرژی را که سوخت آنها تولید می‌کنند مصرف کنند (معمولاً کمتر از ۵۰ درصد) حرارت باقیمانده حاصل از احتراق سوخت عموماً هدر می‌رود. ترکیب تعداد ۲ سیکل یا بیشتر مانند سیکل برایتون (Brayton) و سیکل رانکین (Rankine) باعث راندمان بیشتر خواهد شد



شکل ۲-۳ نمای شماتیک سیکل برایتون

۲-۲- تعریف بویلر

بویلر بازیافت یا به اختصار HRSG یک مبدل حرارتی است که از لوله های U شکل که دما و فشار در قسمت های مختلف آن متفاوت است تشکیل شده است.

درون لوله ها آب به صورت مایع در جریان است.

گاز خارج شده از توربین گاز با عبور از روی این لوله ها، موجب تبخیر آب می گردد.

در واقع این عمل با انتقال حرارت از طریق لوله های HRSG انجام می گیرد.

سنسورهای دما و فشاری که در HRSG وجود دارند، سیگنال های ارسال شده از توربین بخار را دریافت کرده و برای تغییر فشار یا دمای بخار، سیگنال هایی را به سیستم کنترل می فرستند.



شکل ۴-۲ نمای بیرونی بویلر بازیافت

۲-۲-۱- مهم ترین بخش های HRSG

۲-۲-۱-۱- اکونومايزر (Economizer)

اولین قسمتی که آب به حالت مایع با ورود به HRSG از آن عبور می کند و گرم می شود، Economizer می باشد.

این قسمت آخرین مرحله عبور گاز از HRSG است که دمای کمتری دارد و پس از آن از دودکش خارج می شود.

۲-۲-۱-۲- تبخیر کننده (Evaporator)

قسمت دوم عبور آب، تبخیر کننده یا اواپراتور است که آب مایع در اینجا به دمای اشباع می رسد.

در بالای اواپراتور درام وجود دارد.

مخلوط اشباع وارد درام می شود و بخار تولید شده همان جا می ماند و

آب مایع باقی مانده دوباره به قسمت پایین بر می گردد.

۲-۱-۳- دی اریاتور (Deaerator)

بالای درام، دی اریاتور (Deaerator) وجود دارد که بخار تولید شده را هواگیری می کند.

این کار با از بین بردن ناخالصی های آب، علاوه بر این که باعث افزایش راندمان سیستم، از خوردگی لوله های HRSG جلوگیری می کند.

بعد از این مراحل، Super heater سپس Desuper heater و بعد Super heater قرار دارد.

Super heater ها بخار را به دمای super heat می رسانند و

desuper heater در صورت بالاتر بودن دمای بخار از دمای لازم، موجب کاهش دمای بخار می شوند.

اولین قسمتی که گاز خروجی از توربین گاز که دمای بسیار بالایی دارد با ورود به HRSG از آن عبور می کند، 2 super heater است.

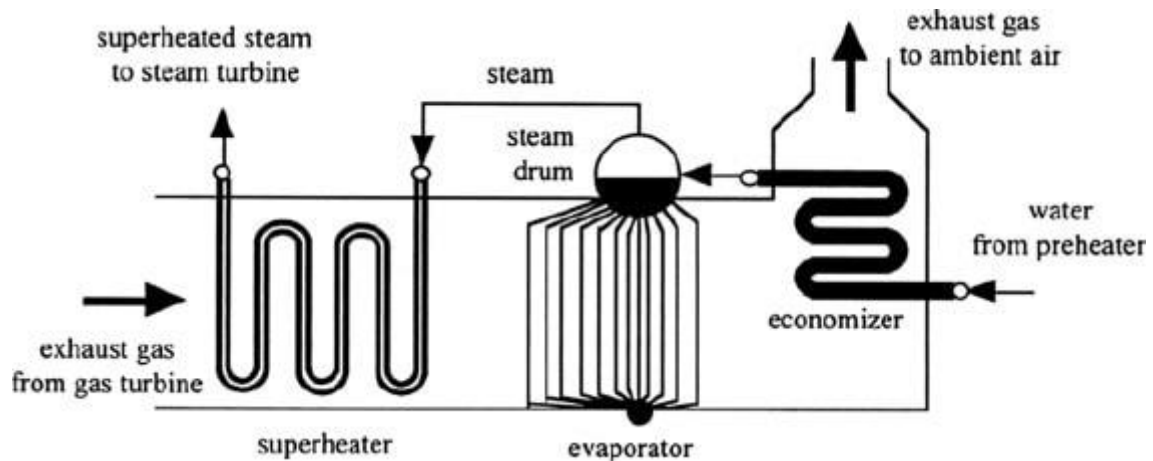
۲-۱-۴- داکت برنر (Duct Burner)

یک داکت است که روی آن تعدادی برنر (burner) وجود دارد و در صورتی که سیستم کنترل از سنسور ها سیگنالی را دریافت کند که

بخاری که در حال خروج از HRSG است، دمای مورد نظر را ندارد.

برنر ها روشن شده و مانند شعله های گاز، دمای بخار را افزایش می دهند

بعد از طی مراحل بالا بخار آب از HRSG خارج می شود و به توربین بخار منتقل می گردد.



شکل ۲-۵ نمای شماتیک بویلر باز یافت

۲-۲-۲- بویلر فایر تیوب

در حالت دوم، دقیقاً برعکس فرآیند بویلرهای واتر تیوب صورت می گیرد. به این صورت که درون لوله های موازی محفظه بویلر، حرارت قرار دارد و لوله ها به وسیله سیال احاطه می شوند. به این صورت سیال حرارت را دریافت نموده و بخار می شود. به این نوع بویلر، فایر تیوب یا لوله آتشی گفته می شود.

۲-۳- اجزای بویلر

در ساختار هر نوع بویلر یا دیگ فولادی اجزا و بخش هایی وجود دارد . همچنین برای بهبود عملکرد مجموعه بویلر اجزایی به آن متصل می شود که اصلی ترین آن ها در این قسمت توضیح داده می شود:



۲-۶ نمای کلی بویلر در نیروگاه سیکل ترکیبی حین ساخت

۲-۳-۱ Shell یا بدنه بویلر

همانطور که ابتدای مطلب گفتیم، جنس بدنه اکثر بویلرها فولادی است. بر اساس ابعاد دیگ، صفحات فولادی طی فرآیندهای مانند نورد، جهت ساخت بدنه بویلر استفاده می شوند.

۲-۳-۲ پایه

شاسی یا همان پایه یکی از قسمت های خارجی یک بویلر یا دیگ فولادی یا دیگ بخار است. این قسمت وظیفه دارد تا وزن مجموعه دیگ را تحمل نموده و خود کمترین میزان تنش را به بدنه دیگ وارد کند.

۲-۳-۳ مشعل Burner

در واقع تولید کننده حرارت است. هوا با سوخت در کوره ترکیب شده و حرارت ایجاد می شود.

۲-۳-۴ Combustion chamber یا محفظه احتراق

این محفظه به مشعل متصل بوده و با آن تبادل حرارتی دارد. همچنین همانطور که از نام آن پیداست، احتراق در این محفظه صورت می گیرد. محفظه احتراق می تواند دما را افزایش دهد.

۲-۳-۵- لوله های آبی Water Tube

در بویلر واتر تیوب، لوله های آبی همان لوله های حامل آب به عنوان سیال هستند. این لوله ها از درون محفظه بویلر عبور کرده و با حرارت تولید شده توسط مشعل در تماس هستند.

۲-۳-۶- لوله های آتشی Fire Tube

در بویلر فایر تیوب، لوله های عبوری از محفظه داخلی بویلر، حامل حرارت هستند. این لوله ها به وسیله سیال احاطه می شوند تا گرما را منتقل کنند.

۲-۳-۷- خطوط تغذیه

شامل لوله هایی هستند که بخار یا آبگرم و آب داغ را به نقاط تعیین شده برای توزیع می رسانند .

۲-۳-۸- پمپ سیرکولاتور

این نوع از پمپ در دیگ های بخار با خروجی آب گرم به منظور انتقال آب گرم شده استفاده می شوند.

۲-۳-۹- عایق

معمولا به منظور افزایش بازدهی، لایه ای از آلومینیوم و عایق روی سطح خارجی بدنه بویلر قرار می دهند.

۲-۳-۱۰- دستگاه گرمکن تغذیه آب Feed Water Heater

به منظور افزایش کارایی سیستم و کاهش هزینه ها، این دستگاه با استفاده از حرارت اتلافی، آب را قبل از ورود به محفظه بویلر گرم می کند. با این کار اختلاف حرارت بین بویلر و آب ورودی به حداقل می رسد و تنش حرارتی به حداقل میزان خود می رسد. از سوی دیگر، بخشی از توان بویلر که صرف گرم نمودن آب می شود نیز جبران می شود.

۲-۳-۱۱- دی اریتور

وسیله ای است که به منظور افزایش عمر قطعات در مجموعه بویلر نصب می شود. این وسیله برای جلوگیری از اکسید شدن سطوح و اجزای بویلر، میزان اکسیژن و دی اکسید کربن آب را کاهش می دهد.

از دیگر اجزای متصل به دیگ بخار می توان به سوپر هیتر و اکونومایزر اشاره کرد که هر کدام به منظور افزایش بازدهی یا ایده آل سازی شرایط بخار یا آب گرم خروجی استفاده می شوند. اجزایی دیگر تحت عنوان کنترلرها نیز به بویلر متصل می شوند تا فشار، دما و ... را در طول عملیات کنترل کنند.

۲-۴- انواع بویلر

طبقه بندی بویلرها به چند روش متفاوت و بر اصل های مختلف صورت می پذیرد. یکی از انواع طبقه بندی ها در بخش طراحی می باشد که پیشتر در مورد آن بحث شد؛ بویلرهای واتر تیوب و فایر تیوب. در این بخش از مطلب به چند مورد از مهم ترین طبقه بندی های بویلر می پردازیم،

بر اساس فشار بخار خروجی دیگ: این طبقه بندی در بعد فنی و عملی، قابل قبول تر به نظر می رسد. بویلرهای فشار پایین، بخار را در محدوده فشاری ۶ تا ۲۰ بار خارج می کنند. این محدوده برای بویلرهای فشار میانی از ۲۰ بار شروع شده و تا ۸۰ بار ادامه دارد و در بویلرهای فشار بالا، بخار در فشار بیش از ۸۰ بار تولید می شود. همچنین دو نوع دیگر نیز در این طبقه بندی وجود دارند که بخار را در فشاری بالاتر از فشار بحرانی سیال و یا کمتر از آن تولید می کنند. که به آن ها دقیقاً هم نام با فشار کاری آن ها، فوق بحرانی یا زیر بحرانی گفته می شود.

بر اساس کاربرد و استقرار: این نوع طبقه بندی به نوع کاربرد و روش استقرار بویلر مختص داده شده است. بویلرهایی که قابلیت جابجایی نداشته باشند و معمولاً ابعاد بزرگی دارند را بویلرهای ساکن می گویند. بویلرهای حمل شونده نیز انواع کوچک و قابل جابجایی بویلر هستند که در کارگاه ها استفاده می شوند. همچنین در بعد کاربردی برخی بویلرها به دلیل طراحی و کاربرد اختصاصی در صنایع یا تجهیزات یک حوزه به آن نام شناخته می شوند؛ مانند بویلرهای دریایی.

بر اساس دفعات متعدد عبور گازهای احتراق: در بویلرهای فایر تیوب، در صورتی که محصولات احتراق تنها یک بار از محفظه بویلر عبور کنند، به بویلر تک پاس گفته می شود. برای دو بار عبور دو پاس و سه بار عبور نام سه پاس بر بویلر قرار داده می شود.

۲-۵- کاربردهای بویلر

در مورد کاربرد بویلرها می توان گفت در اکثر صنایع و کارخانجات این دستگاه ها استفاده می شود. در مقیاس بزرگ، در نیروگاه ها به منظور تامین توان و ایجاد گرمایش از بویلرهای بزرگ استفاده می شود. از موارد دیگر استفاده از دیگ بخار می توان به چربی زدایی در صنایع مختلف تولید قطعه، ضد عفونی در محیط های بزرگ بیمارستانی و تامین نیروی مولد در پالایشگاه ها اشاره کرد. صنایع تولید محصولات سلولزی، صنایع غذایی، نیروگاه ها و پالایشگاه ها، صنایع نخ و پارچه، صنایع تولید لاستیک و پلاستیک و ... از جمله مکان هایی هستند که دیگ بخار در آن ها استفاده می شود.

مهمترین کاربرد بویلر استفاده از گرمایش آن در سیستم های تهویه مطبوع جهت تامین آسایش در مجتمع های مسکونی، اداری، تجاری، آموزشی و فرهنگی است.

۲-۶- اجزای اصلی سیستم بویلر

هر بویلر از اجزاء گوناگونی تشکیل شده است که هر کدام جهت هدفی خاص در بویلر نصب می شوند. قسمتهای مختلف بویلر با توجه به نوع کارکرد به چند دسته کلی تقسیم می شوند که عبارتند از:

- ۱- دی اریتر
- ۲- لوله های آب درون بویلر (harp)
- ۳- فید واتر پمپ ها
- ۴- درام های فشار بالا و فشار پایین
- ۵- مشعل های کمکی

دی اریتر تجهیزاتی است که در بالای بویلر نصب شده و گازهای محلول در آب (اکسیژن و دی اکسید کربن) را حذف میکند ، تا مانع از خوردگی داخل درام ها شود. در دستگاه دی اریتر علاوه بر حذف گازهای اکسیژن و دی اکسید کربن از آب، درجه حرارت به نحو مطلوب افزایش می یابد. از آنجا که افزایش درجه حرارت آب، نسبت معکوس با حلالیت گازها در آب دارد، بنابراین افزایش درجه حرارت آب در اثر تماس با بخار، سبب کاهش حلالیت گازهای محلول در آب می گردد . به دلیل پائین بودن فشار جزئی گازهای مورد نظر در فضای داخلی دی اریتر، گازهای محلول در آب به فضای مجاور خود (فاز بخار) منتقل می گردند. خلاء موضعی ناشی از کندانس شدن بخار به حذف گازهای محلول در آب منجر می شود.

وظایف دی اریتر عبارتند از:

- ۱- هوازدایی از آب تغذیه بویلر
- ۲- گرم کردن آب تغذیه بویلر
- ۳- محل تزریق مواد شیمیایی

۲-۶-۱ اجزا تحت فشار (Pressure Part):

به تمام قسمتهایی که از داخل آنها آب یا بخار عبور می کند (مثل لوله ها و هدرها) و فشار داخل آنها نسبت به محیط اطراف بسیار بیشتر است اجزاء تحت فشار می گویند. بطور کلی مسیر آب از پمپ تغذیه آب بویلر (Boiler Feed Water) تا خروجی سوپرهیترها (Super Heater) به اجزاء تحت فشار معروفند که به ترتیب عبارتند از:

در بویلرها جهت انتقال آب مورد نیاز از درام LP به درام های IP و HP از پمپی به اسم فید واتر پمپ استفاده می شود.

۲-۶-۲- پمپ تغذیه بویلر: (boiler feed pamp)

هر بویلر دارای دو عدد فیدپمپ می باشد که هر دو توانایی کار صد در صد را دارا می باشند و همیشه یکی از فید پمپ ها در حالت استند بای یا رزو می باشد. مقدار تولیدی بخار بویلر ها در واحد های سیکل ترکیبی وابسته به میزان بار واحد های گازی می باشد لذا هیچگاه مقدار تولیدی بخار در بویلر ها ثابت نیست و پیرو آن میزان کار کرد فیدپمپ ها نیز متغیر است. به عنوان مثال در پیک تابستان که بار واحد های گازی حداکثر می باشد تولیدی بخار بویلرها نیز حداکثر می شود و پیرو آن فیدپمپ با حداکثر توان کار می کند و در مقابل در فصل زمستان اکثر اوقات بار واحد های گازی حداقل می باشد و پیرو آن مقدار بخار خروجی بویلر ها حداقل می شود و کار فیدپمپ ها نیز به حداقل مقدار خود می رسد.

۲-۶-۳- لوله اصلی تغذیه آب (Main Feed Water Pipe):

انتقال دهنده آب از خروجی پمپ تغذیه بویلر تا هدر ورودی اکونومایزر می باشند.

۲-۶-۴- هدر ورودی اکونومایزر (Economizer Inlet Header):

به طور کلی وظیفه هر هدر توزیع یا جمع نمودن سیال (آب یا بخار) می باشد.

الف) هدر توزیع کننده: اگر تعداد خروجی های هدر نسبت به ورودیهای آن بیشتر باشد، هدر توزیع کننده است. به عبارتی هدر ورودی می باشد.

ب) هدر جمع کننده: اگر تعداد ورودیهای هدر نسبت به خروجی های آن بیشتر باشد هدر از نوع جمع کننده یا هدر خروجی می باشد.

۲-۶-۵- لوله های اکونومایزر (Economizer tube):

هدف از ساخت اکونومایزر افزایش راندمان بویلر می باشد. زیرا هرچه میزان جذب انرژی گرمایی حاصل از گازهای احتراق توسط آب بیشتر باشد موجب می شود که راندمان بویلر نیز افزایش یابد چرا که حداکثر راندمان حرارتی چیزی جز حداکثر انتقال حرارت بین دو سیال سرد و گرم نیست. به عبارت دیگر وظیفه اکونومایزر افزایش درجه حرارت آب ورودی تا نزدیکی دمای اشباع (حدود کمتر از دمای اشباع آب) می باشد و موجب جلوگیری از کاهش دمای آب موجود در درام می شود و نیز محل نصب آن در محل خروجی گازهای حاصل از احتراق است.

جهت انتقال حرارت بیشتر، به سطوح حرارتی زیادتری نیاز می باشد. لذا بدین علت است که لوله های اکونومایزر را بصورت فین دار می سازند (وجود فین در اطراف لوله سبب افزایش سطوح حرارتی می شوند). وجود یا عدم وجود فین در اطراف لوله های اکونومایزر بستگی به نوع سوخت مصرفی بویلر دارد. اگر سوخت مصرفی از نوع سوخت سبک باشد (مانند گاز طبیعی) از لوله های فین دار استفاده میشود زیرا افت فشار گازهای حاصل از این نوع سوخت کم می باشد (در نیروگاه یزد از این نوع لوله ها استفاده میشود). ولی اگر سوخت مصرفی از نوع سنگین (مانند مازوت) باشد از لوله های بدون فین در اکونومایزر استفاده می شود. بطور کلی اگر افت فشار گازهای حاصل از احتراق کم باشد لوله های اکونومایزر فین دار هستند در غیر این صورت بدون فین هستند.

