

بررسی مهم ترین ریسک های بالقوه در مجموعه فعالیت های نیروگاه گازی

(مطالعه موردی نیروگاه گازی بمپور)

پیمان دادکانی^{۱*}، امید حیدری^۲، علیرضا مهدوی فر^۳، محمدیوسف ایرندگانی^۴

۱- کارشناسی ارشد رشته برنامه ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۲- کارشناسی ارشد رشته برنامه ریزی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۳- دانشجوی دکتری مکانیک، دانشکده مهندسی، دانشگاه بیرجند

۴- کارشناسی ارشد مکانیک، دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه UTM مالزی

* ایمیل نویسنده مسئول: dadkani.p@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۴/۲۰

چکیده

خطرات موجود در صنایع مختلف از جمله صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاه ها می توانند پیامدهای جبران ناپذیری به همراه داشته باشند. نیروگاه های تولید برق به دلیل استفاده از مواد اشتعال پذیر به عنوان سوخت و فعالیت های مختلف همیشه در معرض ریسک های فراوانی می باشند از این رو شناسایی ریسک ها جهت پیشگیری از بروز حوادث ضروری است. هدف تحقیق حاضر بررسی مهم ترین ریسک های بالقوه در مجموعه فعالیت های نیروگاه گازی بمپور است. در این تحقیق با بکارگیری روش FMEA ارزیابی ریسک فعالیت های بازدید سایت، باربرداری و تعمیرات، برشکاری و کار با سنگ فرز انجام شده است. پس از آن با استفاده از نرم افزار Waspas به تحلیل سلسله مراتبی معیار و گزینه ها پرداخته شد و در نهایت گزینه های بدست آمده اولویت بندی شدند. نتایج بدست آمده بیانگر شناسایی ۱۶ مورد ریسک بود که همچنین تحلیل سلسله مراتبی گزینه ها با نرم افزار Waspas نشان داد که بالاترین ارجحیت به گزینه کار با سنگ فرز و سپس بازدید سایت با وزن ۰/۴۱۱ و ۰/۳۸۸ و پایین ترین وزن نیز به فعالیت تعمیرات به میزان ۰/۳۴۰ می باشد.

کلمات کلیدی

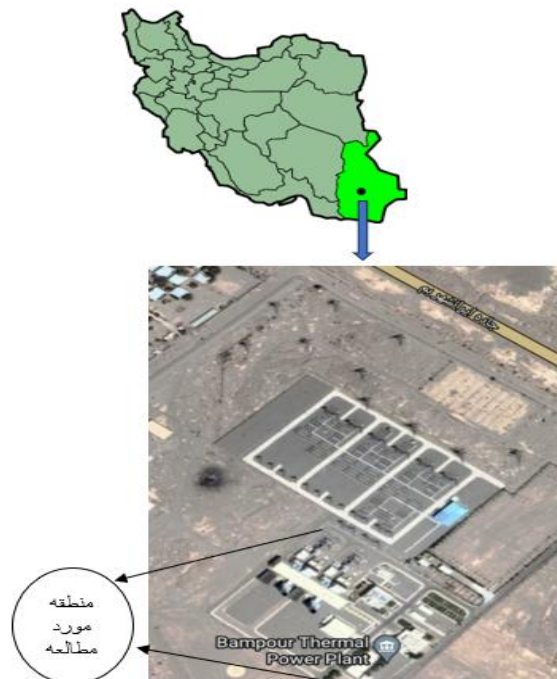
"نیروگاه تولید برق"، "FMEA"، "ارزیابی ریسک"، "Waspas"

