

ارزیابی ریسک ایمنی - بهداشتی و محیط‌زیستی در نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان با استفاده از روش تلفیقی FMEA & SAW

صمد تراب^۱

سولماز دشتی*^۲

چکیده

نیروگاه برق را می‌توان محل کار با سطح بالایی از خطر در نظر گرفت. به همین علت و به منظور حصول اطمینان از عملکرد پایدار در نیروگاه‌های برق مدیریت ریسک ضروری می‌باشد. تحقیق حاضر به منظور شناسایی جنبه‌ها و ریسک‌های بارز ایمنی، بهداشت و محیط‌زیستی در نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان در سال ۱۳۹۸ انجام پذیرفت. بدین منظور از روش‌های AHP و SAW برای رتبه‌بندی ریسک‌ها و از روش FMEA برای سطح‌بندی ریسک‌ها استفاده شد و در انتها هم رتبه‌بندی به روش FMEA & SAW به انجام رسید. با توجه به نتایج حاصل از روش AHP بیشترین وزن مربوط به معیار حوادث غیرمترقبه می‌باشد. بالاترین عدد اولویت ریسک در روش FMEA مربوط به ریسک انفجار و آتش‌سوزی می‌باشد. در رتبه‌بندی با روش SAW نیز انفجار و آتش‌سوزی، زلزله، رعد و برق و خطای انسانی در اولویت‌های اول این رتبه‌بندی قرار گرفتند. همچنین اولویت‌بندی ریسک‌ها براساس مدل FMEA&SAW نیز نشان داد، که ریسک‌های انفجار و آتش‌سوزی، زلزله، خطای انسانی، رعد و برق و نقص در سیستم‌ها در ۵ اولویت اول رتبه‌بندی قرار دارند. روش ترکیبی پیشنهادی موثر به نظر می‌رسد و می‌تواند به تصمیم‌گیری علمی بیشتر کمک کند. علاوه بر این، روش ترکیبی پیشنهادی در مقایسه با روش‌های اصلی به دلیل درگیری بیشتر دانش متخصصان، انعطاف‌پذیرتر و واقع‌بینانه‌تر هستند. به کارگیری این روش تحلیل صحیح‌تری از ریسک فراهم می‌کند که متعاقب آن، اقدامات کارا و اثربخش‌تر موجب دستیابی و حفظ درجه اطمینان مطلوب‌تری خواهند شد.

واژه‌های کلیدی

نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان، ارزیابی ریسک، FMEA and SAW

^۱ کارشناس ارشد گروه مدیریت محیط زیست (HSE)، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

^۲ دانشیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران، Soolmazdashti@iauhvaz.ac.ir

مقدمه

در بین صنایع اصلی، نیروگاه‌های برق به‌عنوان یکی از زیرساخت‌های مهم توسعه اقتصادی هر کشور در نظر گرفته می‌شوند (عسگریور و همکاران، ۲۰۲۰). یکی از انواع نیروگاه‌های تولید برق، نیروگاه سیکل ترکیبی است، که انرژی موجود در گاز طبیعی/ سوخت را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند (سینپونگ^۱، ۲۰۱۵). در این نیروگاه‌ها به علت رویه‌های عملیاتی محل کار با سطح بالایی از خطر برای کارکنان و محیط‌زیست در نظر گرفته می‌شود، پس در این شرایط ایمنی ضروری است، زیرا کارگران با توجه به وظایف و مشاغل خود با این ریسک‌ها مواجه می‌شوند. به طوری که به گفته OECD^۲ در هر سال بیش از ۲۵۰۰ نفر در نیروگاه‌های برق مربوط به حوادث شدیدکشته می‌شوند (الصفیر و عزت^۳، ۲۰۲۰). پس نقش ارزیابی ریسک و سیستم مدیریت HSE (Health, Safety, Environment) به‌عنوان یکی از سیستم‌های مدیریتی ضروری در این نیروگاه‌ها برای شناخت خطرات HSE، جنبه‌های بهداشتی و زیست‌محیطی، اتخاذ رویکردها و برنامه‌ریزی برای بهبود و حل مشکلات از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (رادمانفر و همکاران، ۲۰۱۷). ارزیابی ریسک یک فرآیند مستمر و یک اصطلاح استاندارد در مدیریت HSE است (خزاعلی، ۱۳۹۷)، که به طور سیستماتیک می‌تواند نوع خطر، احتمال رخ دادن، نوع آسیب و مقدار شدت آن را تعیین کند. در فرایند ارزیابی ریسک بایستی میزان تأثیر هر رویداد نیز مورد توجه قرار گیرد. نتایج حاصل از ارزیابی ریسک در واقع داده‌های ورودی کلیدی برای سایر مراحل مدیریت ریسک محسوب می‌شوند (روت و همکاران^۴، ۲۰۱۷). روش‌های متنوعی برای ارزیابی ریسک وجود دارد، که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط مورد مطالعه هستند. FMEA (Failure Mode and