آرایش لوله های اکونومایزر به دو صورت است:

(a) آرایش مربعی (In Line)

(b) آرایش مثلثی (Stager)

۲-۶-۶- هدرهای خروجی اکونومایزر (Economizer Outlet Header):

بعنوان جمع کننده آب از حلقه های اکونومایزر و هدایت آن به سمت درام بخار می باشد.

۲-۶-۷- لوله های ارتباطی بین خروجی اکونومایزر و درام بخار (Economizer Outlet Pipe to Steam Drum)

آب را از خروجی اکونومایزر تا ورودی درام بخار انتقال می دهد.

۲-۶-۸- درام های فشار پایین و فشار بالا:

در درام چندین ورودی و خروجی آب، بخار و یا مخلوط آب و بخار وجود دارد که در زیر به آنها اشاره می گردد.

آب تغذیه ی بویلر از طریق فید واتر پمپ ها بعد از طی کردن اکونومایزر وارد درام می شود و پس از طی کردن سپریتورها و انجام عمل جدایش آب و بخار از هم در سپریتورها، آب به فاز مایع درام برمی گردد و بخار از قسمت بالای درام به طرف بویلر برای افزایش دمای آن وارد المانهای سوپرهیترها می شود. توسط چندین لوله آب از قسمت مایع و پایین درام از طریق لوله های پایین آورنده به هدر پایین بویلر هدایت می شود ، یک مسیر از وسط فاز مایع به بلودان هدایت می شود. از قسمت بالای درام (فاز بخار) بخار اشباع مرطوب که بوسیله ی سپریتورها از آب جدا گشته توسط چندین لوله به داخل کوره ی بویلر هدایت می شود و پس از طی کردن مسیرهای پیچ در پیچ لوله های سوپرهیتر به بخار فوق گرمایی سوپرهیت تبدیل شده و به طرف توربین هدایت می شود.

وظایف درام عبارتند از:

۱- جدا کردن آب و بخار

۲- تامین آب برای لوله های اپراتور

۳- ایجاد پدیده سیرکولاسیون (چرخش)

۴- خوج املاح آب تغذیه از مسیر بلم دان درام

۵- محلی برای تزریق مواد شیمیایی

۲-۶-۹- درام فشار پائین (LP DRUM):

این درام در دو مرحله سوپر هیت میشود و دما و فشار بخار آن در خروجی به ترتیب 236°C و ۸,۹۱ bar است.

۲-۶-۱۰-درام فشار بالا (HP DRUM):

این درام در سه مرحله سوپر هیت میشود و دما و فشار بخار آن در خروجی به ترتیب 514°C و ۸۶ bar است.

نکته: بخار ابتدا وارد سوپرهیتر اولیه و ثانویه شده و پس از خروج از آن توسط دی سوپرهیتر از نظر درجه حرارت کنترل شده، سپس وارد سوپرهیتر مرحله سوم شده به سمت بیرون از بویلر هدایت می شود.

۲-۶-۱۱- Bank Tube

دسته ای از لوله ها هستند که درام بالا را به درام پایین وصل می کنند بطوریکه قسمتی از آنها به صورت Down Comer و قسمتی از آنها بصورت Riser عمل می کنند.

۲-۶-۱۲- لوله های انتقال دهنده بخار اشباع (Saturated Steam Pipe):

وظیفه آنها انتقال بخار از درام تا هدر ورودی سوپرهیتر می باشد. بخاری که بعد از درام مجددا حرارت داده می شود بخار خشک نامیده می شود که اصطلاحا کیفیت آن ۱۰۰٪ است.

۲-۶-۱۳- سوپرهیتر دی سوپرهیتر: (Primary & Secondary Super Heater and Desuperheater)

بخار خروجی از درام برای اینکه انرژی بیشتری داشته باشد باید از حرارت بالاتری برخوردار باشد که اصطلاحا به آن بخار خشک یا سوپر هیت می گویند. این عمل در داخل سوپرهیترها که از لوله های موازی تشکیل شده اند و در مسیر گازهای داغ حاصل از احتراق قرار گرفته اند، انجام می گیرد. این لوله ها حرارت محصولات احتراق را به بخار درون خود منتقل می کنند. به عمل برعکس عمل بالا یعنی گرفتن گرما از بخار بوسیله پاشیدن آب روی آن دی سوپر هیت می گویند.

۲-۶-۱۳- مشعل های کمکی:

این مشعل ها برای بالا بردن درجه حرارت هوای ورودی به بویلر استفاده می شوند تا بازدهی بخش بخار را افزایش دهند. هر مشعل باعث ایجاد توان اضافی ۵ مگا وات می شود.

۲-۶-۱۴- لوله اصلی انتقال دهنده بخار (Main Steam Pipe):

بخار سوپر هیت را از هدر خروجی سوپر هیت مرحله آخر به سمت توربین هدایت می کند.

۲-۶-۱۵- پیش گرمکن هوا (Steam Air Heater):

هنگامیکه هوای محیط سرد می شود، ذرات آب موجود در هوا در حین برخورد با پره های فن موجب یخ زدن آب روی پره های فن می شوند و این سبب سنگین شدن و شکستن پره های فن می شود. لذا برای جلوگیری از این امر، هوای ورودی به کوره یک هیتر که از نوع بخاری است گرم می شود.

۲-۷- انواع بویلر:

وظیفه بویلر تبدیل مایع (آب) زیر اشباع به بخار فوق اشباع می باشد ولی در صنعت به کلیه وسایل تولید بخار از مرحله مایع اشباع تا بخار سوپر هیت، بویلر گفته می شود.

بویلرها به واحدهای تولید بخار جهت مصارف همگانی، برق و مصارف صنعتی تقسیم می شوند که بسته به نوع طراحی، می توانند سوخت هسته ای، ذغال سنگ، نفت کوره (مازوت) نفت گاز و گاز طبیعی مصرف کنند.

بویلرها بر اساس پارامترهای مختلف تقسیم بندی می شوند که بطور کلی عبارتند از:

۲-۷-۱- بویلرها با سوخت هسته ای (راکتور)

بهره گیری از سوخت هسته ای برای تولید بخار فاقد عواقب نامطلوب سوخت فسیلی می باشد، ولی نیروگاههای هسته ای مقداری پرتو رادیو اکتیو در محیط آزاد می کنند که با این حال این امر قابل کنترل بوده و برای کارکرد عادی نیروگاههای هسته ای، اندازه این مواد بسیار پایین تر از حدی است که برای انسان و محیط آسیب پذیر باشد. علاوه بر این نفت و گاز را می توان برای تولید مواد پتروشیمی و بسیاری از فراورده های صنعتی دیگر به کار برد و نباید این ماده را تنها بعنوان سوخت مصرف کرد. نیروگاههای هسته ای از کارایی بالایی برای تولید انرژی حرارتی برخوردارند. انرژی که می توان برای تولید برق از آن استفاده کرد. در تاسیسات نیروگاههای هسته ای، یک سیال ثانویه بین راکتور و بویلر جریان می یابد و در بویلر، حرارت از سیال ثانویه به آب انتقال داده می شود. بخار حاصل نیز در یک سیکل بخار معمولی جریان می یابد.

بویلرهای نیروگاههای هسته ای در انواع مختلف طراحی می گردند که مهمترین آنها راکتور آب سبک تحت فشار (راکتور آب جوشان Boiling Water Reactor) و راکتور با آب سنگین می باشد.

۲-۷-۲- بویلرها با سوخت فسیلی:

در تمام بویلرهای صنعتی از سوخت فسیلی استفاده می شود. همچنین اکثر برق تولیدی در نیروگاههای کشرمان از سوخت فسیلی بخصوص مواد نفتی حاصل می گردد.

استفاده از سوخت فسیلی برای تولید برق، گاز کربنیک زیادی تولید می کند. دلیل این امر آن است که مقدار گرمایی که از سوختن سوخت فسیلی حاصل می شود، بیش از سه برابر انرژی الکتریکی تولیدی است. مقدار گاز کربنیک که از نیروگاههای فسیلی آزاد می شود متناسب با مقدار گرمایی است که در اثر

احتراق حاصل می شود. بنابر این تولید برق در نیروگاههای با سوخت فسیلی یکی از منابعی است که سبب تولید می شود.

با توجه به تاثیرات منفی سوخت فسیلی در زندگی بشر و محیط زیستی لازم است به هر وسیله ممکن در کاهش استفاده از آن برای تولید برق اقدام شود. انواع بویلرهای فسیلی عبارتند از:

۲-۷-۲-۱- بویلرهای مخزنی:

این نوع بویلرها شامل یک مخزن سر بسته می باشند که انتقال حرارت در خارج از آنها صورت گرفته و آب در داخل مخزن به بخار تبدیل می شود. راندمان بویلرهای مخزنی بسیار کم بوده و در حدود ۳۰٪ است و فقط در مصارف صنعتی با میزان بخار کم استفاده می شوند.

۲-۷-۲-۲- بویلرها با لوله های آتش (Fire tube):

در این نوع بویلرها اطراف لوله ها از آب پوشانیده شده است و گازهای حاصل از احتراق از داخل لوله ها عبور کرده و انتقال حرارت مابین آب و محصولات انجام می گیرد. محفظه احتراق (کوره) می تواند در داخل یا در خارج بویلر قرار گیرد. راندمان بویلرهای Fire Tube حدود ۷۰٪ می باشد که جهت تولید بخار در واحدهایی با ظرفیت و فشار کم بکار برده می شود.

۲-۷-۲-۳- بویلرها با لوله های آب جداری (Water Tube Boiler):

در انواع مختلف این نوع بویلرها (شکل-۲)، انتقال حرارت بر اثر برخورد گازهای حاصل از احتراق با سطح خارجی لوله های محتوی آب و بخار به روشهای پرتو زایی، انتقال و هدایت صورت می گیرد. مزیت آنها نسبت به بویلرهای فایرتیوب، کم بودن قطر لوله های آب و بخار می باشد که موجب این می شود که تنشهای حرارتی کمتری به سطح لوله ها وارد شده و در نهایت می توان این بویلرها را برای فشارها و ظرفیتهای بالا مورد استفاده قرار داد. راندمان این نوع بویلرها در حدود ۸۵ الی ۹۵ درصد می باشد.

یک بویلر از نوع دیواره آبی شامل یک اتاق احتراق همراه لوله های آب، هدرها و درامهای بخار و آب می باشد. علاوه بر این اجزاء دارای سوپر هیترها، گرمکنهای هوا، اکونومایزر و نگهدارنده ها می باشد که همه اینها اجزاء بویلر را تشکیل می دهد.

در این نوع بویلر ها بر حسب معمول از لوله های عمودی دارای فین بصورت دیواره یکپارچه استفاده می شود. ساختمان این دیواره ها از یک سری لوله های عمودی ایجاد شده است که از طریق جوش دادن یک نوار فلزی بنام Fin به هم وصل شده اند و دیواره ای منسجم ایجاد می کنند. لوله های دیواره آبی از آنجایی که تحت تاثیر فشار حرارتی بسیار بالایی قرار دارند و از نوسانات فشار و درجه حرارت، بخصوص هنگام راه اندازی از حالت سرد برخوردار می باشند، نیاز به طراحی دقیق دارند. به طور معمول لوله های آبی در محفظه احتراق به صورت عمودی قرار می گیرند. این لوله ها در بالا و پایین روی هدرها (Header) به قسمتهایی بنام Stub که تواما با هدر ساخته شده و یا در عمل به آن جوش داده می شوند، وصل شده اند. وجود هدر ها در بویلر از تعداد لوله هایی که مستقیما به درام (Drum) وصل می شوند، می کاهد. توزیع دما در لوله های دیوار آبی به عواملی مانند ضریب انتقال حرارت جابجایی در داخل لوله ها، مقدار شار حرارتی در داخل محفظه احتراق، ضریب هدایت حرارتی و ابعاد و ساختار هندسی لوله و فین بستگی دارد. وجود فین باعث توزیع نسبی یکنواخت شار حرارتی در جداره داخلی لوله می گردد و افت حرارتی بویلر را کاهش می دهد. همچنین فینها سطح تبادل حرارت را افزایش داده موجب تبادل بیشتر و بهتر حرارت می شوند.

۲-۷-۲-۴- بویلرهای یکبار گذر (فوق بحرانی) (Once Through Boiler)

بویلر های بدون درام که دارای فشار فوق بحرانی می باشند به بویلرهای بنسون معروفند. در بویلرهای بنسون طراحی مجموعه محوطه احتراق و لوله های دیواره ای به شکلی است که تمامی آب تغذیه کننده موجود در لوله های دیواره ای پس از گذراندن محوطه احتراق و لوله های دیواره ای به بخار تبدیل شده و مستقیما به سمت سوپرهیترها هدایت می گردند، لذا این بویلرها بدون درام هستند. از آنجایی که بویلرهای بنسون دارای فشار بالایی هستند، تکنولوژی پیشرفته ای برای ساخت آنها مورد نیاز است، ولی به دلیل عدم وجود درام، وزن کمتری نسبت به بویلرهای زیر فشار بحرانی (درام دار) دارند. در بویلرهای بنسون حجم قابل تشخیصی از آب تغذیه با یکبار گردش در بویلر باید به بخار تبدیل شود. به عبارت دیگر عدد سیرکولاسیون، یک می باشد. ولی از آنجا که این بویلرها بالای فشار بحرانی کار می کنند، برای افزایش طول لوله های دیواره ای، بر خلاف بویلرهای درام دار لوله ها را بصورت مورب در روی دیواره ها طراحی می کنند تا ارتفاع بویلر کاهش یابد. همچنین ضخامت لوله های دیواره ای به علت بالا بودن فشار، بیشتر از ضخامت لوله های بویلرهای درام دار است. در ابتدای راه اندازی بویلرهای بنسون برای جداسازی آب و بخار از هم از سیکلون استفاده می کنند که با استفاده از خاصیت گریز از مرکز، آب و بخار را از هم جدا می کند و در حالت کارکرد دائم بویلر، از مدار خارج می گردند. همچنین به علت پایین بودن عدد سیرکولاسیون کنترل آنها نسبت به بویلرهای درام دار سخت تر است و به علت نداشتن درام در شرایط اضطراری ذخیره آب و بخار نخواهند داشت.

۲-۸- انواع مختلف بویلرهای مورد استفاده در صنعت:

۲-۸-۱- هیت‌رهای گازی غیر مستقیم (Indirect Heater):

از نوع fire tube می‌باشند و یکی از موارد استفاده آنها گرم نمودن گاز طبیعی پس از فشار شکن (گاز شهری) است.

۲-۸-۲- هیت‌رهای گازی مستقیم (Direct Heater):

که به کوره پالایشگاهی نیز معروف بوده و از نوع Water Tube هستند. لوله‌ها بطور مستقیم در معرض شعله و حرارت هستند (تشعشع صورت می‌گیرد) و بخش کوئل گونه که در معرض انتقال حرارت جابجایی می‌باشند.

۲-۸-۳- بویلرهای واکنش شیمیایی (راکتور)

بویلر بازیاب حرارتی (Recovery Boiler) و استوانه ای شکل می‌باشند که در مجتمع های پتروشیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند و کوئل‌های حرارتی آنها بصورت مارپیچی در صفحه می‌باشند.

۲-۸-۴- بویلرهای سیکل ترکیبی (Heat Recovery Steam Generator):

این بویلرها از نوع بازیاب می‌باشند و جهت استفاده از انرژی گازهای خروجی نیروگاه گازی (توربین گازی) استفاده میشوند (شکل-۳). نیروگاه سیکل ترکیبی در واقع ترکیبی است بین نیروگاه بخار و توربین گاز جهت افزایش راندمان کلی سیستم، در این نوع، بخش توربین گاز می‌تواند از سیستم جدا شده و خود مستقل کار کند.

۲-۸-۵- بویلرهای بازیافت (Recovery Boiler):

که در بخش کوره های ذوب مورد استفاده قرار می‌گیرند. این بویلرها در مجتمع های ذوب فلزات در مسير مستقیم مدار ذوب نصب می‌شوند و امکان جدایش آنها از سیستم در حال کار وجود ندارد.

۲-۸-۶- بویلرهای زباله سوز (Incinerator Boiler):

هدف اصلی از بین بردن زباله های شهری و خانگی می باشد ضمن اینکه با این عمل برق نیز تولید میشود. این بویلرها به تجهیزات اضافی قبل و بعد از بویلر نیاز دارند (جهت انباشت زباله و تخلیه خاکستر).

۲-۸-۷- بویلرهای ذغال سنگ سوز (Coal Boiler):

در این بویلرها نیز به دلیل استفاده از ذغال سنگ به عنوان سوخت به تجهیزات جانبی قبل و پس از بویلر نیاز می باشد.

بخش بخار در نیروگاه سیکل ترکیبی یزد از ۲ بویلر تشکیل شده است

۲-۹- معرفی نیروگاه سیکل ترکیبی خرم آباد

در راستای اجرای سیاست های صنعت برق کشور با هدف سرمایه گذاری بخش خصوصی در احداث نیروگاه برق، شرکت مولد نیروی خرم آباد با مشارکت شرکت های سرمایه گذاری نیروگاهی ایران سنا، شرکت فراب، شرکت صنایع برق و انرژی صبا با سرمایه ۱۰ میلیون ریال، در تاریخ ۱۳۸۶/۰۲/۱۷ تاسیس و به ثبت رسیده است که شرکتهای سرمایه گذاری نیروگاهی ایران سنا و صنایع برق و انرژی صبا از زیر مجموعه های وابسته به بنیاد مستضعفان انقلاب اسلامی می باشند.

شرکت مولد نیروی خرم آباد سرمایه گذار و مجری پروژه نیروگاه ۹۹۸ مگاواتی سیکل ترکیبی خرم آباد به روش BOO می باشد. در ابتدا این پروژه جهت احداث ۸ واحد گازی به ظرفیت ۱۲۹۹ مگاوات پیش بینی شده بود که در حال حاضر به دلیل تغییر مقررات وزارت نیرو، مقرر گردیده است پروژه در دو فاز، به صورت ۲ بلوک سیکل ترکیبی اجرا گردد. در حال حاضر سرمایه شرکت ۵۰۰/۸۲۲/۱ میلیون ریال می باشد که ۱۲۱/۸۹٪ از سهام متعلق به شرکت سرمایه گذاری نیروگاهی ایران سنا، ۴۹۴/۱۰٪ متعلق به شرکت فراب، ۳۷۳/۳٪ متعلق به شرکت صنایع برق و انرژی صبا و ۱۲/۰۷٪ متعلق به شرکت نیرو ترانس می باشد.