۱- مقدمه

شناسایی و اولویت بندی ریسک های اصلی، روش های بسیاری برای انجام این وظایف وجود دارد که روش تجزیه و تحلیل حالت و اثر شکست (FMEA) یکی از این روش ها است. روش FMEA از تکنیک های اصلی مورد استفاده برای شناسایی و تجزیه و تحلیل خطرات مربوطه است که در بهبود ایمنی موثر است. در این روش شاخص های یک سیستم معین اساساً برای تجزیه و تحلیل کیفی استفاده می شود. سیستم ها یا زیرسیستم های یک مجموعه برای ارزیابی اثرات خطاهای احتمالی بر سایر اجزای سیستم برای شناسایی عیوب احتمالی بررسی می شوند (Liu, ۲۰۱۶). ارزیابی ریسک علاوه بر تعیین سطوح ریسک فرآیندهای مختلف ما را قادر به اتخاذ تصمیم گیری های مناسب برای انجام اقدامات مورد نیاز برای محافظت افراد می نماید (OS&HD, ۲۰۰۵). ایمنی به دلیل ارزش کلی و جهانی باید کلیه فرهنگ ها در جهت حفظ و اجرای آن باید نهایت تلاش خود را به خدمت گیرند. ریسک، ایمنی و استراتژی های آن لازم است تا مدیریت ریسک و ایمنی همه جانبه بین سایر کشورها و سازمان ها به اجرا درآیند (Byers, white, ۲۰۰۴). اطلاعات حاصل از ارزیابی ریسک سه کاربرد اساسی شامل تعیین نقاطی که نیازمند بهینه سازی از نظر ایمنی و بهداشت حرفه ای هستند جهت کاهش ریسک آن ها به ریسک قابل، اولویت بندی درجه اهمیت خطرات جهت اختصاص منابع محدود مختلف از جمله منابع مالی، فنی و انسانی در برطرف سازی نقایص و بهبود شرایط و در نهایت تعیین محتوای آموزش های ضمن کار در زمینه ایمنی و بهداشت حرفه ای می باشد (Stanton et al, ۲۰۱۷). از بین روش های موجود، روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA) روشی است که اخیراً به طور گسترده به منظور بررسی

از کارافتادگی یک سیستم یا بروز حوادث به دلیل استفاده از سیستم های پیچیده در جامعه امروزی، می تواند موجب بروز اختلال در سطوح مختلف شود و حتی به عنوان تهدیدی برای جامعه و محیط زیست تلقی گردد. به همین دلیل است که همه افراد به دنبال سیستمی ایمن و با احتمال خطر پایین هستند. در این جا است که واژه ریسک نشانگر احتمال وقوع و شدت آن ظهور می یابد. این نتیجه ریسک است که تعیین می کند که با وقوع هر خطر چه خسارتی بر سیستم تحمیل می شود و پس از آن چه پیامدهای زیست محیطی را در بر خواهد داشت. بر اساس تعریف، ریسک را به عنوان میزانی از احتمال و شدت وقوع خطر و پیامد آن تعریف می گردد. تعریف سازمان استاندارد جهانی از ریسک شامل احتمالی از حادثه و پیامدهای آن می باشد (Raftery, ۲۰۰۳). بر اساس گزارش سازمان بین (ILO) سالانه ۲ میلیون حادثه شغلی منجر به فوت و ۲۶۶ میلیون حادثه غیر منجر به فوت رخ می دهد که پیامد اقتصادی ناشی از آنها به دلیل غیبت و پرداخت غرامت به کارکنان حادثه دیده معادل ۴ درصد تولید ناخالص ملی می باشد (Cheng, et al, ۲۰۱۱). ارزیابی و مدیریت ریسک یکی از ارکان مهم مدیریت HSE می باشد. سازمان ها باید مداوم ریسک های مرتبط با HSE را ارزیابی نمایند. به منظور شناسایی ریسک های خاص، ارزیابی و کنترل ریسک ها تا سطح قابل قبول، فعالیت ها باید مورد ارزیابی قرار گیرند. کاربرد ارزیابی ریسک به عنوان یک روش سیستماتیک و سازمان یافته برای شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک برای رتبه بندی خطرات، جهت کاهش ریسک به یک سطح قابل قبول است. ارزیابی ریسک دارای روش های مختلف با طیفی از روش های کمی و کیفی است (Jozi, ۲۰۱۴). با توجه به اهمیت

استان سیستان و بلوچستان، ایرانشهر، کیلومتر ۵ جاده ایرانشهر - بمپور) یکی از نیروگاه های بزرگ ایران با ظرفیت تولید ۳۲۰ مگاوات برق است. سوخت این نیروگاه گاز طبیعی و سوخت پشتیبان گازوئیل می باشد. در شکل ۱ محدوده مورد مطالعه نشان داده شده است.



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه

روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش حاضر به روش ارزیابی _ تحلیلی؛ و از نوع پیمایشی است. در این تحقیق ابتدا با استفاده از روش FMEA به تجزیه تحلیل مهم ترین ریسک های بالقوه نیروگاه بر اساس شبه حوادث و حوادث نیروگاهی پرداخته شد. برای هر ریسک بالقوه طبق جدول (۱) احتمال ریسک، شدت ریسک، احتمال کشف ریسک و در نهایت رتبه ریسک تعیین گردید. تمرکز روش FMEA بر مبنای پیشگیری و کاملاً ذهنی است. این روش مستلزم پیش بینی خطاها و ارائه راه حلی برای جلوگیری از خطاها است (Liu, ۲۰۱۶).