۲-۹-۱- فاز اول

یک بلوک سیکل ترکیبی شامل دو واحد گازی (V94.2) و یک واحد بخار جمعا به ظرفیت ۶۸۶ مگاوات

میزان سرمایه گذاری ۳۱۲ میلیون یورو

پیش بینی تاریخ بهره برداری ۱۳۹۸

پیمانکار: شرکت گروه مپنا با راهبری شرکت مپنا توسعه ۲

مشاور: شرکت مهندسين مشاور مشاورين

مدیریت طرح: شرکت توسعه انرژی متین تام

تسهلات ارزی: حساب ذخیره ارزی و صندوق توسعه ملی با عاملیت بانک ملی ایران

۲-۹-۲- فاز دوم

یک بلوک سیکل ترکیبی شامل دو واحد گازی (V94.2) و یک واحد بخار جمعا به ظرفیت ۶۸۶ مگاوات

میزان سرمایه گذاری ۳۱۲ میلیون یورو



۲-۷- نمایی از نیروگاه خرم آباد

۲-۱۰- مشخصات نیروگاه خرم آباد

جدول ۲-۱ مشخصات نیروگاه خرم آباد

محل ساخت نیروگاه	استان لرستان - جنوب شرق شهر خرم آباد - جاده کمربندی اندیمشک
مساحت کل زمین تملک شده	۹۶ هکتار
تعداد واحدها	فاز اول: یک بلوک سیکل ترکیبی (۲ واحد گازی و یک واحد بخار)
توربین واحدهای گازی	V94.2 توگا تحت لیسانس زیمنس
توربین واحد بخار	کلاس E
سیستم خنک کن اصلی	ACC
کل ظرفیت اسمی تولید	۴۸۴ مگاوات در شرایط ISO
ولتاژ شبکه	۲۳۰ کیلو ولت
سوخت اصلی، نحوه تامین و مقدار مورد نیاز	گاز، خط لوله ۱۸۸,۶۴۰ Nm ³ /hr
سوخت پشتیبان	سوخت مایع (گازوئیل)
تعداد مخازن در نظر گرفته شده جهت ذخیره سوخت پشتیبان و مشخصات آنها	۲ مخزن فلزی هر یک به ظرفیت ۲۰/۰۰۰ متر مکعب

۲-۱۱- پیشینه تحقیق

جعفری و همکاران، (۱۳۸۸). در پژوهشی ارزیابی ریسک سایت های صنعتی منطقه عسلویه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی را در سال ۱۳۸۸ انجام داده اند. تلاش بر این بوده است که در این پژوهش با شناسایی خطرهای عمده و اصلی در تعدادی از کاربری های منطقه و استفاده از روش محاسبه ریسک نیمه کمی و تعیین بازه های مناسب، رتبه بندی ریسک انجام شود. پس از آن، ریسک کلی که حاصل انباشت تمامی خطرات در هر کاربری است با اثر دادن وزن نسبی هر ریسک در عدد ریسک، تعیین می شود و نرم افزار GIS آن را شبیه سازی می کند. (۲۰)

جوزی و علیدوستی (۱۳۸۹). در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی ریسک ایمنی فعالیت واحد سیکل ترکیبی - بویلر نیروگاه برق منتظر القائم به روش FMEA پرداختند. این تحقیق با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک ایمنی و فرآیند نیروگاه برق منتظر القائم در واحد سیکل ترکیبی - بویلر در تاریخ مهر ماه سال ۱۳۸۸ لغایت اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۹ به سرانجام رسیده است. بدین منظور بعد از شناسایی فعالیت ها در واحد مذکور از روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات بر فرآیند (PFMEA) جهت ارزیابی

ریسک بهره گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که عدد اولویت ریسک (RPN) در واحد بویلر مربوط به محل قرار گیری تجهیزاتی مانند اکونومایزر - هیتر بین ۸ تا ۱۰ و عدد اولویت ریسک دستگاه بریکر بین ۶ تا ۱۰ پیش بینی می گردد. معدوم بودن تجهیزات و قرارگیری آنها در ارتفاعات بسیار بالا و ایمن نبودن مسیر دسترسی به آنها باعث بالا رفتن عدد اولویت ریسک در اولویت نخست و بروز خطای انسانی عامل اصلی بروز مخاطرات ایمنی در این واحد صنعتی شناخته می شود. (۲۱)

صامتی (۱۳۹۰) در پژوهشی به ارائه نقش مدل پاپیونی Bow tie Method در بهبود و بهینه سازی فرآیند مدیریت ریسک آماده و بصورت توصیفی بیشترین جنبه های کاربردی روش پاپیونی را بصورت ساده بیان نموده است. تجربه نشان داده است که این تکنیک، روشی ایده آل برای ارزیابی ریسک ها بوده و به بهترین صورت ارتباط میان تدابیر کنترلی و سازمان دهی سیستم مدیریت را نشان می دهد و بصورت کیفی برای ارزیابی و نشان دادن کنترل تمامی ریسک ها می تواند مورد استفاده قرار می گیرد. (۲)

رضایی آدریانی و همکاران (۱۳۹۲) در پژوهشی به ارائه روش پاپیونی ابزاری جدید در ارزیابی و مدیریت ریسک فرآیندی پرداخته شده است. هدف از این مطالعه ارائه روشی با قدرت کاربری بالا جهت ارزیابی و مدیریت ریسک ها میباشد که بتواند برای کلیه پرسنل نتایج آن قابل درک و نیز جهت آنالیز حوادث رخ داده استفاده گردد. این روش ساختار گرافیکی کامل و در عین حال ساده و قابل فهم از سناریوهای حادثه به همراه کلیه اجزای در بر گیرنده حادثه ارائه و ارتباط خوبی با اجزای یک سیستم مدیریت در راستای کاهش ریسک حوادث برقرار می نماید. (۲۲) فراهی (۱۳۹۳) در مقاله ای به ارائه یک روش برای ارزیابی ریسک به روش پاپیونی

BOW-TIE (پرداخت. او تلاش نمود ضمن آشنایی با روش پاپیونی مزیت های آن را در بهینه سازی مدیریت ریسک از طریق بهبود فرآیند های بازرسی، پیش بینی، آگاهی و رضایت مندی نیروی کار را نشان دهد. این مدل توانسته از طریق ارتباط بین سیستم و موازنات مورد نیاز از یک سوء و برقراری ارتباط میان خطرات و پیامد های ناشی از بروز آنها را بواسطه موانع مورد نیاز و وسایل جبرانی بمنظور جلوگیری از بروز حوادث و پیامد هایزنجیره ای ناشی از آنها را برقرار و نحوه کنترل آنها را در سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست بخوبی نمایان کند. (۵)

خسروی راد و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به تجزیه و تحلیل علت های بنیادی اتفاقات فرآیندی ایستگاه های تقلیل فشار گاز شهری با استفاده از تکنیک های تحلیل خطرات عملکردی و تحلیل پاپیونی پرداختند. در این مطالعه و پژوهش جهت نظارت و پیشگیری از حوادث توجه به علل بنیادی وقوع اتفاقات بسیار مورد اهمیت است. ریسک ایمنی واحدی فرآیندی واقع شده در کلان شهرها می بایست همواره تحت نظارت، کنترل و مطابق با معیارهای پذیرش ریسک جامعه باشد. در همین راستا، پژوهش حاضر با مقصود شناسایی نقص های عملکردی و تحلیل علتوهای بنیادی و پیامدهای نهایی ناشی از انتشار گاز در ایستگاه های تقلیل فشار شهری انجام گرفته شده است. نخست با بکارگیری همزمان دو روش آنالیز خطرات عملکردی (FuHA) و حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن (FMEA)

شناسایی محل های وقوع شکست به همراه آنالیز کیفی ریسک آنها انجام گرفت . جهت شناسایی و تجزیه و تحلیل علل وقوع حادثه از روش آنالیز پاپیونی (BowTie) استفاده گردی و مشخص شد احتمال وقوع رویداد اصلی مورد نظر (نشت گاز سنسینگ) ، برابر ۰/۷۱ و نرخ وقوع آن ۲۶/۱ در سال است. رفتارهای نایمن بیشترین و علت های مکانیکی کمترین سهم در وقوع رویداد اصلی داشتند. در بین پیامدهای نهایی شناسایی شده، انفجار ابر بخار (VCE) دارای بیشترین احتمال وقوع و نرخ وقوع بود. در نتیجه پیشگیری از وقوع علل بنیادی و توجه به علل انسانی سهم قابل توجهی در کنترل رخداد واحدهای فرآیندی دارد . در روش ترکیبی مورد استفاده در این پژوهش، در صورتیکه نقش موانع در برابر وقوع علل بنیادی و پیامدهای نهایی در نظر گرفته شود، میتواند یک روش مناسب برای شناسایی علل بنیادی و کنترل مخاطرات فرآیندی باشد. (۲۳)

حیرانی و بقائی (۱۳۹۶) در مقاله ای به ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال نفت و گاز بر مبنای روش - Bow tie فازای شده پرداختند. یافته های تحقیق نشان داد که عوامل آسیب شخص ثالث، نقص اولیه در مواد و ساخت خط لوله دارای بالاترین درصد اهمیت در تخریب خط لوله های انتقال گاز و نفت می باشند. براین اساس و با لحاظ مهم ترین عوامل موثر شناسایی شده در تخریب خطوط انتقال گاز و نفت و اصلی ترین پیامد ناشی از آن ها، اقدام به ارایه دستورالعمل بهینه کاهش پیامدهای بالقوه و کنترل آنها با تأکید بر حذف عللاحتتمالی آنها شده است.

میرزائی علی آبادی وهمکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به ارائه ارزیابی ریسک مخازن ذخیره سازی گاز نفتی مایع شونده در صنایع فرآیندی با استفاده از روش پاپیونی پرداختند. رهایش محتویات این مخازن میتوانند به پیامدهایی مانند BLEEVE وانفجارهای آتشین منجر شوند. بنابراین، شناسایی علل و پیامدها و سناریوی های حوادث و تعیین رخداد آنها با استفاده از روش پاپیونی (Bowtie) که از ترکیب دورش آنالیز درخت خطا و درخت رویداد حاصل میشود امری ضروری بوده و هدف این مطالعه میباشد. (۷)

بابایی وهمکاران (۱۳۹۵) در پژوهشی به ارزیابی ریسک آسیب های انسانی ناشی از حادثه برق گرفتگی فشار ضعیف در صنعت توزیع برق با استفاده از مدل Bow Tie فازای در شرکت توزیع نیروی برق استان گلستان پرداختند. مهمترین فعالیتی که در سازمانها برای اولویت بندی اقدامات کنترلی و اعتبارات موجود باید انجام شود ارزیابی ریسک است. نبود اطلاعات کافی از حوادث و پیامدهای آنها در توزیع برق چالش مهمی در ارزیابی ریسک محسوب میشود که با استدلال فازای میتوان تا حدودی بر آن غلبه نمود . در این پژوهش ریسک پیامدهای انسانی حادثه برق گرفتگی فشار ضعیف با استفاده از روش Bow Tie فازای محاسبه شده است.

ریشه یابی حوادث بر اساس FFTA و آنالیز پیامدها بر اساس FETA انجام شده و برای طبقه بندی پیامدهای انسانی از جداول روش ویلیام فاین استفاده شده است. در محاسبه احتمال وقوع علل پایه و پیامدهای رخداد نیز منطق فازای به کار رفته است. با استفاده از براینده حاصل از محاسبات فازای، احتمال رویداد علل میانی و احتمال رویداد حادثه اصلی بر اساس روابط احتمالاتی محاسبه شده است و از ترکیب

نمودارهای FTA و ETA دیاگرام Bow Tie حادثه ترسیم شده است. نتایج نشان داد که پرریسک ترین پیامد حادثه ، آسیب ناچیز توقف عملکرد کمتر از سه روز و کم ریسک ترین پیامد ناشی از آن نیز بدون آسیب است. همچنین مشاهده شد که بحرانی ترین مسیر برای رویداد حادثه برق گرفتگی فشار ضعیف وقتی اتفاق می افتد که به هر دلیلی اشیاء فلزی موجود در دست انسانها وارد حریم شبکه برق شده و با آن تماس می نماید که در اثر این حادثه برق گرفتگی رخ میدهد. (۸)

Dunckley, Cockshott (2008) روش پاپیونی همچنین در مقاله ارائه شده "کاکشات" به مثابه ابزاری سودمند برای مدیریت ریسک معرفی شده که ابزار آموزشی سودمند برای شناخت از خطرات فراهم می کند. مؤلف دیاگرام پاپیونی را در مدیریت ریسک یک پایانه دریایی مواد شیمیایی جدید در ایسلند به کار برده است. (۲۵) (Jabari, 2009) در مطالعه دیگری با عنوان ارزیابی و مدیریت ریسک جامع خط لوله انتقال فرآورده و خوراک پتروشیمی انجام شده که در آن با استفاده از مدل های شاخص گذاری و احتمالاتی یک الگوریتم توسعه داده شده است. این الگوریتم فرصت شناسایی بیشترین علل شکست خط لوله و به کار گیری اطلاعات حوادث گذشته را فراهم کرده است. (۲۹) (Dunckley, 2008). در مقاله ای با عنوان تکنیک های مدیریت ریسک به معرفی روش پاپیونی (Tie-Bow) و مزایای استفاده از آن پرداخته است. در این مقاله از روش پاپیونی به منزله روشی که قابلیت ترکیب اطلاعات کمی و کیفی را به صورت توأما داراست، نام برده شده است. (۲۵) (Jacinto, 2010). نیز در مقاله خود در خصوص کاربرد رویکرد پاپیونی در ارزیابی نیمه کمی ریسک های حوادث شغلی بحث کرده اند. در این تحقیق آنالیز کیفی اولیه بر پایه تکنیک دیاگرام پاپیونی بوده است. مؤلفان شایستگی و سودمندی روش پیشنهادی را با به کار بردن و آزمایش آن در محیط کارخانه کشتی سازی بزرگ در پرتغال بررسی کرده اند. (۲۷)

در تحقیق مختاری و همکارانش (۲۰۱۰) نیز که در انگلستان به انجام رسیده است، سیستم ها و اصول کلیدی مدیریت ریسک بررسی و برای شناسایی و ارزیابی ریسک در چارچوب مدیریت ریسک بنادر دریایی و پایانه های ساحلی، آنالیز ریسک بر پایه روش پاپیونی آزمایش و پیشنهاد شده است. عبدی و همکاران (۲۰۱۱) در مقاله ای به استفاده از روش پاپیونی برای بهبود ایمنی بیمار پرداختند. هدف از این پژوهش ، استفاده از روش پاپیون، یک تکنیک ارزیابی ریسک فعال (Proactive) براساس رویکرد سیستمی، برای تجزیه و تحلیل آینده نگر از خطرات تهدید ایمنی بیمار در بخش مراقبت های ویژه (ICU) می باشد. در این مطالعه روش پاپیونی برای مدیریت ریسک های بالینی تهدید کننده ایمنی بیمار توسط یک تیم از رشته های متفاوت (چند رشته ای) در ICU استفاده شده است. تجزیه و تحلیل پاپیونی در حوادث مربوط به داروهای شرایط اضطراری ، دستگاه تهویه وابسته به ذات الریه، عفونت جریان خون ناشی از شند مثانه (Catheter) ، عفونت ادراری و خارج کردن لوله تراشه ناخواسته انجام شده است. استفاده از روش پاپیونی منجر به توصیه های عملی برای از بین بردن ویا کنترل خطرات شناخته شده است. همچنین به درک بهتر از پیشگیری خطر و حفاظت مورد نیاز برای عملیات ایمن در تنظیمات بالینی کمک کرده است. (۲۸)

De Ruijter و (Gudenmund, 2016) در پژوهشی به بازنگری روش پاپیونی پرداخته اند. روش پاپیونی مشهور تر شده است اما فاقد یک رویکرد سازگار است. در این مطالعه به بررسی ادبیات موجود و شناسایی روش های مختلف پرداخته شده است. دو نوع اصلی از bow tie وجود دارد: bow tie کمی و bow tie کیفی. بیشترین استفاده از bow tie کمی، درخت خطا همراه با درخت واقعه و موانع برای محاسبه خطر است. Bow tie کیفی ساده تر از سناریوهای علت و معلول با موانع برای برقراری ارتباط ریسک به مخاطبان استفاده میشود. پیشنهاد شده که تغییرات روش وجود دارد و هنگامی استفاده میشود که قابل اجراست. همچنین پیشنهاد شده که مردم با استفاده از روش پاپیونی صلاحیت کافی دارند که آیا آنها از یک نوع کیفی یا کمی استفاده کنند. (۲۹)