جدول ۱- شاخص احتمال، شدت و کشف ریسک (Rahimi et al, ۲۰۱۶۲۰۱۸)

رتبه	احتمال ریسک	پیامد ریسک	درجه کشف ریسک
۱۰	۲ در ۱	خطرناک- بدون هشدار	عدم قطعیت مطلق
۹	۳ در ۱	خطرناک- هشدار	خیلی ناچیز
۸	۸ در ۱	خیلی زیاد	ناچیز
۷	۲۰ در ۱	زیاد	خیلی کم
۶	۸۰ در ۱	قابل توجه	کم
۵	۴۰۰ در ۱	متوسط	در حد متوسط
۴	۲۰۰۰ در ۱	کم	نسبتاً زیاد
۳	۱۵۰۰۰ در ۱	ناچیز	زیاد
۲	۱۵۰۰۰۰ در ۱	خیلی ناچیز	خیلی زیاد
۱	۱۵۰۰۰۰۰ در ۱	هیچ	تقریباً مطمئن

پتانسیل نقص ها در محصولات، فرآیندها، طراحی ها و سرویس های مختلف مورداستفاده قرار گرفته است (Wang et al. ۲۰۰۹). این روش اجزاء سیستم را تجزیه و تحلیل کرده و شرایط اجزاء را به شرایط سیستم ارتباط می دهد و نقص اجزاء را به منظور تعیین اثر آن بر روی سیستم پیگیری می کند (Brauer, ۲۰۰۶). روش WASPAS توسط زاوادسکاس در سال ۲۰۱۲ پیشنهاد گردید. این روش، یکی از روش های نسبتاً جدید تصلیم گیری چند معیاره با دقت بسیار بالا است که در واقع ترکیبی از دو روش مدل جمع وزنی و مدل ضرب وزنی (WPS3) می باشد. میزان دقت روش WASPAS نسبت به هر یک از دو روش مذکور بیشتر است (Zsvsdskas et al: ۲۰۱۲). هدف FMEA تعیین علت های ایجاد نقص در سیستم ها و ارائه راهکارهایی برای کاهش و یا حذف نقص های شناسایی شده در جهت افزایش قابلیت اطمینان فرآیند می باشد (Pentti, Atte, ۲۰۰۲). از جمله تحقیقات مشابه در زمینه ارزیابی ریسک می توان به روش حالت شکست، تجزیه و تحلیل اثرات، اولین بار توسط ارتش آمریکا و تحت عنوان استاندارد MIL-STD-۱۶۲۹ برای صنایع هوا و فضا در دهه ۱۹۶۰ ارائه گردید و در صنعت خودرو، انجمن مهندسين خودرو استاندارد جهت بهبود کیفیت محصولات خودروسازان تشکیل شد (Fmea, ۱۹۹۵). براگلیا و همکاران در سال ۲۰۰۹ از روش فازی تاپسیس برای رتبه بندی حالت های شکست استفاده نمودند. در این مطالعه حالت های شکست مورد ارزیابی و ریسک فاکتورها به عنوان معیار انتخاب گردیدند. حالت های شکست بر اساس اندازه گیری می شوند (Braglia, ۲۰۰۹). سوتریسو و همکاران در سال ۲۰۱۵ با استفاده از ایجاد تغییر در FMEA آن را به عنوان ابزاری برای انتقاد به ضایعات نگهداری و تعمیرات مطرح نمودند. آنها برای تسهیل تصمیم گیرندگان در ارزیابی انتقادی، از ضایعات نگهداری و تعمیرات یک مدل بهبود یافته برای رتبه بندی ریسک حالات ضایعات ارائه نمودند (Sutrisno, ۲۰۱۵). کارلسون در سال ۲۰۱۶ با استفاده از تکنیک FMEA خطرات یک تجهیز را الویت بندی کرد و به صورت درختی مورد ارزیابی قرار داد. او با تقسیم بندی های متفاوت مقدار عددی RPN را اندازه گیری و اعتبارسنجی نمود (Carlson, ۲۰۱۶). ماگالهایس و جونیر در سال ۲۰۲۱ با استفاده از روش FMEA و تاپسیس فازی، آزمایشی برای آنالیز و اولویت بندی خطرات ناشی از شکست های بالقوه در فرآیند ذوب و قالب سازی آهن انجام دادند. نتایج برنامه آزمایشی نشان داد که زمان محو شده و ترکیب شیمیایی خارج از برنامه تعیین شده، باید بالاترین اولویت را داشته باشند (۲۰۲۱ Magalhaes).