Kashwani و (Nielsen, 2017) در پژوهشی به بررسی مهندسی ایمنی سیستم در پروژه های ساختمانی نفت و گاز امارات متحده عربی پرداختند. ارزیابی ریسک یکی از ابزارهای خیلی حساس سیستم مهندسی ایمنی در پروژه های ساختمانی نفت و گاز با توجه به ارائه حفاظت مورد نیاز برای فعالیت های ساخت و ساز مانند مواد ساخت و نصب سازه مورد استفاده قرار میگیرد. هدف اصلی از ابزار ارزیابی ریسک فراهم کردن حفاظت کامل برای عنصر اصلی که در صنعت نفت تعیین کننده هستند شامل: مردم، محیط زیست، سرمایه و اعتبار میباشد. خطا و یا نقص در پیاده سازی ارزیابی ریسک در مرحله ساخت و ساز میتواند به فاجعه در مراحل پیشرفته مانند عملیات و تولید منجر شود. در تاریخچه تعداد زیادی از پروژه های ساخت و ساز نفت و گاز نشت نفت و انفجار بدلیل عدم ارزیابی ریسک کارآمد در مرحله ساخت و ساز رخ داده که منجر به زیان مالی و از دست رفتن زندگی انسانها شده است. عوامل متعددی وجود دارد که به مسائل پیاده سازی در مرحله ساخت و ساز کمک میکند، بنابراین باید جنبه های مختلف در ساختارهای ارزیابی ریسک تجزیه و تحلیل شود تا تعیین شود که سیستم خیلی نزدیک و مرتبط شده است. از طریق آنالیزهای داده ها، آشکار است که ضعف در پیاده سازی میتواند خط مشی ناکافی و چارچوب مربوط به ارزیابی ریسک باشد. تاثیر فرهنگ سازمانی بر رفتار ایمنی کارکنان یکی دیگر از دلایلمک به پیاده سازی معیوب باشد. بسیاری از محققان سعی میکنند مشکلات پیاده سازی در بخشنفت و گاز یا میان صنایع دیگر از طریق مقررات ریسک، برنامه ریزی ریسک و خطاهای انسانی آنالیز کنند. این پژوهش نشان میدهد که یک شکاف در فهم و عمل ابزار ارزیابی ریسک بین مدیریت و بهرهبرداری، بخصوص در اثرات رفتاری وجود دارد. (۳۰) Xian Shan و همکاران (۲۰۱۷) در مقاله ای به ارائه تجزیه و تحلیل خطر روی خطای نشت خط لوله گاز طبیعی بوسیله شبکه بیزی فازی بامدل پاپیونی پرداختند. هدف از این پژوهش، ارائه یک روش ارزیابی ریسک عملی بر اساس مدل پاپیون و شبکه های بیزی برای تجزیه و تحلیل خطر نشت خط لوله گاز طبیعی میباشد. در مرحله اول، شناسایی عوامل خطر بالقوه و عواقب ناشی از شکست است. سپس مدل پاپیون ساخت، استفاده از تجزیه و تحلیل کمی از شبکه های بیزی برای پیدا کردن لینک های ضعیف در سیستم، و یک پیش بینی از اقدامات کنترل به منظور کاهش میزان حادثه است. (۳۱)

یزدی (۲۰۱۷) در پژوهشی به کاربرد روش پاپیون در مدیریت ریسک سولفید هیدروژن با استفاده از تجزیه و تحلیل لایه های حفاظتی (LOPA) پرداخته است. سیستم های ایمنی برای رسیدن به اهداف و مقاصد سازمان نیاز به استفاده از راههای قوی و پایدار دارند و نقش اصلی سیستمهای ایمنی بیشتر از قبل در حفظ سلامت پرسنل، محیط زیست، حفاظت و بهبود اعتبار سازمان پررنگتر شده است. عملکرد مناسب سیستم ایمنی بستگی به قابلیت اطمینان و احتمال شکست سیستم، که توسط سیستم ایمنی یکپارچه تعیین شده دارد. در این راستا، این مطالعه مدیریت ریسک H₂S با استفاده از مدل Bow tie با تاکید بر لایه تجزیه و تحلیل حفاظتی (LOPA) یک کارخانه فرایند نفت و تزریق گاز به عنوان یک مطالعه موردی با توجه به غلظت بالایی از (H₂S ۱۳۰۰۰۰ پی پی ام) و نیز فشار بسیار بالای تزریق گاز (۴۱۰ بار) انتخاب شده است. این کار وقتی شروع میشود که مناطق خطرناک باتوجه به طبقه بندی منابع نشت گاز H₂S که توسط ارزیابی ریسک H₂S مدل پاپیون دنبال کرده باشد. در مرحله زیر، سیستم های ایمنی هوشمند به عنوان LOPAs تجزیه و تحلیل لایه های حفاظتی مورد بررسی قرار گرفته است. بنابراین، عناصر سیستمهای ایمنی هوشمند مشخص شده است. براساس نرم افزار منطقی تعریف شده، بلوک دیاگرام مشخص شده است. سپس، احتمال شکست در زمان مورد نیاز (PFD) و سطح یکپارچگی ایمنی (SIL) بدست می آید. PFD از نمودار بلوکی، محاسبه شده و SIL مربوطه با استفاده از نمودار بلوکی قابل اطمینان و روابط بین PFD و قابلیت اطمینان به دست می آید. در نتیجه، هریک از عناصر و یا نمودار بلوکی به عنوان نقاط ضعفدر نظر گرفته شد. براین اساس، راه حلهایی برای کاهش اثرات سوء و ترویج SIL به منظور بهبود عملکرد ایمنی کارخانه پیشنهاد شده است. (۳۲)

Mary Beth Mulcahy و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی به استفاده از روش پاپیونی برای شناسایی خطر، مدیریت ریسک و تجزیه و تحلیل رویداد برای پشتیبانی از آزمایشگاه پرداختند. سیستم های کنترل و پیشگیری از خطر برای فرآیندهای آزمایشگاهی باید به راحتی در بین کارگران آزمایشگاه همکارانشان، و سرپرستان آزمایشگاه اشتراک گذاشته شود. بدین منظور برای اینکه راه انتقال و پایدار سیستم های کنترل موثر واقع شود، باید ابزار ارتباطی مدیریت ریسک موثر وجود داشته باشد. این ابزارها نیاز به مدیریت تغییر مناسب و پایدار در پاسخ به حل علمی نیازها در کشف آزمایشگاه های مستقر دارد. در این مقاله، استفاده از یک ابزار توسعه یافته مدیریت ریسک در صنعت نفت و گاز که به عنوان یک "نمودار پاپیونی" شناخته شده جهت ارزیابی در محیط آزمایشگاه استفاده شده است. چالش های شناسایی خطرات آزمایشگاهی و مدیریت ارتباط خطرات و همچنین تجربیات اولیه در تطبیق نمودار پاپیونی به محیط آزمایشگاهی شرح داده شده است. اطلاعات پس زمینه در مورد رویکرد پاپیونی ارائه شده

و روش استفاده از یک سناریو تحقیقات آزمایشگاهی علمی نشان داده شده است. همچنین نقش طرح نمودار پاپیونی در برنامه فرهنگ ایمنی فعال به وسیله تسهیل ارتباطات خطر و حفظ آگاهی خطر در سراسر طیفگسترده ای از سهامداران میتوانیم بازی کنیم. (۳۳) Muniz, Marcio Vinicios Pereira و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهشی به بررسی بهبود مدیریت ریسک پاپیونی خطوط لوله گاز طبیعی پرداختند. با توجه به اینکه حوادث خط لوله ناشی از محیط زیست، مردم، دارایی ها و اعتبارات شرکت ها به لحاظ

تاریخی ناشی از شکست در مدیریت ریسک بوده است. دیاگرام پاپیونی میتواند یک روش مدیریت ریسک روشنی و منحصر به فرد برای ابزارهای امنیتی و ریسک ارائه دهد. در این مقاله، یک مطالعه موردی با استفاده از روش Bow tie توصیف شده است تا تحلیل عملکرد اثربخشی کنترلی موجود در خطوط لوله را ارائه دهد و با ارائه یک رابط گرافیکی، به طور عمده به اپراتورها و جامعه خطرات خط لوله و کنترلهای آنها، درک بهتریکنند. بنابراین، این مقاله به درک بهتر خطرات خط لوله کمک میکند و میتواند شرکتها را تشویق به استفاده از دلایل اصلی، موانع پیشگیرانه، موانع کاهش اقدامات توصیه شده، عوامل تخریب و حفاظت آنها به عنوان دستور العمل برای ساخت نمودار Bow tie برای خطوط لوله در فرایند مدیریت ایمنی کند. علاوه بر این، این شرکت میتواند از نمودارها به عنوان یک ابزار برای برقراری ارتباط با جامعه در مورد خطرات استفاده کند و به ذینفعان نشان دهد که خطرات تحت کنترل هستند. (۳۴)

LIU, Zi-xian, Mei, L (۲۰۱۷) در پژوهشی به ارزیابی ریسک دینامیکی پزشکی مبتنی بر رویکرد - Bow Tie و شبکه بیزی پرداختند. با توجه به اینکه بهداشت و درمان به عنوان یک صنعت با خطر بالا در نظر گرفته شده است و تأثیر مهمی بر ایمنی بیماران و کیفیت پزشکی دارد. روش Bow-tie سنتی دارای برنامه های کمی در زمینه های پزشکی است و محدودیت هایی در ارزیابی ریسک دینامیکی پزشکی دارد. از طریق تبدیل طرح Bow-tie به شبکه بیزی مربوطه، چارچوبی از تجزیه کمی در مراقبت های بهداشتی با استفاده از روش رویکرد Bow-tie در این مقاله ساخته شده است و ارزیابی ریسک دینامیکی با به روز رسانی احتمال بر اساس قضیه بایس انجام شده است. امکان سنجی و اثربخشی روش پیشنهادی با استفاده از نمونه ای از aeroembolism در روند همودیالیز محقق شده است. (۳۵)

فصل سوم

(مواد و روش ها)

۳-۱- مقدمه:

این پژوهش، یک مطالعه توصیفی- تحلیلی می‌باشد که در نیروگاه سیکل ترکیبی خرم آباد و براساس تکنیک پایبونی و به کمک نرم افزار ProBow Tie اجرا شد. روش اجرای کار به این گونه می‌باشد که پس از تعیین و دسته بندی فعالیتها، هر فعالیت و فرآیند شغلی به تنهایی مورد مطالعه قرار گرفته و پس از ارزیابی ریسک و شناسایی خطرات و عوامل تهدید کننده موجود، تمامی رویدادها و پیامدهای احتمالی مورد مطالعه قرار گرفته است. سپس در مسیر هر گروه از نمودار پایبونی یعنی تهدید تا وقوع رویداد، اقدامات کنترلی پیشگیرانه جهت پیش گیری از وقوع پیوستن رویداد براساس

ترتیب اولویت اقدام و عمل تعریف گردیده است و همچنین در مسیر هر شاخه رویداد تا پیامد، اقدامات و تدابیر کنترلی جهت کاهش اثرات و شدت پیامدهای احتمالی تبیین و اتخاذ شده است.

موردهای مطالعاتی در مرحله ساخت این واحد حاوی جرثقیل و بار برداری سنگین، کار در ارتفاع با بسکت، داربست بندی و کار در ارتفاع بر روی داربست، کار با برق و تابلو برق، سیلندرهای تحت فشار و جوشکاری و برشکاری با گاز، جوشکاری برق و سنگ زنی می‌باشد. کلیه ی فرآیندها و فعالیت ها در گام ساخت یک واحد نیروگاه سیکل ترکیبی بکار گرفته شده است.

۳-۲- روش انجام پژوهش (BOW – TIE)

مقایسه حوادث بزرگ در کشورهای گوناگون صرف نظر از میزان پیشرفت و توسعه یافتگی، بیانگر شباهت های زیاد آن ها با یکدیگر است. عواملی مانند اعتماد بیش از اندازه به ایمن بودن تأسیسات، خطاهای انسانی، آماده نبودن در شرایط بحرانی، اشکالات در طراحی و در کشورهای کمتر توسعه یافته رعایت نکردن موازین اصول HSE در انتقال فناوری از دلایل اصلی بروز رویدادهای ناگوار انسانی و زیست محیطی بوده اند. تمامی عوامل یاد شده بالا در صنایع کشور ما نیز وجود دارند که سبب بروز حوادث بزرگی شده اند. تلاش بشر برای توسعه و رفاه، در بستر محیط زیست و با بهره گیری از نهادهای آن انجام می شود و بهره دهی و پایداری این گونه فعالیت ها در گرو تناسب و هم سویی آن ها با اصول و محدودیت های حاکم بر محیط های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی است. طرح ها و پروژه های عمرانی و برنامه های توسعه با هدف بهسازی و ارتقای کیفیت زیست انسان ها برنامه ریزی میشوند و به اجرا در می آیند. اما در بسیاری موارد دیده شده که به دلیل بی توجهی برنامه ریزان، مجریان و تصمیم گیرندگان و به علت ارتباطات پیچیده ای که این برنامه ها با محیط زیست دارند، به عامل تخریب کننده محیط و مانعی بر سر راه پیشرفت انسانی بدل شده اند. مثال هایی از این دسته را در همه کشورها از جمله ایران می توان برشمرد (۳۶). در میان صنایع مختلف، صنایع فرآیندی با توجه به حقیقت خطرناک مواد و عملیات آن دائماً جزو صنایع پرخطر محسوب می شوند. در این بین صنعت نفت و صنایع وابسته به آن

در کشور ما به علت انتقال حجم بالایی از فرآورده های نفتی که دارای ریسک بالایی از خطرهای ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی اند از اهمیت بالایی برخوردارند (۳۷).

با توجه به مطالب یاد شده رویکردهای نوین کنترل خطرها به ویژه در قالب سیستم های مدیریتی نظیر HSE – MS.OHSAS 18000 ISO ، ۱۴۰۰۰ و ... بر پیشگیری از حوادث، قبل از رخ دادن آن ها تأکید می کنند .

برای مثال، به این موضوع به منزله یکی از عناصر اصلی سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست، با عنوان ارزیابی و مدیریت ریسک تأکید شده است (۳۷).

مدیریت ریسک به منزله کاربرد سیستماتیک سیاست ها، رویه ها و شیوه ها برای شناسایی، آنالیز، ارزیابی، درمان و پایش ریسک ها تعریف شده است. هدف از مدیریت ریسک پروژه برنامه ریزی، سازماندهی، هدایت و کنترل فعالیت ها و فرآیندهای پروژه است، به گونه ای که آثار فرصت ها بیشینه و آثار تهدیدها به حداقل برسد (۳۸).

استقرار سیستم های مدیریت HSE در سازمان ها و صنایع بزرگ، به ویژه در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی بر اساس راهنمای تدوین شده در ایران و جهان در حال افزایش است.

بررسی خطرها و ارزیابی ریسک HSE فازهای ساخت تا تولید پروژه های صنعت نفت و گاز عنوان مقاله ای است که عباسپور و همکارانش در سال ۱۳۸۸ منتشر کردند. در این مقاله سعی شده است ارزیابی ریسک مراحل مختلف اجرایی پروژه های صنعت نفت و گاز و تدوین سیستم HSE بررسی شود (۳۹). مدیریت ریسک محیط زیستی خط لوله انتقال فرآورده های نفتی بندرعباس - سیرجان به روش پاپیونی (Tie Bow) عنوان مقاله ای است که در سال ۱۳۹۱، (۴۰) انجام داده اند. این مطالعه با هدف ارزیابی و مدیریت ریسک محیط زیستی خط لوله فرآورده های نفتی بندرعباس - سیرجان به طول تقریبی ۲۷۳ کیلومتر به انجام رسید . بدین منظور ابتدا ریسک محیط زیستی با روش سیستم شاخص گذاری ارزیابی شده .

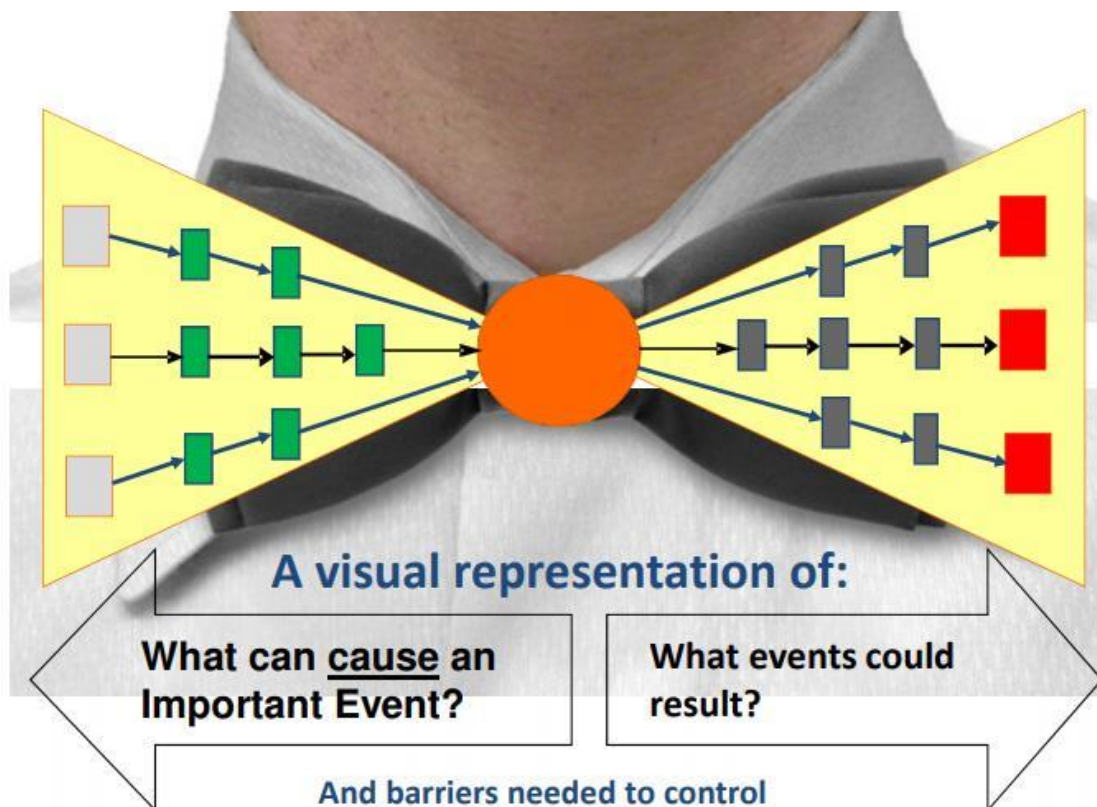
در این راستا شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک از طریق تحلیل دو شاخص مخاطرات کل و آثار و تعیین امتیاز ریسک بر اساس مدل ریسک نسبی روش شاخص گذاری صورت پذیرفته. سپس، امتیاز ریسک با استفاده از نرم افزار Arc GIS ۹,۳ در سه سطح ریسک زیاد (۰/۰۸ - ۰/۲۹)، متوسط (۰/۲۹ - ۰/۴۰) و کم (۰/۴۰ - ۰/۹۲) در طول مسیر خط لوله پهنه بندی شده و به مقصود مدیریت ریسک محیط زیستی از روش پاپیونی (Bow Tie) بهره گرفته شده است . نتایج این پژوهش حاکی از آن است که ۷ درصد از مسیر خط لوله واجد پتانسیل ریسک زیاد (بازه امتیاز ریسک ۰/۰۸ تا ۰/۲۹) است. اثربخش ترین عوامل در بروز ریسک نیز ویژگی های طراحی (پتانسیل جابه جایی خاک) و پتانسیل تخریب عوامل ثالث شناخته شد. برای کاهش و کنترل ریسک های شناسایی شده نیز راهکارهای مدیریتی در قالب مدل پاپیونی ارائه شده از جمله اقدامات پیشگیرانه و کنترلی توصیه شده می توان به ایجاد سیستم هشدار دهنده، عکس العمل مناسب نسبت به تماس ها، استفاده از تجهیزات نگهدارنده قطع

سریع جریان داخل لوله، تخلیه فرآورده های داخل لوله، اطلاع رسانی سریع و احیا و بازسازی مناطق آسیب دیده اشاره کرد.

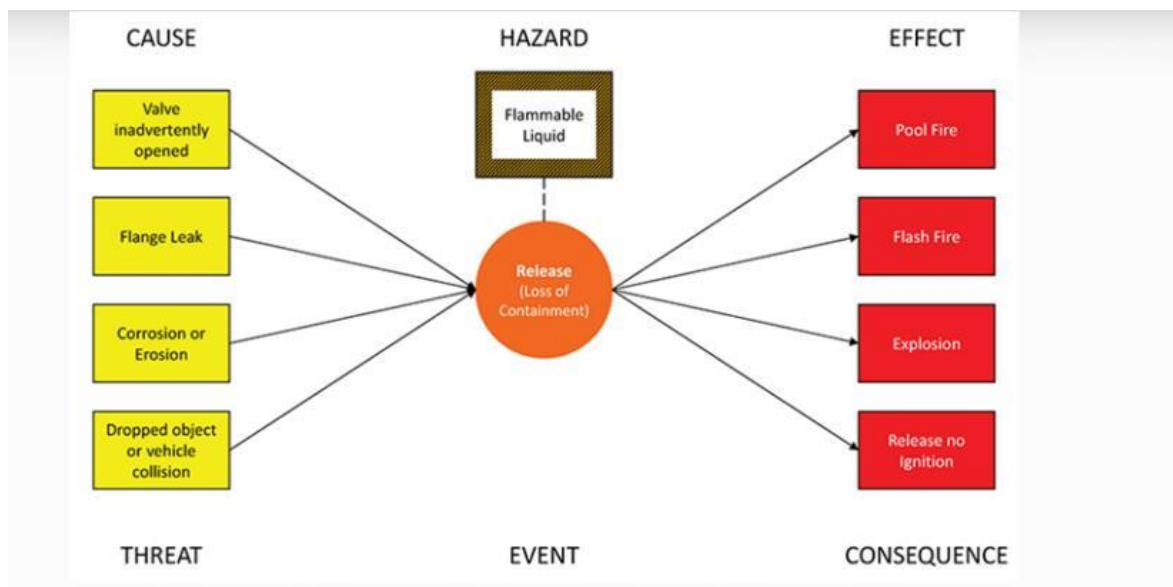
به طور کلی برای آنالیز ریسک از روش های کیفی، نیمه کمی و کمی می توان استفاده کرد. روش های مطالعه عملیات و خطرها (HAZOP)، تحلیل مقدماتی خطر (PHA)، و چه می شود، اگر؟ (What If) از جمله ابزارهای مورد استفاده شده در آنالیز ریسک به شمار می روند (۴۱). هر یک از روش ها برای آنالیز ریسک در صنایع فرایندی، خصوصیات متفاوتی را دارا هستند. شاخص ترین وجه اختلاف این روش ها متفاوت بودن ورودی ها و در مقابل خروجی های متفاوت حاصل از به کار گیری روش است (۴۲)

مدیریت ریسک با تکنیک پاییونی نیز از مؤثرترین روش های گرافیکی است که طی آن ارتباط بین تمام عوامل مرتبط با فرایند خطر نشان داده می شود. همچنین ارتباط همه ی مؤلفه ها در تحلیل عوامل بالقوه آسیب رسان با اقدامات کنترلی، فعالیت ها و وظایف بحرانی به طور جامع بررسی می شود (۶۳).

۳-۳- آشنایی با روش Bow – TIE

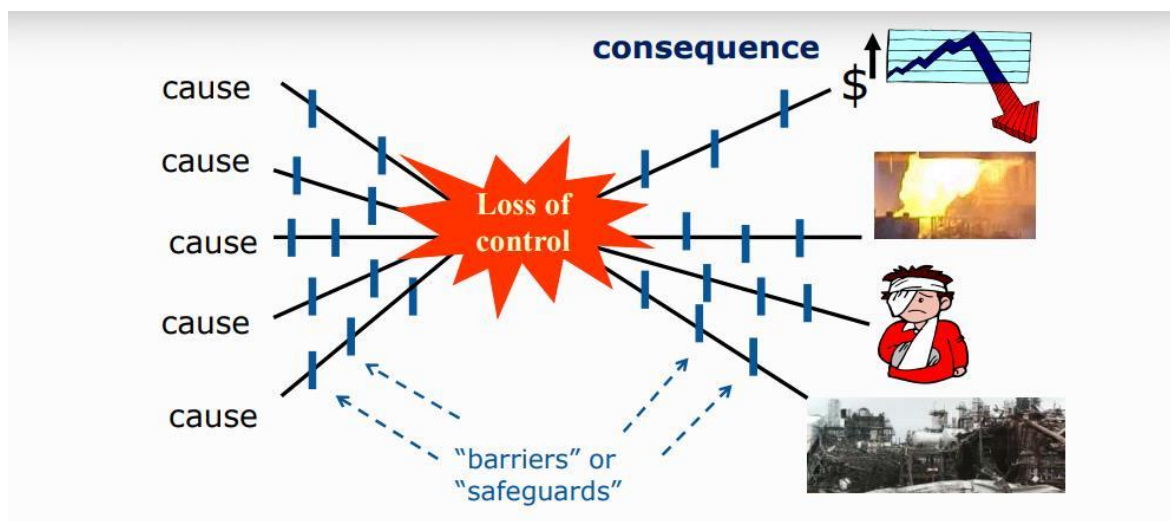


بوتای یک نمایش گرافیکی از خطر، طریقه ازاد شدن، دلایل، پیامدها و شیوه های کنترل آن خطر است. یکی از روشهای مفید در حوزه مدیریت ریسک می باشد، شرکت شل اولین شرکتی است که به طور کامل از این روش استفاده کرد پس از آن این روش در سراسر جهان بطور گسترده پیشرفت نموده است از این روش می توان در مدیریت اغلب ریسک ها استفاده کرد و پس از آن این روش در سراسر جهان بطور گسترده پیشرفت نموده است با توجه به سوابق و تجارب مطروحه، نشان می دهد که از این روش می توان در مدیریت تمامی ریسکها و برای تمامی خطرات استفاده کرد. روش bow tie یا گره پاپیونی درک واقعی تری از ارتباط میان عوامل موثر در بروز خطرات، پیامدهای حاصل از آن و موانعی که میتواند در هر مرحله مانع از بروز حادثه شود را ایجاد کند.



شکل ۲-۳ دیاگرام پاپیونی

در این متد با ایجاد دیاگرام پاپیونی برای یک فرآیند ویژه مستندسازی لازم صورت می گیرد. بر این اساس هدف نهایی کنترل مخاطرات ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی می باشد در نتیجه اولین قدم شناسایی خطرات میباشد. لازم به گفتن است که این فرآیند می بایست به صورت مداوم صورت بپذیرد. دومین اقدام ارزیابی ریسک و تصمیم در رابطه با اقدامات لازم جهت نظارت خطرات می باشد. تفاوت برجسته این روش با روشهای دیگر از این مرحله صورت می گیرد که می بایست به این پرسش پاسخ دهیم که در صورت وقوع می داند و آگاه می شود که حادثه چه پیامدهایی به همراه خواهد داشت و چگونه می توان این پیامدها را کنترل نمود که از بروز خسارات و ضررهای بیشتر پیشگیری نمود. مسئله چشم گیر روش ذکر شده در این مرحله است که به طور همیشگی این پرسش مطرح است که چه باید انجام دهیم تا از بروز حوادث و پیامدهای ناشی از آن پیشگیری کنیم.



شکل ۳-۳ پیامد یک خطر

مسئله جالب دیگر این است که با ترسیم دیاگرام پاییونی برای یک فرآیند خاص ، تمامی افراد مشغول به کار در محل و به خصوص افراد درگیر با فرآیند مربوطه، کاملاً به وظایف خود در رابطه با یک خطر آشکار و نحوه وقوع حادثه و پیامدهای ناشی از آن را به خوبی می دانند و مسئولیت های که بر عهده دارند ، را می بایست به خوبی بدانند و آنها را انجام دهند. به این شکل که در یک فرآیند خاص طراح فرآیند میداند که چگونه باید تدابیر لازم در رابطه با یک خطر در طراحی لحاظ شود و پس از آن افراد مسئول وظایفشان را می دانند که چگونه می بایست اجراء تعمیر و نگهداری را به انجام برسانند.

زمانی که خطرات مورد شناسایی قرار گرفتند از روش دیاگرام پاییونی می توانیم برای ارزیابی بهتر خطر با استفاده از یک چارچوب مشخص و مدون، حتی برای نشان دادن کنترل موثر خطرات استفاده کنیم به طور معمول از دیاگرامهای بسط یافته این روش استفاده می شود .

۳-۴ - مراحل تدوین دیاگرام Bow - TIE

۱. شناسایی مخاطرات
۲. تعیین Top Event یا لحظه آزاد شدن خطر
۳. شناسایی تهدیدات
۴. شناسایی پیامدها و عواقب
۵. شناسایی و تعیین کنترل ها پیشگیرانه
۶. شناسایی و تعیین کنترل ها کاهش دهنده (پاسخ دهنده)
۷. شناسایی فاکتور های نامطلوب کنترل ها (بررسی آسیب پذیری کنترل ها)

۳-۴-۱- گام اول: Hazard Identification

- مخاطره Hazard آن چیزی است که پتانسیل آسیب رسانی داشته باشد.

۳-۴-۲- گام دوم: مشخص کردن Top Event

۳-۴-۳- گام سوم: مشخص کردن Threat

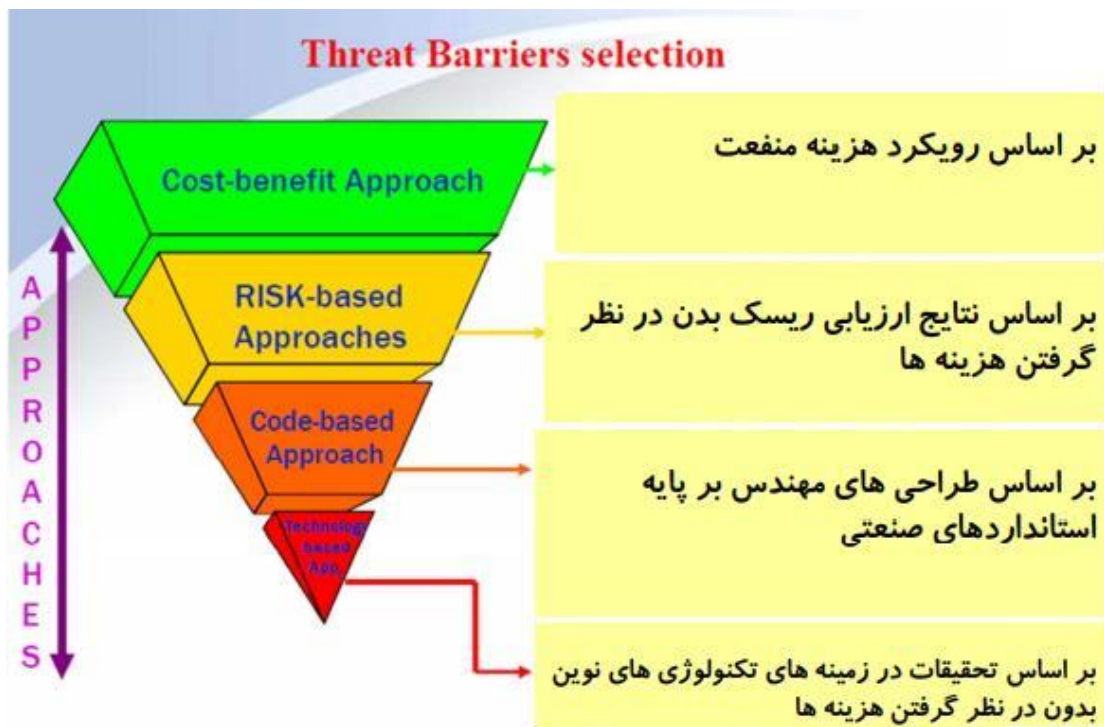
- بهترین روش تعیین تهدیدها طوفان ذهنی است
این سوال را از خود پرسید:
• چه علل احتمالی می تواند مسبب از دست رفتن کنترل شود Loss of Control

۳-۴-۴- گام چهارم: مشخص کردن پیامدها

- رویداد راس می تواند پیامدهای متعددی داشته باشد
- هر پیامد می تواند ناشی از یک رویداد و یا زنجیره ایی از رویدادها باشد
- در مدل Bow-Tie نمی توان این زنجیره را توضیح داد

۳-۴-۵- گام پنجم: مشخص کردن Preventive Measures

- کنترل های پیشگیرانه جهت پیشگیری از تهدیدها (کاهش احتمال وقوع رویداد) به منظور جلوگیری از آزاد شدن پتانسیل Hazardها می باشد



شکل ۳-۴ اولویت بندی کنترل های پیشگیرانه

اولویت انتخاب کنترل ها

۱ حذف تهدیدات

۲ جایگزینی یا کاهش پیامد ها

۳ کنترل های مهندسی

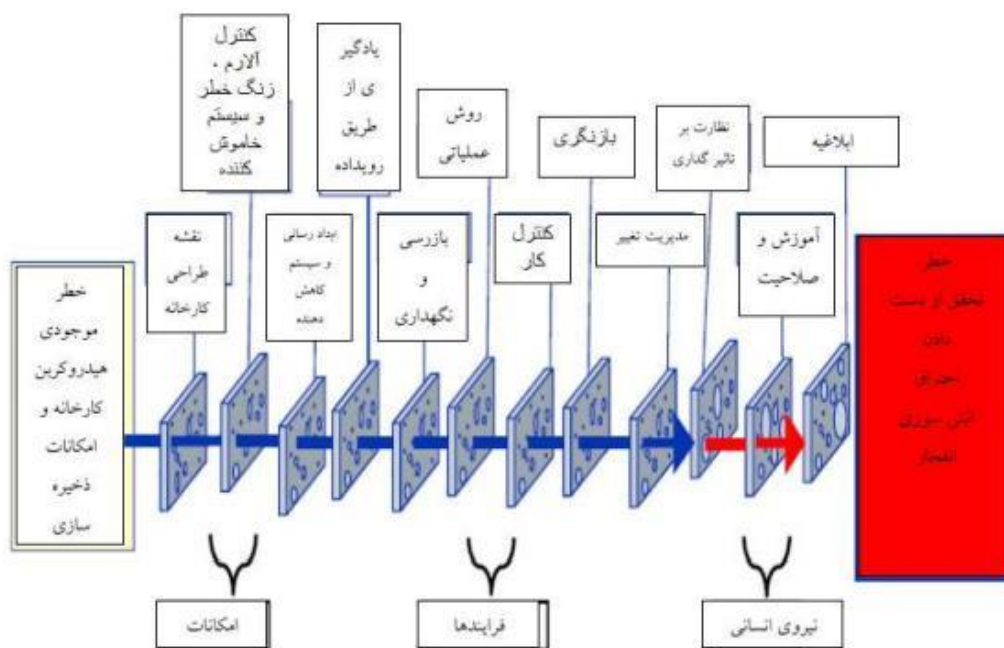
۴ کنترل های مدیریتی



شکل ۳-۵ اولویت بندی انتخاب اقدامات کنترلی

۳-۴-۶- گام ششم : مشخص کردن Recovery Measure

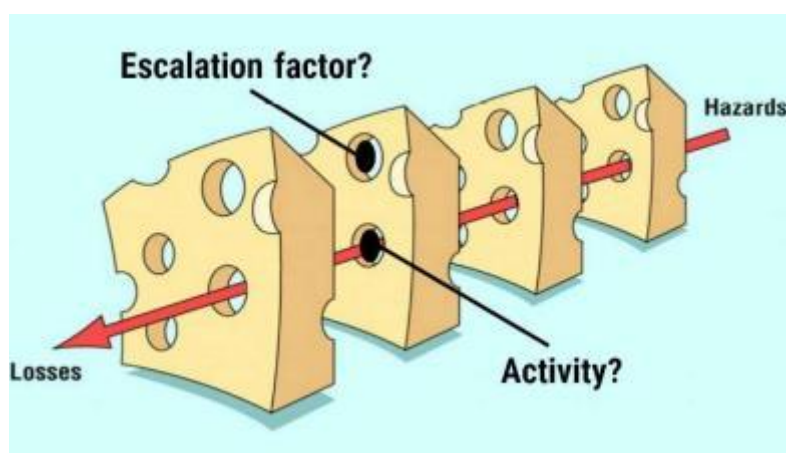
- کنترل های کاهش دهنده : تمامی اقدامات فنی و مهندسی، عملیاتی و مدیریتی که می تواند تاثیرات و پیامد های ناشی از TE را کاهش دهد



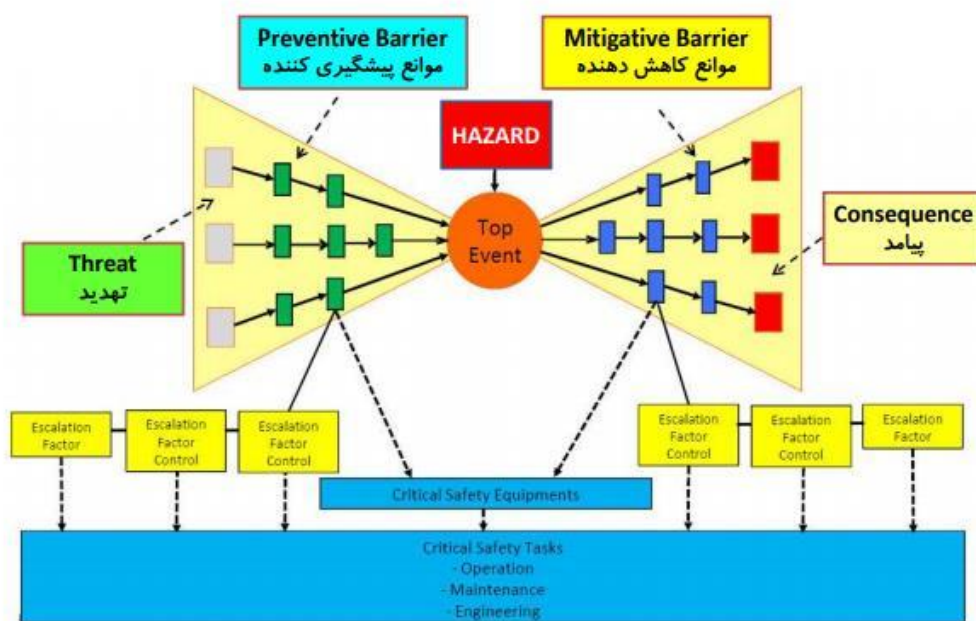
شکل ۳-۶ کنترل های کاهش دهنده

۳-۴-۷ گام هفتم : مشخص کردن Escalation Factor

- علل و یا شرایطی که باعث می گردد تا موانع ایمنی موجود دچار نقص در عملکرد شوند.
- در مدل پنیر سویسی تک تک نقص های احتمالی در هر یک از موانع مورد بررسی قرار می گیرد.