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

عملیات احداث بخش گازی نیروگاه سیکل ترکیبی بمپور معروف به نیروگاه گازی از سال ۱۳۸۸ و در مجاورت نیروگاه بخار ایرانشهر آغاز شده است. کار فرمای این پروژه سازمان توسعه برق بوده، شرکت مینا به عنوان مجری و شرکت مشانیر در سمت مشاور ایفای نقش نموده اند. واحدهای گازی این نیروگاه که به نام های G_{11} و G_{12} شناخته می شوند. نیروگاه سیکل ترکیبی ایرانشهر معروف به نیروگاه بمپور (واقع در

جدول ۲- ارزیابی ریسک فعالیت باربرداری

رتبه ریسک R.P.N	قابلیت کشف	شدت ریسک	احتمال وقوع ریسک	علل وقوع	خطر بالقوه	عنوان فعالیت
۱۰۸	۴	۹	۳	عدم بازدید دوره ای (گیربکس، ریموت، سیم بکسل و هوک)	سقوط بار	باربرداری
۱۴۴	۴	۹	۴	خطای انسانی در بستن بار	سقوط بار	باربرداری
۱۰۸	۴	۹	۳	حمل بار غیرمجاز	سقوط بار	باربرداری
۸۰	۵	۸	۲	نقص کابین راننده (میدان دید، ارگونومی صندلی)	برخورد بار با نفرات و تجهیزات	باربرداری

بالاترین رتبه ریسک در بین ریسک های بازدید سایت مربوط به آلودگی صوتی نیروگاه با رتبه ریسک ۱۶۸ می باشد. ریسک ارتعاش در هنگام بازدید سایت با رتبه ریسک ۱۲۰ ریسک بعدی بازدید سایت می باشد. ریسک های بعدی متعلق به فعالیت بازدید محفظه احتراق با رتبه ریسک ۱۰۸ هستند. در جدول (۳) ریسک های مربوط به فعالیت بازدید سایت نشان داده شده است.

جدول ۳- ارزیابی ریسک فعالیت بازدید سایت

رتبه ریسک R.P.N	قابلیت کشف	شدت ریسک	احتمال وقوع ریسک	علل وقوع	خطر بالقوه	عنوان فعالیت
۱۶۸	۴	۶	۷	آلودگی صوتی بالای نیروگاه گازی	آلودگی صوتی	بازدید سایت
۱۰۸	۳	۹	۴	فشار بالای سوخت های محفظه، عیب تجهیزات	نشست مواد قابل اشتعال و آتش سوزی، انفجار	بازدید سایت (محفظه احتراق) هنگام استارت واحد
۱۰۸	۳	۹	۴	فشار بالای سوخت های محفظه، عیب تجهیزات	نشست مواد قابل اشتعال و آتش سوزی، انفجار	بازدید سایت (محفظه احتراق) هنگام تغییر سوخت واحد
۱۲۰	۴	۶	۵	ارتعاش سایت	ارتعاش	بازدید سایت

بیشترین ریسک ها مربوط به فعالیت های تعمیرات می باشد. ۸ ریسک مربوط به فعالیت های تعمیرات شناسایی شد که خطر بالقوه سقوط ابزارالات و پرتاب تراشه با عدد ریسک ۱۶۰ بالاترین رتبه ریسک را دارا می باشند. شکستن تیغه سنگ فرز با رتبه ریسک ۱۲۸ در رتبه بعدی قرار دارد. دو ریسک سقوط از ارتفاع و آسیب به سیلندرهای گاز ریسک های بعدی با رتبه ریسک ۱۰۸ می باشند. رتبه ریسک ۸۱ مربوط به دو ریسک برگشت شعله به سرپیک و برق گرفتگی در حین فعالیت تعمیرات می باشد. گیر کردن دست در تجهیزات با عدد ریسک ۷۲ به عنوان آخرین ریسک تعمیرات شناسایی شده است. در جدول (۴) ارزیابی ریسک تعمیرات نشان داده شده است.

پس از تعیین رتبه ریسک هر یک از فعالیت ها با استفاده از نرم افزار WASPAS به تحلیل سلسله مراتبی معیارها و گزینه ها پرداخته شده و در نهایت اولویت بندی گزینه ها تعیین شده است. یکی از پارامترهایی که می تواند در انتخاب روش تصمیم گیری چندمعیاره مورد توجه قرار گیرد میزان دقت این مدل ها می باشد. همچنین این محققان پیشنهاد می کنند ترکیب دو مدل میزان دقت نتایج مدل های می تواند میزان دقت آن را بالا ببرد (Zsvsdskas et al: ۲۰۱۲). میزان دقت نتایج مدل های تصمیم گیری چند شاخصه (WSM) (مدل جمع وزنی) و مدل (WPS) (مدل تولید وزنی) نسبتا به خوبی شناخته شده است. همچنین میزان دقت مدل های ترکیبی نیز توسط محققان مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج بررسی های محققان تأیید کرده است میزان دقت مدل ترکیبی در مقایسه با میزان دقت این مدل ها قبل از ترکیب شدن خیلی بالاتر است. یکی از این مدل های ترکیبی مدل ارزیابی تولید وزنی (Wasps) می باشد. این مدل می تواند در مسائل پیچیده تصمیم گیری کارایی بالایی داشته باشد و همچنین نتایج حاصل از این مدل از دقت بالایی برخوردار باشند. فرایند مدل به قرار زیر است: گام اول: به دست آوردن و استاندارد کردن ماتریس تصمیم؛ گام دوم: محاسبه واریانس مقادیر معیارهای نرمالیزه شده اولیه؛

$$\sigma^2(x_{ij}^-) = (0.05 \bar{x}_{ij}^-)^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

گام سوم: محاسبه واریانس ها از طریق توابع زیر:

رابطه (۲)

گام چهارم: محاسبه Qi و برای رتبه بندی گزینه ها از طریق تابع:

$$\lambda = \frac{\sigma^2(Q_i^{(2)})}{\sigma^2(Q_i^{(1)}) + \sigma^2(Q_i^{(2)})}$$

$$Q_i = \lambda \sum_{j=1}^n x_{ij}^- w_j + (1-\lambda) \prod_{j=1}^n (x_{ij}^-)^{w_j}, \lambda = 0, \dots, 1$$

$$\sigma^2(Q_i^{(2)}) = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\prod_{j=1}^n (x_{ij}^-)^{w_j} \times w_j}{(x_{ij}^-)^{w_j} (x_{ij}^-)^{(1-w_j)}} \right] \sigma^2(x_{ij}^-)$$

رابطه (۳)

۳- نتایج

ارزیابی ریسک با روش FMEA

بررسی ریسک های فعالیت باربرداری بیانگر ۴ ریسک بالقوه بود که بالاترین رتبه ریسک مربوط به سقوط بار در اثر خطای انسانی در بستن بار با رتبه ریسک ۱۴۴ می باشد پس از آن سقوط بار به علت چک نکردن تجهیزات باربرداری از جمله ریموت، سیم بکسل و هوک می باشد. رتبه ریسک بعدی مربوط به خطر سقوط بار به علت حمل با غیرمجاز با رتبه ریسک ۱۰۸ است. آخرین رتبه ریسک با عدد رتبه ریسک ۸۰ به علت نقص در کابین راننده و نبود دید کافی می باشد که پیامد آن برخورد بار با نفرات و تجهیزات می باشد. در جدول (۲) ریسک های مربوط به فعالیت باربرداری نشان داده شده است.

جدول ۴- ارزیابی ریسک تعمیرات

رتبه ریسک	قابلیت کشف	شدت ریسک	احتمال وقوع ریسک	علل وقوع	خطر بالقوه	عنوان فعالیت
۱۲۸	۴	۸	۴	عدم انطباق دستگاه RPM با تجهیز، دستگاه بدون حفاظ	شکستن تیغه سنگ فرز	برشکاری
۱۰۸	۴	۹	۳	جابجایی سیلندر به صورت دستی	سقوط و آسیب سیلندر	برش هوا
۸۱	۳	۹	۳	استفاده از سرپیک مستهلک	برگشت شعله به سرپیک	برش هوا
۷۲	۳	۸	۳	حواص پرتی	گیر کردن دست در تجهیزات	تعمیرات
۱۰۸	۴	۹	۳	حواص پرتی	سقوط از ارتفاع	تعمیرات
۱۶۰	۵	۸	۴	حواص پرتی	سقوط ابزار آلات	تعمیرات
۸۱	۳	۹	۳	عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی	برق گرفتگی	تعمیرات
۱۶۰	۵	۸	۴	عدم محافظ برای دریل و سنگ فرز	پرتاب تراشه	کار با دریل یا سنگ فرز