شکل ۳-۷ مدل پنیر سویسی



شکل ۳-۸ مشخص کردن Escalation Factor

۳-۵- معرفی نرم افزار

۳-۵-۱- مزایا و ویژگی های نرم افزار Bow Tie ProTM

طرح و نقشه ی به روز، از نظر فنی پیشرفته و در عین حال ابزاری آسان به منظور تسهیل در مسئله ارزیابی ریسک ها میباشد. نمودار پاپیونی، ارائه بصری قدرتمندی از فرآیند ارزیابی ریسک است که حتی توسط غیر متخصصین رشته ایمنی نیز به آسانی قابل درک است .

ابزار معرفی شده قابلیت استفاده در طیف گسترده ای از سناریوهای تجزیه و تحلیل خطر برای مثال تکنیک مطالعه عملیات و خطر HAZOP را دارا میباشد. این فصل جهت آموزش نحوه استفاده از نرم افزار Bow Tie ProTM به منظور ثبت و بررسی رویدادهای به بروز حوادث در قالب مدلهای پاپیونی ارائه میشود. مزایای استفاده از نرم افزار Bow Tie ProTM عبارتند از :

- تسهیل انجام تجزیه و تحلیل های نظام مند ، صحیح و در عین حال انعطاف پذیر از ریسک های شغلی
- ذخیره سازی و بازیابی سریع اطلاعات ریسک

- ارائه انواع گزارش در ساختارهای از پیش تعریف شده با توجه به نیازهای خاص کاربران
 - کمک به برقراری ارتباط داشتن درک درستی از چهار چوب کنترل های ریسک یک سازمان
 - کمک به آموزش کارمندان در فرآیند مدیریت ریسک و تبیین نقش ها مسئولیت های فردی
 - کمک به اهداف انواع ممیزی ها
 - تغییر فرآیند اقدامات کنترلی به منظور کمک کردن به ارزیابی پیامدهای موجود در سازمان با پیامدهای حاصل از تغییر رویه ها
 - نشان دادن مدیریت موثر ریسک به مدیران، سهامداران، کارکنان و ذینفعان
 - افزایش اثربخشی شغلی
- خصوصیات و ویژگی های بنیادی و کلیدی نرم افزار Bow Tie Pro عبارتند از :
- رابط کاربری گرافیکی قدرتمند
 - قابلیت استفاده آسان، سریع و چند منظوره
 - گزارش های استاندارد و خروجی های گرافیکی
 - تسهیل بسط و توسعه نظام مند مدل پاپیونی
 - ارائه لیست مسئولیت ها، نقش ها و وظایف واحد HSE براساس درجه اولویت و اهمیت
 - امکان ورود مستقیم اطلاعات به نرم افزار به منظور ثبت خطرات
 - قابلیت استفاده منحصر در یک سیستم (تک کاره) یا به منظور شبکه در رایانه های سازمان ها
 - اجازه ویرایش و بروزرسانی ارزیابی ها
 - سفارشی سازی کامل ماتریس ریسک بر اساس اندازه، طبقه بندی ها، تعاریف و رنگ ها
 - قابلیت ارائه اسناد و مدارک تمامی نقص ها و کمبودهای شناسایی شده در فرآیندهای ارزیابی ریسک

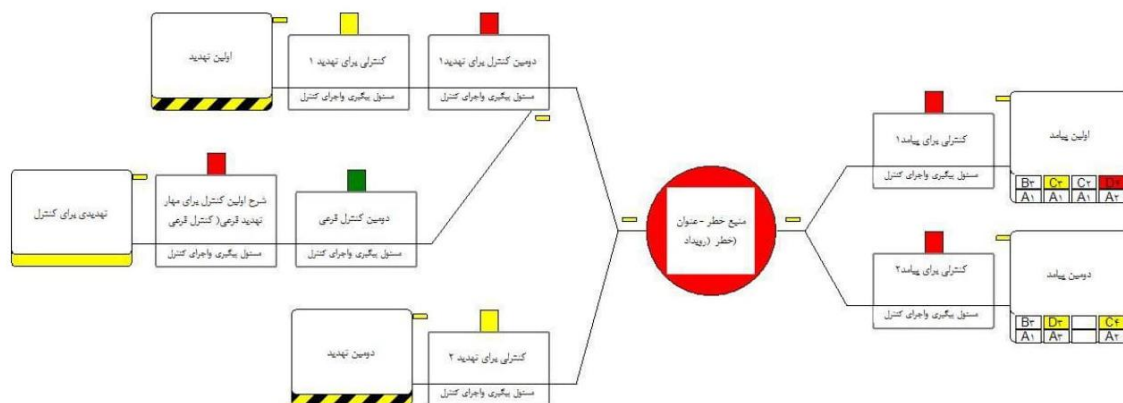
- تسهیل فرآیند بهبود مداوم
- زبان دو گانه؛ نمودارهای پایونی را براحتی میتوان به طور همزمان در قالب دو زبان تولید کرد
- امکان ورود اطلاعات به زبان فارسی
- سهولت امکان بررسی صحت نمودارها و ارزیابی ها دارای تعداد زیادی از ماژول های تجزیه و تحلیل

با استفاده از نرم افزار Bow Tie ProTM میتوان خیلی سریع و آسان اطلاعات را در ساختار یک نمودار پایونی پیاده سازی کرد. در این نمودارها شما قادر خواهید بود بطور آشکار و روشن هریک از عناصر و ارتباط آنها با یکدیگر را در کل مجموعه مشاهده نمائید که این امر در روند بررسی فرایند کمکی درخور میکند. هنگامی که نمودار نهایی توسط نرم افزار آماده و چاپ میشود و شما با استفاده از آن قادر خواهید بود به سرعت، سادگی و وضوح نتایج خود را به دیگران و مجموعه هدف منتقل کنید. نرم افزار Bow Tie ProTM دارای طیف گسترده ای از انواع فرمتهای خروجی است که این خروجی ها قابل استفاده در سایر نرم افزارهای کاربردی دیگر نیز میباشد.

۳-۵-۲- نمودار پایونی چیست؟

روش پایونی تکنیک ساختار یافته ای برای ارزیابی ریسک در مواردی است که رویکردهای کیفی به لحاظ عملکرد و انجام، ناممکن و یا نامطلوب هستند، به همین دلیل است که امروزه به روشی پرکاربرد مبدل شده است. موفقیت نمودار پایونی در واقعیت در این نکته هست که برای کارشناسان و متخصصین غیر از رشته ایمنی به نحوی ساده و آسان، قابل درک و فهم میباشد. این نمودار به طور ساده ترکیبی از علت ها، (درخت خطا) و پیامدها (درخت رویداد) است.

هنگامی که درخت خطا در سمت چپ و درخت رویداد در سمت راست ترسیم میشود و همچنین وقتی که خطر در مرکز نمودار و وسط این دو درخت به عنوان یک گره قرار میگیرد، در پایان نمودار حاصل به شکل یک پایون در می آید.



نمودار ۳-۱ نمونه نمودار پاپیونی

به منظور ساخت یک نمودار پاپیونی ، اطلاعات و جزئیات زیر مورد نیاز است

- روئیدادی که قصد پیشگیری از وقوع آن داریم
- تهدیدهای که علت وقوع رویداد هستند
- پیامدهای رویداد ، پس از وقوع
- کنترل هایی برای جلوگیری از وقوع رویداد
- کنترل هایی برای کاهش اثر پیامدها
- نرم افزار Tie Pro Bow

برای ارزیابی پیامدها ، از ماتریس های ارزیابی ریسک قابل تنظیمی برخوردار است. نرم افزار همچنین امکان ثبت اطلاعات مهم و اساسی مدیریتی بر روی هر راهکار کنترلی پیشنهادی را نیز دارا میباشد اطلاعاتی از قبیل:

- کار و وظیفه ای که می بایست انجام شود
- چه کسی مسئول انجام و پیگیری آن است؟
- اسناد و مدارک مرجع
- تائید پکیارچگی کنترل
- و...

راهکارهای کنترلی نمیتوان بسط و توسعه بیشتری داد به این شکل که حتی میتوان برای هریک از کنترل ها، تهدیدهایی را تعریف کرد که میتواند باعث نقص و شکست آن کنترل درانجام وظیفه شود و مجدداً برای همین تهدیدها نیز کنترل های ثانویه دیگری را تعریف کرد. پس از ورود دادها به برنامه، این

اطلاعات و خروجی ها از طریق صفحه نمایش وبا چاپ گزارشهایی کاربر پسند قابل مشاهده است. این اطلاعات و خروجی های برنامه، برای انتقال مفاهیم و نشان دادن چگونگی مدیریت ریسک های جاری در سازمان مورد استفاده قرار خواهند گرفت. همچنین از آنها میتوان به عنوان مرجعی کلیدی برای چک لیست های ممیزان سازمان نیز استفاده کرد.

نمودارهای پایونی میتوانند برای ارزیابی هرنوع ریسکی در هرنوع صنعتی و سازمانی بکار گرفته شوند به عنوان مثال: ریسک های زیست محیطی، ایمنی، بهداشتی، اقتصادی - تجاری، سیاسی، امنیتی، و

۳-۵-۳ - روند ساخت یک نمودار پایونی

این فرآیند شامل شناسایی نظام مند خطرات و اثر آنها، ارزیابی ریسکهای مرتبط و مشخصات کنترل هاو نهایتا اقدامات اصلاحی و بهبود بخش میباشد که میبایست بطور صحیح و در محل مناسب خود قرار گرفته باشند. نمودار پایونی فرآیندی تکرار پذیر است و اغلب توسط یک تیم قابل انجام است.

مراحل انجام آن به ترتیب شامل :

مرحله: شناسایی خطرات

- آیا کارکنان و افراد، محیط زیست، دارایی ها واموال، فعالیت های جاری سازمانی حتی اعتبار شکست در معرض آسیب های بالقوه قرار دارند؟

مرحله ۲: ارزیابی ریسک ها

- چه علت و پیامدهایی وجود دارند؟
- چگونه احتمال شکست کنترل ها وجود دارد؟
- چه ریسکهایی وجود دارند و آیا در سطح قابل تحملی ALARP قرار دارند؟

مرحله ۳: کنترل ها(راهکارهای کنترلی)

- آیا میتوان علت را حذف کرد؟
- چه کنترل هایی مورد نیاز است؟
- کنترل ها تا چه حد موثر هستند؟

مرحله ۴: بهبود و اصلاح اقدامات اصلاحی و بهبود بخش)

- آیا میتوان پیامدهای بالقوه یا تهدیدها را کاهش داد؟
- چه اقدامات پیشگیرانه و یا اصلاحی مورد نیاز است؟
- آیا این اقدامات مناسب و کافی هستند؟

۳-۵-۴- محیط کار نرم افزار Bow Tie ProTM

صفحه اصلی برنامه نرم افزار Bow Tie ProTM را میتوان به چهار بخش اصلی تقسیم بندی کرد.

۱- منو و ابزار - منوی اصلی برنامه در قسمت بالای نرم افزار و نوار ابزار نیز در ردیف زیرین آن قرار دارد.
۲- مرورگر - در قسمت چپ برنامه قرار دارد که شامل درخت خطا، مشخصات نمودار و گزارش های کل میباشد.

۳- نوار وضعیت پایین صفحه، جایی است که نوار وضعیت قرار دارد که در آن متن کامل جزئی تفایل باز شده به نمایش در می آید.

۴- فضای کاری - بقیه صفحه برنامه، به صورت محیطی خالی و به رنگ خاکستری تیره قابل مشاهده است که در حقیقت فضای کاری برنامه ما را تشکیل می دهد. در این قسمت نمودارهای پاپیونی ساخته می شوند و پیش نمایش از گزارشها عرضه خواهد شد. | مقدار فضای اختصاص یافته به مرور گر میتوان با قرار دادن مکان نمای موس بر روی لبه جداکننده آن و درگ کردن آن به سمت چپ و راست، کم و زیاد کرد. در این حالت مکان نمای موس به صورت دو فلش و به بیرون تغییر شکل خواهد داد. مرورگر را می توان توسط دکمه Show/Hide the Browser از نوار ابزار Program باز و بسته کرد.

۳-۵-۵- مراحل مدیریت ریسک محیط زیستی با استفاده از روش پاپیونی BOW - TIE

مدیریت ریسک محیط زیستی با استفاده از روش پاپیونی طی چندین مرحله شکل می گیرد. مرحله اول در این روش تعیین و شناسایی خطری است که با آن مواجه ایم. خطر عبارت است از وضعیت فیزیکی، شرایط با ویژگی های مواد که به طور بالقوه می توانند موجب آسیب هایی از قبیل بیماری، جراحت یا مرگ افراد، خسارت به اموال و سرمایه گذاری، خسارات محیط زیستی، وقفه در کسب و کار و از دست رفتن اعتبار شوند.

مراحل بعدی این روش به ترتیب عبارت اند از:

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

شناسایی عوامل مؤثر در از دست رفتن اثر بخشی کنترل های (موانع) در نظر گرفته شده برای هر یک از عوامل تهدید کننده و پیامدهای حاصل از نشت - تعیین اقدامات و راهکارهای لازم برای کنترل عوامل شکست موانع. در مرحله اول میبایست به شناسایی تمامی خطرات پرداخت، که این کار را می توان با استفاده از روشهای متداول از قبیل روشهای ذیل انجام داد:

- **HAZID**
- **CHECKLISTS**
- **INCIDENTS**
- **EXPERIENCE**
- **Job Hazard Analysis**

۳-۵-۶- نکاتی در مورد روش Bow Tie

- ✓ این روش باید به صورت تیمی انجام پذیرد
 - ✓ این روش تلفیقی از چند متد مثل ETA FTA می باشد
 - ✓ این روش هم ماهیت پیشگیرانه دارد و هم ماهیت واکنشی
 - ✓ با توجه به زمان بر بودن این متد میتوان در مراحل انجام به ریسک های سطح بالا پرداخت
 - ✓ در مرحله شناسایی خطرات میتوان از هر روش موجود مناسبی استفاده نمود
 - ✓ Treat ها عواملی هستند که موجب بالقوه شدن خطرها از حالت بالفعل می گردند
- در انتخاب کنترلها الویت ها به صورت ذیل می باشند:

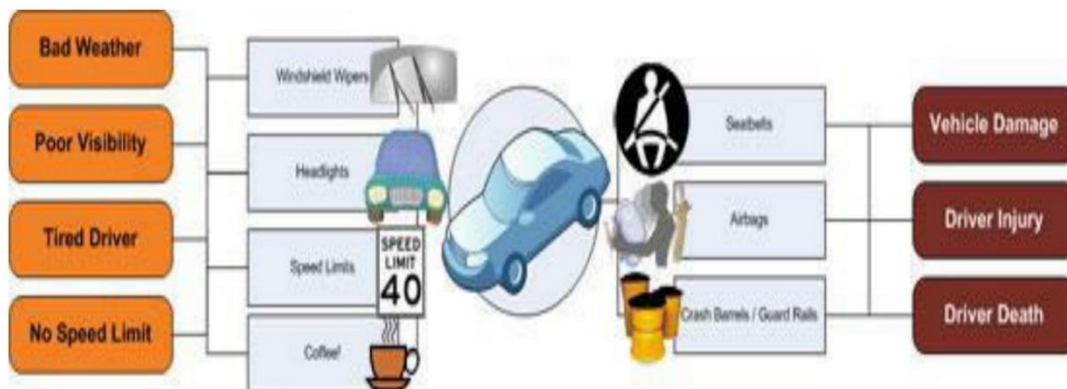
- ۱- حذف تهدیدات
 - ۲- جایگزینی کاهش پیامدها
 - ۳- کنترلهای مهندسی
 - ۴- کنترلهای مدیریتی
- در انتخاب عواقب بیشتر به حداکثر پیامدهای منطقی که میتوانند به وقوع پیوند، می پردازد.

۳-۵-۷- فواید روش BOW - TIE

- تمامی فرآیندها را کاور می کند
- ساده و قابل اجراء می باشد

- هزینه انجام خیلی کم می باشد
- برای همگان قابل فهم می باشد
- خروجی آن به صورت دیاگرام و قابل نصب در فضاهای اداری می باشد .
- علاوه بر ریسک های HSE به ریسکهای اعتباری سازمان هم می پردازد
- و غیره

۳-۵-۸ - نمونه استفاده از روش ارزیابی BOW - TIE در یک خودرو:



شکل ۳-۹ نمونه استفاده از روش ارزیابی BOW - TIE در یک خودرو

فصل چہارم

یافتہ‌ها

۴-۱- مقدمه

تمام مدلسازی ها و تکنیک های استفاده شده در امر تحلیل و ارزیابی ریسک به پیچیدگی رویداد واقعی نیست ، حتی در بهترین حالت ممکن هم تمامی جزئیات انعکاس پیدا نکند. در تکنیک پاپیونی سعی شده تا پیچیدگی رویداد تا ایجاد پیامد های قابل پیش بینی به صورت گرافیکی و نموداری را به ساده ترین شکل ممکن برای همگان قابل فهم کند و با ایجاد موانع پیشگیرانه و اقدامات کنترلی اثرات خطر را به حداقل رساند. در این فصل با توجه به تکرار فعالیت های مربوط به ساخت بویلر بازیافت نیروگاه سیکل ترکیبی پنج فعالیت به صورت رندم انتخاب گردیده که در ادامه با شرح نموداری های گرافیکی Bow Tie فعالیت های انتخاب شده می پردازیم.

جهت به دست اودرن سطوح ریسک فعالیت های موجود بر اساس معیار های سازمان و جداول شدت اثرات خطر ، ضریب کشف و احتمال وقوع عمل خواهد شد.

جدول ۴-۱ مقادیر احتمال بر اساس میزان تکرار

شاخص	میزان احتمال	نوع احتمال
F	احتمال وقوع بیش از ۹۱٪ می باشد و خطر بطور مکرر در سیستم اتفاق می افتد.	مکرر
E	احتمال وقوع بین ۷۶٪ تا ۹۰٪ می باشد و خطر به احتمال خیلی زیاد در طول عمر سیستم اتفاق می افتد.	خیلی زیاد
D	احتمال وقوع بین ۷۵٪ تا ۶۱٪ می باشد و خطر با احتمال زیاد در طول عمر سیستم اتفاق می افتد. احتمال وقوع بین ۶۰٪ تا ۴۶٪ می باشد و خطر با احتمال بالا در طول عمر سیستم اتفاق می افتد.	متوسط رو به بالا
C	احتمال وقوع بین ۴۵٪ تا ۳۱٪ می باشد و خطر با احتمال متوسط در طول عمر سیستم اتفاق می افتد احتمال وقوع بین ۳۰٪ تا ۱۶٪ می باشد و گاهی گاهی در طول عمر سیستم اتفاق می افتد.	گاه به گاه
B	احتمال وقوع بین ۱۵٪ تا ۶٪ می باشد و احتمال وقوع خطر کم است. احتمال وقوع خطر کمتر از ۵٪ می باشد و احتمال وقوع خطر در سیستم آن قدر پایین است که قابل صرف نظر کردن است.	بعید
A	احتمال وقوع خطر در صنایع مشابه گزارش شده ولی در این شرکت تاکنون اتفاق نیفتاده است. تا کنون وقوع این خطر در صنایع مشابه گزارش نشده است.	غیر محتمل

جدول ۴-۲ مقادیر شدت بر اساس نوع اثر خطر

شاخص	شدت اثرات	اثرات
6	مرگ و میر افراد بیش از یک نفر و از بین رفتن کل سیستم	فاجعه بار
5	بیماری ها و جراحات های کشنده و سرطان های شغلی شکستگی های بزرگ و قطع عضو و جراحات های متعدد و مسمومیت های شدید ناشی از بخارات ، گازها و گرد و غبار سمی و بیماریهایی که منجر به کاهش عمر میشود	خطرناک
4	سوختگی های شدید ناشی از حریق و برق گرفتگی ، پیچ خوردگی های شدید ، کری های ناشی از صدای بلند و بالاتر از حد استاندارد ، کوری چشم بر اثر پرتاب و برخورد ذرات و پلیسه به چشم و آسم ناشی از گردوغبار	خیلی شدید
3	آسیب های متوسط به افراد نظیر شکستگی جزئی ، اختلالات ناشی از اندام فوقانی (CTD)، التهاب چشم ناشی از گرد و غبار و بخارات و گازها و بیماری ها و آثار ناشی از گرما و سرما	شدید
2	بیماری ها و عوارض بیولوژیکی ، بیماری ها و عوارض ارگونومیکی کار ، التهاب پوست ناشی از سوختگی های جزئی ، ناتوانی موقت و زود گذر جراحات های سطحی ، بریدگی و پارگی جزئی و ناراحتی و بی قراری که در اثر کار ایجاد شده است مثل سردرد	متوسط
1	در این مرحله آسیب های وارد به بدن انسان بسیار پایین است و حتی در بعضی موارد بدون آسیب می باشد ولی خسارت به سیستم وارد می شود	جزئی
0	در این مرحله آسیب های وارد به انسان و سیستم ناچیز است و قابل چشم پوشی می باشد. در این مرحله هیچ آسیب و عوارضی برای سیستم و افراد ندارد	بدون خطر

جدول ۴-۳- ماتریس ارزیابی ریسک

		افضل	A	B	C	D	E	F
			هرگز در صنعت نبوده شده	در صنعت دیده شده	حالتی در شرکت ها رخ داده است	چنین بار در سال در شرکت اتفاق می افتد	چنین بار در سال در موقعیت اتفاق می افتد	چنین بار در ماه در موقعیت اتفاق می افتد
شدت								
0	بدون تاثیر (صدمه) (بر صحت)							
1	تاثیر کم (صدمه) (بر صحت)							
2	تاثیر جزئی (صدمه) (بر صحت)							
3	تاثیر عمده (صدمه) (بر صحت)							
4	مردگ							
5	چنین مردگ							

افراد (P)

تعریف رنگها
<p>پیک</p> <p>مدیریت برای بهبود مستمر</p>
<p>فنی</p> <p>نشان دادن حد قابل تحمل</p>
<p>مهمه</p> <p>غیر قابل تحمل</p>

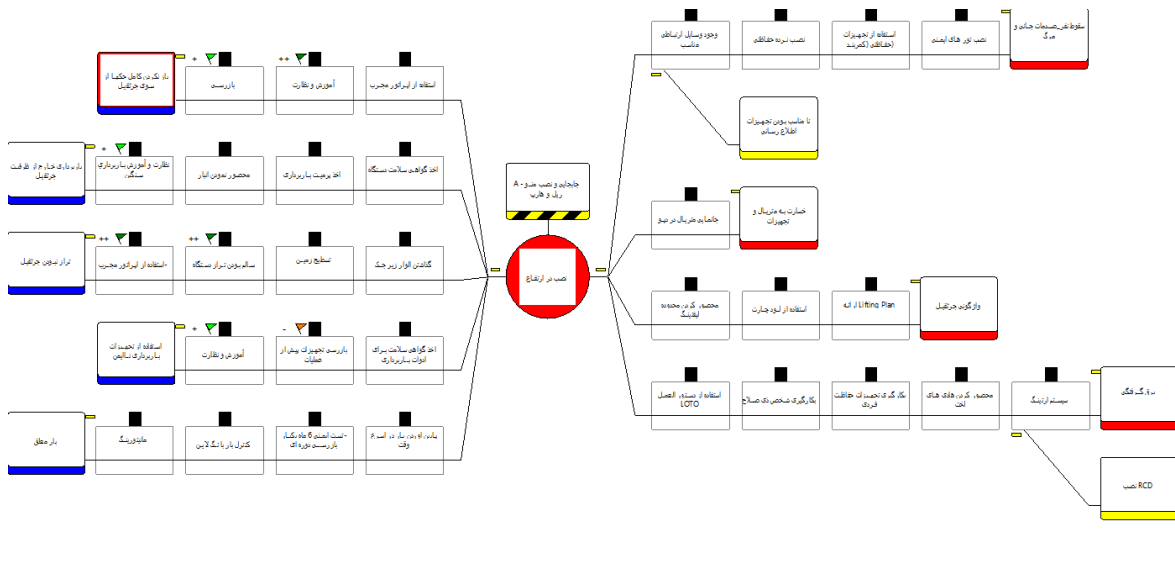
۴-۲- جابجایی و نصب منوریل و هارپ

مراحل اجرای روش BOW-TIE برای جابجایی و نصب در ارتفاع که شامل شناسایی رویداد اصلی، شناسایی تهدیدها یا علتها، شناسایی موانع پیشگیری کننده یا روش های کنترلی، شناسایی پیامدها، شناسایی موانع کاهنده یا اقدامات جبرانی می باشد. برای تسریع در اجرای روش BOW-TIE می توان از نرم افزار های موجود در بازار نیز استفاده کرد. تجهیزات مخاطره آفرین بخش ها، برگذاری کلاس های آموزشی حوزه hse در سازمان جهت افزایش آگاهی پرسنل عملیاتی و غیر عملیاتی استقرار جرثقیل و و نگهداری و تعمیرات آن، کنترل و نظارت بر انجام فنی عملیات، خسارات ناشی از واژگونی جرثقیل و تجهیزات و برق گرفتگی که تمامی این مباحث زیر معیار های مختلف نیز دارد که عبارتند از:

زیر معیار های ضعف:

عدم توجه به خط مشی hse، ضعف در اجرای دستورالعمل های hse و دیگر دستورالعمل های موجود، کمبود نیروهای متخصص hse عدم نصب تابلو های هشدار دهنده، عدم آگاهی از وضعیت صحت عملکرد سیستم های کنترلی و رفع عیب زیر معیار های تهدید: عدم تامین اعتبارات جهت بهسازی تجهیزات فرسوده، عدم وجود تکنولوژی مناسب جهت ساخت قطعات در داخل کشور

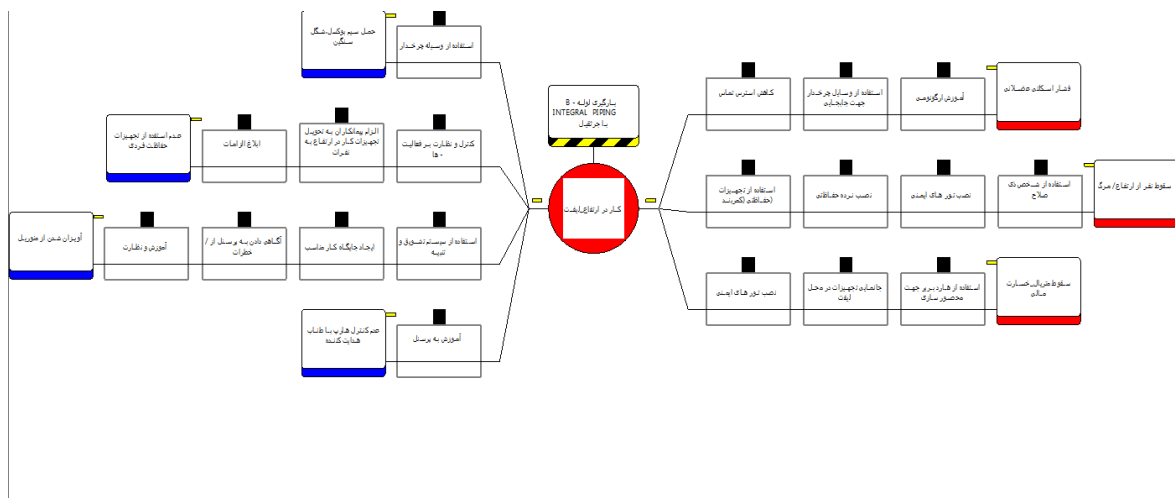
نمودار ۴-۱ جابجایی و نصب منوریل و هارپ



۴-۳- بارگیری لوله INTEGRAL PIPING با جرثقیل

در نمودار ۴-۲ نسبت به کار در ارتفاع لیفت باید خاطر نشان شد که از خطرات بسیاری برخوردار است، غالباً یک رویداد اصلی مهم منجر به چندین نوع خسارت می شود، ممکن است تجهیزات و نیروهای کار آسیب ببینند، پرت شدن از ارتفاع لیفت یکی دیگر از خطرات می باشد که اگر به برخی از خطرات این کار اشاره کنیم می توان به سقوط نفر از ارتفاع (مرگ)، سقوط متریال (خسارت مالی) اشاره کرد البته با آموزش های مناسب و نظارت و بازرسی کافی می توان از این خطرات جلوگیری کرد. یکی از کارهای ایمن برای جلوگیری از سقوط نفر از ارتفاع نصب تورهای فلزی در کنار ایمن سازی تجهیزات می باشد.

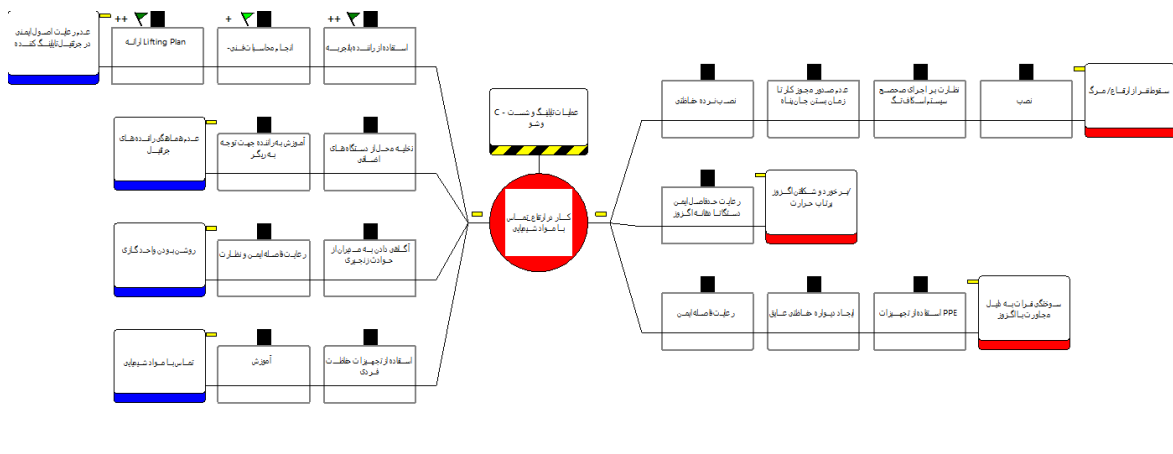
نمودار ۴-۲ بارگیری لوله INTEGRAL PIPING با جرثقیل



۴-۴- عملیات تایلینگ و شست و شو

با توجه به نمودار ۳-۴ در حوزه hse در پروژه حاضر برای کار در ارتفاع و تماس با مواد شیمیایی تهدیدها، موانع پیشگیری، روشهای کنترلی و اقدامات جبرانی را می توان مشاهده کرد. عدم هماهنگی راننده های جرثقیل، عدم رعایت اصول ایمنی در جرثقیل، روشن بودن واحد کاری و تماس با مواد شیمیایی از خطرات این بخش می باشد. اگر هر کدام از موارد ذکر شده شناسایی و نظارت نشوند موجب تلفات جبران ناپذیری از جمله سقوط نفرات از ارتفاع و سوختی نفرات در اثر مواد شیمیایی خواهند شد. لازم به ذکر است با آموزش مناسب به رانندگان و کارکنان سازمان، ایجاد دیواره عایق حفاظتی، استفاده از تجهیزات به روز و سالم، استفاده از تجهیزات محافظ فردی و شناسایی نقاط ضعف دستگاه ها از دیدگاه hse می توان از خطرات ذکر شده جلوگیری کرد.

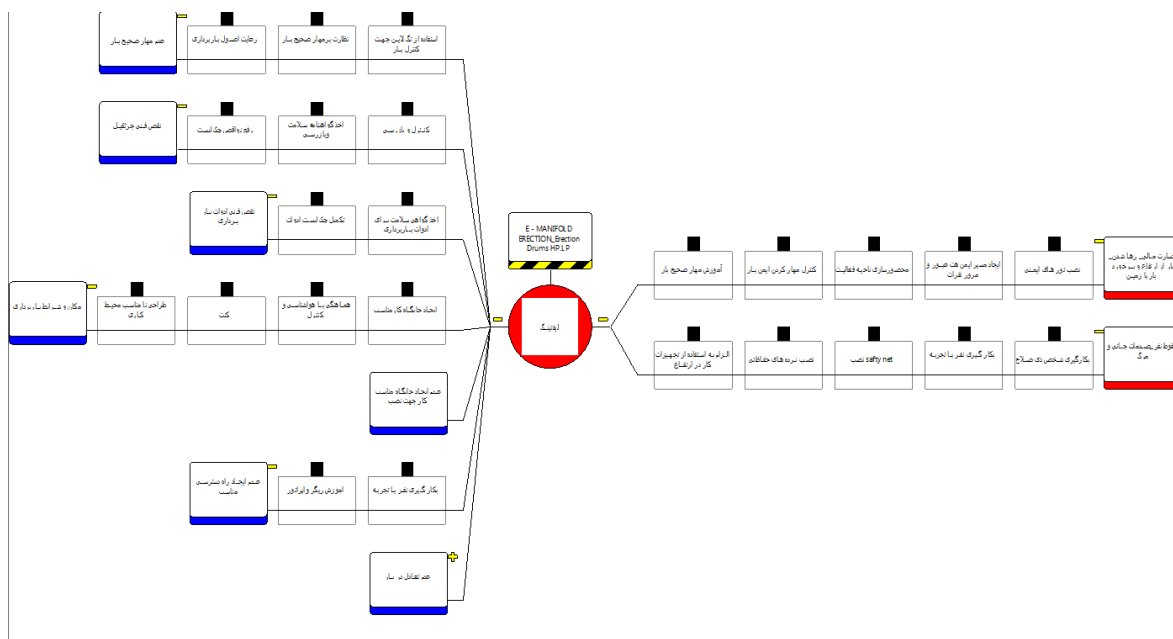
نمودار ۳-۴ عملیات تایلینگ و شست و شو



MANIFOLD ERECTION_Erection Drums HP.LP -۵-۴

در نمودار ۴-۴ (لیفتینگ) همانطور که مشاهده میکنید نقص ها و راهکارها و در پایان خطراتی که ممکن است رخ بدهد را میبینیم. رویدادهای که منجر به نتایج بسیار خطرناک میشود شامل: عدم مهار صحیح بار، نقص فنی جرثقیل، عدم ایجاد راه دسترسی، نقص فنی در تجهیزات که می بایست برای جلوگیری از این رویدادها مجموعه کارهای مشخص و مدون انجام داد از جمله رعایت اصول و نظارت در نحوه بار، بکار گیری نفرات کار بلد، نظارت کامل بر نحوه انجام کار تجهیزات و طراحی چک لیست، آموزش نیروی کار، ایمن سازی تجهیزات و محیط کار برای نفرات، هماهنگی در تمامی مراحل کار و تجهیزات و نفرات که در نهایت در صورت رعایت نکردن هر کدام از موارد ذکر شده در رابطه با ایمنی محیط کار و تجهیزات عواقبی جبران ناپذیر مانند خسارات مالی و جانی به دلیل رها شدن از ارتفاع تجهیزات و نفرات می باشد.