بازدید سایت	۰/۳۸
باربرداری	۰/۳۶
تعمیرات	۰/۳۴
برشکاری	۰/۳۷
کار با سنگ فرز	۰/۴۱

شکل ۲- اولویت بندی گزینه های تحقیق با استفاده از نرم افزار WASPAS

۴- نتیجه گیری

هدف این تحقیق شناسایی و تجزیه تحلیل ریسک های بالقوه در نیروگاه با استفاده از ترکیب روش FMEA و Waspas بوده است. در مجموع پنج فعالیت بازدید سایت، تعمیرات، باربرداری، برشکاری و کار با سنگ فرز؛ مجموعاً ۱۶ ریسک شناسایی گردید که در بین ۱۶ ریسک شناسایی شده، آلودگی صوتی و ارتعاش موجود در نیروگاه به ترتیب با عدد ۷ و ۵ بالاترین درجه احتمال ریسک را به خود اختصاص داده اند. بالاترین شدت ریسک عدد ۹ می باشد که شامل فعالیت های بازدید محفظه احتراق، برش هوا، تعمیرات و باربرداری است. مهمترین اقدامات کنترلی پیشنهادی برای کاهش ریسک فعالیت باربرداری بازدید دوره ای تجهیزات و استفاده از ریگر می باشد. برای فعالیت بازدید سایت، اقدامات پیشنهادی شامل بازدید چرخشی پرسنل از سایت و جانمایی دوربین و راه اضطراری در محل محفظه احتراق می باشد. اقدامات کنترلی مناسب برای فعالیت تعمیرات استفاده از تجهیزات حفاظت فردی و بازدید دوره ای تجهیزات مورد استفاده می باشد. با توجه ارجحیت داشتن کار با سنگ فرز به دلیل احتمال شکستن صفحه فرز و مواردی دیگر باید عینک و کلاه ایمنی در هنگام کار کردن با آن مورد استفاده قرار گیرد. بهرامی و همکاران (۱۳۹۷) تحقیقی با عنوان ارزیابی ریسک های محیط زیستی مجتمع پتروشیمی کرمانشاه با روش FMEA را انجام دادند. که نتیجه تحقیق بیانگر وزن فازی بیشتر آلودگی صوتی بود که با بخشی از نتایج تحقیق حاضر هم راستا است.

پس از تعیین رتبه ریسک هر یک از فعالیت ها با استفاده از نرم افزار Waspas طبق جدول شماره (۵) و شکل شماره (۲) گزینه کار با سنگ فرز با وزن ۰/۴۱۱ و پس از آن فعالیت بازدید سایت با وزن ۰/۳۸۸ دارای بالاترین ارجحیت را به خود اختصاص داده اند. فعالیت تعمیرات با خطر بالقوه گیر کردن دست در تجهیزات با وزن ۰/۳۴۰ پایین ترین میزان درجه ارجحیت را در بین گزینه های تحقیق است.

جدول ۵- محاسبه مقدار Q_i و λ

رتبه	Q_i	λ	محاسبه Q_i و λ
۲	۰/۳۸۸	۰/۵۶۷	بازدید سایت
۴	۰/۳۶۶	۰/۴۳۷	باربرداری
۵	۰/۳۴۰	۰/۵۵۶	تعمیرات
۳	۰/۳۷۷	۰/۵۵۷	برشکاری
۱	۰/۴۱۱	۰/۴۶۲	کار با سنگ فرز