نمودار ۴-۴ MANIFOLD ERECTION_Erection Drums HP.LP

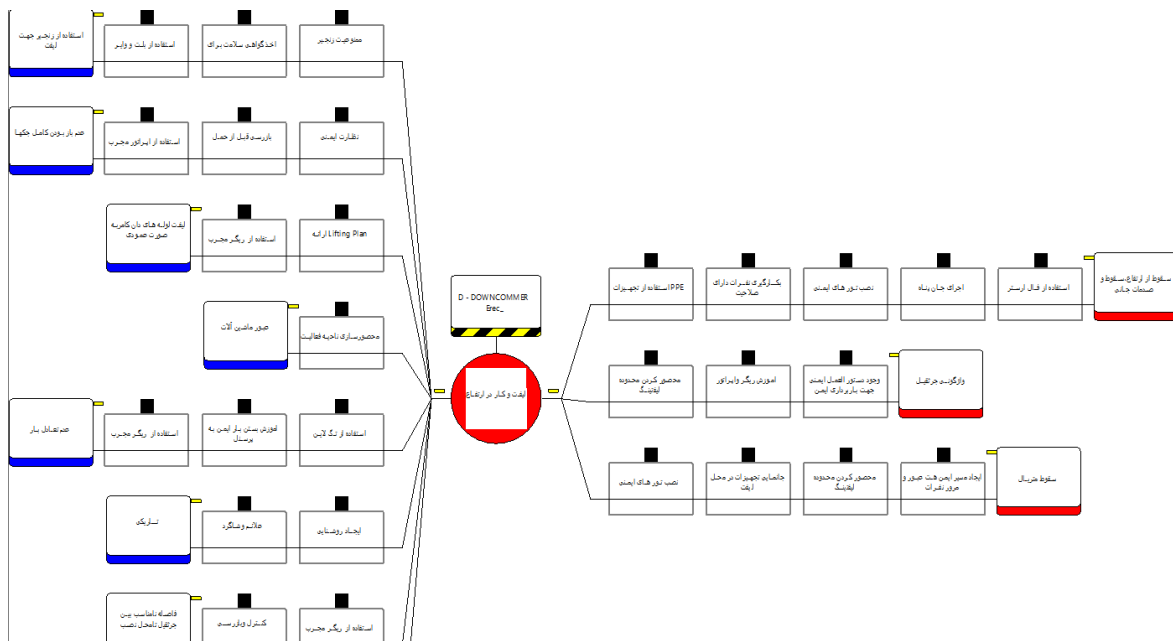


۴-۶- تنش زدایی RT.Test

همانطور که قبلاً در این پژوهش گفته شده ایمنی تجهیزات و نیروی کار در اولویت قرار دارد. در نمودار ۴-۵ که مربوط به لیفت و کار در ارتفاع می باشد که خطراتی را در پی خواهد داشت در اینجا به توصیف مختصری از نمودار می پردازیم:

استفاده از زنجیر جهت لیفت، عدم باز بودن جکها، عدم تعادل بار، تاریکی، عبور ماشین آلات می تواند خطر آفرین باشد که نتایج آن بسیار جبران ناپذیر است که شامل واژگونی جرثقیل، سقوط از ارتفاع، سقوط مترتال می باشد. اما با برنامه ریزی دقیق و با استفاده از نیروی مجرب، نصب علایم و نشانگر ها، ایجاد روشنایی، نظارت کافی از نحوه کار کارکنان و ماشین آلات و همچنین کلیه اقدامات ایمنی که در نمودار آمده است از اتفاقات احتمالی جلوگیری کرد.

نمودار ۴-۵ تنش زدایی RT.Test



فصل پنجم

خلاصه، بحث، نتیجه گیری

۵-۱- مقدمه

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی ریسک و شناسایی مؤلفه های مؤثر در کاهش ریسک ساخت بویلرها در نیروگاه خرم آباد به روش BowTie می باشد. اغلب به وقایع غیر قابل کنترلی هستند که در سراسر جهان و همچنین ایران اتفاق می افتد نیروگاه برق که نقش مهمی در تولید برق دارد همواره در معرض ریسک های مختلف قرار دارد که با روش BowTie مورد ارزیابی قرار می گیرند که موجب آمادگی و کنترل در مقابل ریسک های مختلف می شود.

تجزیه و تحلیل با تکنیک پاپیونی ابزاری کاملاً ساده است که برای پیش بینی پیامدها و تهدیدهای موجود پیرامون یک فعالیت و ارائه راهکارهای کنترلی و ایجاد موانع پیشگیرانه بسیار مؤثر است. این ابزار به مدیران، سرپرستان و کلیه پرسنل حق انتخاب های آگاهانه ای میدهد تا با ایجاد موانع پیشگیرانه و اولویت بندی اقدامات کنترلی ریسک فعالیت را تا حد ممکن پایین بیاورند.

شناخت صحیح تهدیدها و پیامدهای پیرامون فعالیت زیربنای ایجاد برنامه پاسخ به شرایط اضطراری میباشد به همین دلیل در فاز فرایند شناسایی خطرات و مدیریت ریسک از اهمیت بالایی برخوردار است، برای ایمن کردن محیط کار باید در مرحله شناسای خطرات حداکثر توان را بکار گرفت زیرا شناخت ریسک و ارزیابی آن یکی از کلیدی ترین مراحل مدیریت ریسک است.

نتایج کلی حاصل از این پژوهش حکایت از این دارد که Bow Tie یکی از ابزارهای مدیریت ریسک است که از تجزیه و تحلیل پیچیده ای پشتیبانی میکند و آن را به صورت ساده و بصری برای کلیه پرسنل قابل فهم میسازد و همچنین به دلیل زمانبر بودن این روش برای فعالیت های با ریسک کم توصیه نمیگردد

۵-۲- خلاصه پژوهش

این پژوهش با هدف ارزیابی و شناسایی ریسک بویلر نیروگاه خرم آباد با استفاده از روش پاپیونی صورت گرفته است. بنابراین در ابتدا به بررسی عمیق ادبیات موضوع و پژوهش هایی انجام شده داخلی و خارجی پرداخته شده تا مبانی اولیه در تدوین پیش فرض های لازم در جهت ارزیابی و شناسایی ریسک های مختلف در ساخت بویلر در نیروگاه خرم آباد به روش پاپیونی فراهم آید.

این روش پژوهش دارای نکات مثبتی از جمله اینکه تمامی فرایندها را پوشش می دهد که در هر شرایطی قابل اجراست و همچنین از نظر هزینه ای بسیار مقرون به صرفه میباشد و قابل نمایش در تمامی فضاها از جمله اداری و کارگاهی می باشد، علاوه بر ریسک های محیط زیستی، سلامت و ایمنی میتوان به ریسک های اعتباری هم پرداخت و همچنین از نکات منفی این تکنیک میتوان به زمان بر بودن این روش اشاره نمود.

۵-۳- نتایج پژوهش و بحث

ارزیابی ریسک بویلر نیروگاه خرم آباد به روش پاپیونی با استفاده از نرم افزار Bow Tie Pro TM یک روش کار آمد برای جلوگیری از وقوع حوادث ، کاهش تهدید ها ، کنترل پیامد های ریسک مربوط خطرات ناشی از کار میباشد . نمای گرافیکی استخراج شده از این نرم افزار نمودار پیامد ها و تهدید های پیرامون خطرات فعالیت انتخاب شده را به تصویر میکشد که میتوان عوامل زمینه ساز به وجود آمدن یه حادثه را در ان به وضوح هویدا نمود و به کلیه پرسنل سازمان بر حسب وظایف خود در ارتباط با خطرات پیرامون فعالیت خود آگاه نمود تا بدین سان از به وقوع پیوستن حوادث جانی خسارات مالی و ... جلوگیری نمود و همچنین با ایجاد موانع پیشگیرانه و اقدامات کنترلی و اولویت بندی آنها به کمک این تکنیک به نتایج موثر رسید.

نتایج به دست آمده بیانگر آن بودن که بکارگیری این روش تکنیک مناسبی برای تحلیل ریسک ، شناسایی خطرات ، تهدیدات ، پیامد ها و کنترل پیامد ها و کنترل تهدید در فاز ساخت نیروگاه میباشد و همچنین تجزیه تحلیل ریسک این خطرات میتواند منجر به ارائه راهکارهای پیشگیرانه و اقدامات کنترلی گردد.

منابع:

- ۱- ناصرزاده، زهرا. (۱۳۹۲). آموزش نرم افزار ارزیابی ریسک Bow Tie ProTM ، انتشارات فن آوران، چاپ اول.
- ۲- صامتی، محمود، (۱۳۹۰). نقش مدل پاپیونی Bow-tie Method در بهبود و بهینه سازی فرآیند مدیریت ریسک، ذ هفتمین همایش سراسری بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی قزوین.
- ۳- اصغری زاده، عزت الله و همکاران. (۱۳۸۹). شناسایی و دسته بندی ریسک های تهدید کننده پروژه نیروگاهی، تحقیقات مالی، دوره ۹، شماره ۲۳.
- متن فارسی استاندارد سیستم مدیریت ریسک ISO۳۱۰۰۰:۲۰۰۹ ، مرکز مشاوره و اطلاع رسانی سیستم کاران.
- ۵- فراهی ، فرهاد.(۱۳۹۳). ارزیابی ریسک به روش پاپیونی (BOW-TIE)، انجمن بهداشت حرفه ای ، دانشکده محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات زاهدان.
- ۶- حسینی، هدی السادات. و همکاران. (۱۳۹۱). مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت شغلی در فاز ساخت سکوهای نفتی و ارائه راهکارهای مدیریتی بهبود (مطالعه موردی فاز ساخت سکوهای میدان نفتی شادت)، فصلنامه انسان و محیط زیست ، شماره ۲۲.
- ۷- میرزائی علی آبادی، مصطفی و همکاران. (۱۳۹۰). ارائه ارزیابی ریسک مخازن ذخیره سازی گاز نفتی مایعشونده در صنایع فرآیندی با استفاده از تکنیک پاپیونی مجله بهداشت حرفه ای.
- ۸- بابایی ، محمد مهدی و همکاران. (۱۳۹۰). ارزیابی ریسک آسیب های انسانی ناشی از حادثه برق گرفتگی فشار ضعیف در صنعت توزیع برق با استفاده از مدل Bow Tie فازی (مطالعه موردی شرکت توزیع نیروی برق استان گلستان)، سی و یکمین کنفرانس بین المللی برق.
- ۹- شیرالی، غلامعباس. و همکاران. (۱۳۹۳). ارزیابی و رتبه بندی ریسک در یک نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از رویکرد درجه باورپذیری در منطق فازی ، دو ماهنامه سلامت کار ایران دوره ۱۱، شماره ۵.
- ۱۰- گل محمدی ، عزیز. (۱۳۹۰). تجزیه و تحلیل خطر در فعالیتهای بخش توزیع برق، ماهنامه صنعت برق.
۱۱. آریش، ا.، اکبرپور شیرازی ، م.، سید اصفهانی، م. ۱۳۸۸. "ارائه مدل تصمیم یار مبتنی بر مورد در برنامه ریزی پاسخ های ریسک"، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید ، جلد ۲۰، شماره ۳.

۱۲. جباری قره باغ، م. و همکاران ۱۳۸۸. "ارزیابی و مدیریت ریسک خطوط لوله ارتباطی پتروشیمی". نشریه مهندسی صنایع دانشکده فنی دانشگاه تهران، دوره ۳، شماره ۱، ص ۱۳-۲۳.
۱۳. عباسپور، م. و همکاران، ۱۳۸۸. "بررسی خطرهای ارزیابی ریسک HSE فازهای ساخت تا تولید پروژه های صنعت نفت و گاز مطالعه موردی شرکت پتروپارس" فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره یازدهم، شماره ۳.
۱۴. محمدفام، ا.، کیانفر، ۱۳۸۹. "کاربرد تکنیک مطالعه عملیات و خطر (HAZOP) در ارزیابی خطرات ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی (مطالعه موردی انبار نفت شرکت ملی پخش فرآورده های نفتی)" علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دوازدهم، شماره ۱۰
۱۵. معتمدزاده، م.، محمدفام ، ا.، حمیدی، ی ۱۳۸۸. "ارزیابی ریسک بهداشت، ایمنی و زیست محیطی با روش شاخص گذاری مطالعه موردی خط لوله نفت کرمانشاه -سنندج". فصلنامه سلامت کار ایران ، دوره ششم، شماره ۳.
۱۶. قارون، ن.، جوزی، ع.، ۱۳۹۱. "مدیریت ریسک محیط زیستی خط لوله انتقال فرآورده های نفتی (Bow Tie) بندرعباس -سیرجان به روش پاپیونی " محیط شناسی، سال سی و نهم، شماره ۳، پاییز ۹۲
۱۷. خاکباز، ح.، ۱۳۷۵ ، کنترل پروژه با داده های فازی، دانشکده فنی، دانشگاه تربیت مدرس
18. PMBOK, 2000.A Guide To Project Management Body Of Knowledge, Project Management Institute
۱۹. جهانگیری، مهدی ، نوروزی چگینی، محمد امین (۱۳۹۱). مدیریت و ارزیابی ریسک (کلیات و ارزیابی کیفی) (جلد اول) ارزیابی کیفی ریسک. تهران، نشر فن آوران.
۲۰. جعفری، ح. ، نژادی ، ا.، عبیری جهرمی ، ۱ ۱۳۸۸. "ارزیابی ریسک سایت های صنعتی منطقه عسلویه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی". مجله محیط شناسی ، سال سی و پنجم، شماره ۴۹.
۲۱. جوزی، سیدعلی و علیدوستی، فرنوش، ۱۳۸۹، ارزیابی ریسک ایمنی فعالیت واحد سیکل ترکیبی - بویلر نیروگاه برق منتظرالقائم به روش FMEA ، چهارمین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، تهران.
۲۲. رضائی آدریانی، علی. و همکاران. (۱۳۹۲). متد پاپیونی ابزاری نوین در ارزیابی و مدیریت ریسک صنایع فرآیندی، ششمین همایش فرامنطقه ای پیشرفتهای نوین در علوم مهندسی، تنکابن، موسسه آموزش عالی آیندگان.

۲۳. خسروی راد، فاطمه وهمکاران. (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل علل ریشه‌ای حوادث فرایندی ایستگاههای تقلیل فشار گاز شهری با استفاده از تکنیکهای تحلیل خطرات عملکردی و تحلیل پاپیونی، مجله مهندسی بهداشت حرفه ای، togiani ol oyga،

۲۴. حیرانی، پریسا. بقایی، علی. (۱۳۹۰). ارزیابی ریسک خطوط لوله انتقال نفت و گاز بر مبنای روش Bowtie فازی شده"، فصلنامه بهداشت و ایمنی کار، جلد ۶ شماره ۱.

25. Dunckley, C. 2008. Risk management techniques, ALARM South East. (Available online at www.alarm-uk.org).

26. Jabbari Gharabagh, M., et al. 2009. Comprehensive risk assessment and management of petrochemical feed and product transportation pipelines, Journal of Loss Prevention in the process industries, 22: 533-539.

27. Jacinto, C., Silva, C. A semi-quantitative assessment of occupational risks using bow-tie representation. Safety Science, (2010). 28. Abdi, Z., Ravaghi, H., Abbasi, M., Delgoshaei, B., & Esfandiari, S. Application of Bow-tie methodology to improve patient safety. International journal of health care quality assurance, (2016).

29. De Ruijter, A., & Guldenmund, F. The bowtie method: A review. Safety science, (2016).

30. Kashwani, G., & Nielsen, Y. Evaluation of Safety Engineering in Oil and Gas Construction Project in UAE. International Journal of Geomate, (2017).

31. Shan, Xian, Kang Liu, and Pei-Liang Sun. "Risk Analysis on Leakage Failure of Natural Gas Pipelines by Fuzzy Bayesian Network with a Bow-Tie Model." Scientific Programming (2017).

32. Yazdi, Mohammad. "The Application of Bow-Tie Method in Hydrogen Sulfide Risk Management Using Layer of Protection Analysis (LOPA)." Journal of Failure Analysis and Prevention (2017).

33. Mulcahy, M. B., Boylan, C., Sigmann, S., & Stuart, R. Using bowtie methodology to support laboratory hazard identification, risk management, and incident analysis. Journal of Chemical Health and Safety (2017).

34. Muniz, M. V. P., Lima, G. B. A., Caiado, R. G. G., & Quelhas, O. L. G. Bow tie to improve risk management of natural gas pipelines. Process Safety Progress. (2017).

35. LIU, Z. X., & Mei, L. I. (2017). Dynamic Medical Risk Assessment based on Bow-tie Approach and Bayesian Network. In Proceedings of the 23rd International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management Atlantis Press, Paris (2016).

۳۶. فردوسی، س.، قدوسی، ف. ۱۳۸۶. ارزیابی آثار زیست محیطی "تجارب، تنگناها و روند آینده". انتشارات دایره Je

۳۷. محمدفام، ایرج. کیانفر، علی. (۱۳۸۹). کاربرد تکنیک مطالعه عملیات و خطر (HAZOP) در ارزیابی خطرات ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی (مطالعه موردی: انبار نفت شرکت ملی پخش فرآوردههای نفتی)، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دوازدهم، شماره ۱.

۳۸. آریش، ا، اکبرپور شیرازی، م.، سید اصفهانی، م. ۱۳۸۸. "ارائه مدل تصمیم یار مبتنی بر مورد در برنامه ریزی پاسخ های ریسک"، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، جلد ۲۰، شماره ۳. ۳۹. عباسپور، م. و همکاران، ۱۳۸۸. "بررسی خطرهای ارزیابی ریسک HSE فازهای ساخت تا تولید پروژه های صنعت نفت و گاز مطالعه موردی شرکت پتروپارس" فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره ۳. .. قارون، ن.، جوزی، ع.، ۱۳۹۱.

۴۰. "مدیریت ریسک محیط زیستی خط لوله انتقال فرآورده های نفتی (Bow Tie) بندرعباس - سیرجان به روش پایبونی " محیط شناسی، سال سی و نهم، شماره ۳، پاییز ۹۲

41. Dziubinski, M., M., Fraczak, A.S., Markowski. 2006. Aspects of risk analysis associated with major failures of fuel pipelines, Journal of Loss Prevention in the process industries, 19: 399-408.

42. Dey, P.K. 2002. An integrated assessment model for cross-country pipelines, Environmental Impact Assessment Review, 22: 703-721.

43. Trbojevic, T., et al. 2008. Quantification of impact of line markers on risk on transmission pipelines with natural gas, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 21:613-619.