- Raftery, J. ۲۰۰۳. Risk analysis in project management: Routledge.
- Cheng, C-W., Leu, S-S., Cheng, Y-M., Wu, T-C., Lin, C-C. 2011. Applying data mining techniques to explore factors contributing to occupational injuries in Taiwan's construction industry. *Accident analysis & Prevention*; ۴۸: ۲۱۴-۲۲.
- Jozi, S., Jafarzadeh Haghighi Fard, N., Afzali Behbahani, N. 2014. Hazard identification and risk assessment of high voltage power lines in residential areas using failure modes and effects analysis(FMEA). *Iranian Journal of Health and Environment*, 7(1):55-64
- Liu, H-C. 2016. FMEA using uncertainty theories and MCDM methods. In *FMEA using uncertainty theories and MCDM methods*, Springer, Singapore, 13-27.
- OS&HD. 2005. A Semi-Quantitative Method to Assess Occupational Exposure to Harmful Chemicals. Singapore: ministry of manpower.
- Byers, J-F. White, S-V. 2004. Patient safety: principles and practice :springer publishing company.
- Stanton, N. A., Salmon, P. M., Rafferty, L. A., Walker, G. H., Baber, C., & Jenkins, D. P. 2017. *Human factors methods: a practical guide for engineering and design*: CRC Press.
- Wang, Y-M., Chin, K-S., Poon, GKK., Yang, J-B. 2009. Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert Systems with Applications*; ۳۶(۲): ۱۱۹۵-۲۰۷.
- Brauer, RL. 2006. *Safety and health for engineers*. 2 ed. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., & Zakarevicius, A. 2012. Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment. *Electronics and Electrical Engineering*, 6(22), 3-6.
- Pentti, H., Atte, H. 2002. Failure mode and effects analysis of software-based automation systems. *STUK-YTO-TR-19 0*, August.; 2:1-36.
- *Potential failure mode and effects analysis (FMEA) 1995*. Second Ed., New York: Chrysler corporation, ford motor Company, general corporation.
- Braglia, M., Frosolini, M., Montanari, R. 2009. Fuzzy criticality assessment model for failure modes and effects analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*; ۲۶(۶): ۶۲۹-43.
- Sutrisno, A., Gunawan, I., Tangkuman, S. 2015. Modified failure mode and effect analysis (FMEA) model for accessing the risk of maintenance waste, *Procedia Manufacturing*, IESS.
- Carlson, C. 2016. Understanding and applying the fundamentals of FMEA, *IEEE Reliability and Maintainability Symposium*.
- Magalhaes, W. R., Lima Junior, F. R., 2021. Model Based on FMEA and Fuzzy TOPSIS for Risk Prioritization in Industrial Processes, *Gestao and Producao*, 28(4).
- Rahimi, Y., Tavakkoli-Moghaddam, R., Iranmanesh, S. H., & Vaez-Alaei, M. 2018. Hybrid approach to construction project risk management with simultaneous FMEA/ISO 31000/evolutionary algorithms: Empirical optimization study. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(6), 04018043.
- بهرامی، س و همکاران. ۱۳۹۷. ارزیابی ریسک های محیط زیستی مجتمع پتروشیمی کرمانشاه با روش FMEA، نشریه علوم محیطی، دوره ۱۶، شماره ۳، صفحات ۱-۲۴.

Investigating the most important potential risks in the activities of gas power plants (Bampur Gas Power Plant)

Peyman Dadkani^{1,*}, Omid Heydari², Alireza Mahdavifar³, Mohamad Yosef Irandegani⁴

¹ MSc in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

² MSc in Environmental Planning, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

³ Phd student in mechanics, engineering faculty, Birjand University, Birjand, Iran.

⁴ MSc in Mechanics, Faculty of Mechanical Engineering, UTM University, Malaysia.

*Email Address: dadkani.p@ut.ac.ir

Abstract

in various industries including oil, gas, petrochemical and power plants can have irreparable consequences. Power plants are always exposed to many risks due to the use of flammable materials as fuel and various activities, therefore identifying risks is necessary to prevent accidents. The purpose of this research is to investigate the most important potential risks in the activities of Bampur Gas Power Plant. In this research, by using the FMEA method, the risk assessment of site visit activities, loading and repairs, cutting and working with millstones has been done. After that, hierarchical analysis of criteria and options was done using Waspas software, and finally, the obtained options were prioritized. The obtained results indicated the identification of 16 risk cases, and the hierarchical analysis of the options with the Waspas software showed that the highest preference was given to the option of working with a grinding stone and then visiting the site with a weight of 0.411 and 0.388, and the lowest weight was given to the activity Repairs amount to 0.340.

Introduction

The failure of a system or the occurrence of accidents due to the use of complex systems in today's society can cause disturbances at different levels and even be considered as a threat to society and the environment. That's why everyone is looking for a secure system with low risk probability. This is where the term risk appears to indicate the probability of occurrence and its severity. It is the risk outcome that determines what damage will be caused to the system by the occurrence of each hazard and what environmental consequences it will have afterwards. Based on the definition, risk is defined as the degree of probability and severity of the occurrence of the risk and its consequences. The World Standard Organization's definition of risk includes the possibility of an accident and its consequences. According to the report of the International Organization (ILO), 2 million occupational accidents leading to death and 266 million non-fatal accidents occur every year, the economic consequences of which are equal to 4% of the gross national product. Risk assessment and management is one of the important pillars of HSE management. Organizations must constantly evaluate risks related to HSE. In order to identify specific risks, assess and control risks to an acceptable level, activities must be evaluated. The use of risk assessment as a systematic and organized method to identify risks and risk assessment for risk ranking is to reduce the risk to an acceptable level. Risk assessment has different methods with a range of quantitative and qualitative methods. Due to the importance of identifying and prioritizing the main risks, there are many methods to perform these tasks, and the failure mode and effect analysis method (FMEA) is one of these methods. The FMEA method is one of the main techniques used to identify and analyze relevant risks that are effective in improving safety. In this method, the indicators of a given system are basically used for qualitative analysis. Systems or subsystems of an assembly are examined to assess the effects of potential faults on other system components to identify potential faults. In addition to determining the risk levels of various processes, risk assessment enables us to make appropriate decisions to take the necessary measures to protect people. Safety, because of its general and universal value, all cultures should do their best to maintain and implement it. Risk, safety and its strategies are necessary to implement comprehensive risk and safety management among other countries and organizations. The information obtained from the risk assessment has three basic applications, including determining the points that need to be optimized in terms of occupational safety and health in order to reduce their risk to an acceptable risk, prioritizing the degree of importance of risks to allocate various limited resources, including financial, technical

and human resources, it is in removing defects and improving conditions and finally determining the content of on-the-job training in the field of occupational health and safety. Among the existing methods, the method of analysis of failure modes and its effects (FMEA) is a method that has recently been widely used in order to investigate the potential of defects in various products, processes, designs and services. This method analyzes the components of the system and relates the conditions of the components to the conditions of the system and tracks the defects of the components in order to determine its effect on the system. The WASPAS method was proposed by Zavadskas in 2012. This method is one of the relatively new methods of multi-criteria estimation with very high accuracy, which is actually a combination of two methods, the weighted addition model and the weighted multiplication model (WPS3). The accuracy of the WASPAS method is higher than any of the two mentioned methods. The purpose of FMEA is to determine the causes of defects in systems and provide solutions to reduce or eliminate identified defects in order to increase process reliability.

Methodology

The present research is of the type of present research based on evaluation-analytical method; And it is survey type. In this research, using the FMEA method, the most important potential risks of the power plant were analyzed based on pseudo-accidents and power plant accidents. For each potential risk, risk probability, risk severity, risk discovery probability and finally risk rating were determined according to table (1). The focus of the FMEA method is prevention-based and completely subjective. This method requires predicting errors and providing a solution to prevent errors. After determining the risk rating of each activity, using WASPAS software, hierarchical analysis of criteria and options was done, and finally, the prioritization of options was determined. One of the parameters that can be considered in choosing a multi-criteria decision-making method is the accuracy of these models. Also, these researchers suggest that the combination of two models can increase the accuracy of the results of the models. The accuracy of the results of multi-indicator decision making models (WSM) (weighted summation model) and WPS (weighted production model) is relatively well known. Also, the accuracy of composite models has been analyzed by researchers. The results of researchers' studies have confirmed that the accuracy of the combined model is much higher compared to the accuracy of these models before being combined. One of these combined models is the cumulative weight production evaluation model (Wasps). This model can be highly effective in complex decision-making problems, and the results obtained from this model are highly accurate. The model process is as follows: First step: obtaining and standardizing the decision matrix; The second step: calculating the variance of the values of the initial normalized criteria; Third step: calculation of variances; Fourth step: Calculate Q_i and to rank the options

Conclusion

The purpose of this research was to identify and analyze potential risks in the power plant using the combination of FMEA and Waspas methods. In total, site visit activities, repairs, loading, cutting and using grinding stones; A total of 16 risks were identified, and among the 16 identified risks, noise pollution and vibration in the power plant were assigned the highest degree of risk probability with the number 7 and 5, respectively. The highest risk intensity number is number 9, which includes the activities of visiting the combustion chamber, air cutting, repairs and loading. The most important control measures proposed to reduce the risk of loading activity are periodic inspection of equipment and use of rigger. For the site visit activity, the proposed measures include rotating visits of the personnel to the site and placing a camera and an emergency way in the place of the combustion chamber. Suitable control measures for repair activities are the use of personal protective equipment and periodic inspection of the used equipment. Considering the preference of working with a grinding stone due to the possibility of breaking the grinding plate and other things, safety glasses and helmets should be used when working with it. Bahrami et al. (2017) conducted a research titled environmental risk assessment of Kermanshah Petrochemical Complex using FMEA method. that the result of the research was the expression of more fuzzy noise pollution, which is in line with some of the results of the present research.

Keywords Power Plant; FMEA; Risk Assessment; Waspas