Effects Analysis) یک روش ارزیابی ریسک است، که روش استقرایی و پیشگیرانه برای ارزیابی سیستماتیک خرابی اجزای سیستم و اثرات احتمالی آنها می‌باشد و با شناسایی، تجزیه و تحلیل و رفع نقایص، ریسک را کاهش می‌دهد (محمدی‌نجات و همکاران، ۲۰۱۹). SAW (Simple Additive Weighting) یک مدل جبرانی (مکوندی و همکاران، ۱۳۹۶) جهت تجزیه و تحلیل ریسک‌های می‌باشد. این روش یکی از ساده‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است (صالحی، ۲۰۱۶)، که با محاسبه‌ی اوزان شاخص‌ها، می‌توان به راحتی از این روش استفاده کرد. در زمینه‌ی ارزیابی ریسک در صنایع بخصوص نیروگاه برق به علت شناسایی ریسک و بیان راهکارهای مناسب تحقیقات زیادی در این زمینه به انجام رسیده است. آدام و همکاران^۵ در سال ۲۰۲۰ شناسایی خطرات و ارزیابی خطر در نیروگاه حرارتی سودان را به انجام رساندند. نتایج نشان داد، که گازوییل خطر بیشتری نسبت به نفت سنگین در تمام مراحل واحد دارد. ارزیابی کیفی ریسک نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از تکنیک شناسایی خطرات توسط الصفیر و عزت^۳ در سال ۲۰۲۰ به انجام رسید. نتایج نشان داد که خطر آتش‌سوزی در این نیروگاه بسیار بالا است. عسگریور و همکاران ارزیابی ریسک حریق و ارزیابی اثربخشی اقدامات حفاظت از حریق در نیروگاه سیکل ترکیبی در شمال شرقی ایران را با استفاده از روش ارزیابی ریسک حریق به انجام رساندند. نتایج نشان دهنده این مطلب می‌باشد، که ریسک حریق برای این فاکتورها در سطح قابل قبول قرار داشته است. تجزیه و تحلیل ریسک کاربردهای فن‌آوری اطلاعات با استفاده از روش‌های AHP (Analytical Hierarchy Process) و FMEA روش وزندهی ساده توسط فریسکا آپریلیانا^۶ در سال ۲۰۱۸ به انجام رسید. نتایج، کارایی بالای استفاده هم‌زمان از این سه روش را نشان داد. کرمانشاهی و عیوض‌زاده شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک ایمنی

^۵Adam et al

^۶Friska Apriliana et al

^۱Sinpong

^۲Organisation for Economic Co-operation and Development

^۳Alsaffar and Ezzat

^۴Rou et al

و اهداف تحقیق، از کتاب‌ها، مقاله‌ها، گزارش‌ها، سایت‌های مختلف مرتبط با موضوع تحقیق، استفاده شد. همچنین برای تکمیل اطلاعات و آگاهی از منطقه و واحد مورد مطالعه، تحقیقات میدانی به عمل آمده و با طرح سؤال‌های مختلف برای مصاحبه و تکمیل پرسشنامه با مدیران و کارشناسان نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان، به جمع‌آوری اطلاعات در نیمه‌ی اول سال ۱۳۹۸ در زمینه موضوع مورد مطالعه مبادرت گردید.

AHP توسعه‌یافته توسط Saaty یکی از محبوب‌ترین روش‌های MCDA (Multicriteria Criteria Decision Analysis) است. (جیمز دلگاتو و همکاران^۲، ۲۰۲۰)، چرا که این روش یک روش سیستماتیک برای حل مسائل تصمیم‌گیری پیچیده چند منظوره با ارائه اولویت‌بندی سیستماتیک می‌باشد (وانگ و همکاران^۳، ۲۰۱۸). برای رتبه‌بندی ریسک‌ها و به دست آوردن شدت و احتمال آنها به روش AHP در سطح ۵ معیار زیست‌محیطی، ایمنی و بهداشتی، فنی و عملیاتی، محاسبه وزن نسبی به وسیله نرم‌افزار Expert Choice به انجام رسید. برای بررسی سازگاری در قضاوت‌ها هم چنانچه ضریب ناسازگاری کوچکتر یا مساوی ۰/۱ باشد سازگاری در قضاوت‌ها مورد قبول است وگرنه باید در قضاوت‌ها تجدید نظر شود (برونلی^۴، ۲۰۱۸) و دوباره پرسشنامه‌ها بین افراد خبره برای ارزیابی مجدد ارسال شود. در ادامه حالات ممکن خطا احتمالی در نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان با استفاده از روش طوفان ذهنی و براساس بازدید میدانی، نظرسنجی و کاربرد FMEA شناسایی شدند. پس از تعیین خطاهای احتمالی به بررسی اثرات هر خطر پرداختیم. شناخت کافی از محدوده مورد ارزیابی می‌تواند کمک فراوانی برای شناسایی علل به‌وجود آمدن خطر داشته باشد، که در این پژوهش برای شناسایی بهتر علل خطاهای احتمالی از مطالعات داخلی، خارجی و مصاحبه با کارشناسان امر استفاده شد. سپس ارزیابی کمی براساس میزان احتمال وقوع، وخامت اثر و میزان گستره آلودگی (جدول

فرآیندهای راه‌اندازی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با برج خنک کن هلر^۱ به روش FMEA را به انجام رساندند. نتایج پایش مجدد پس از انجام اقدامات اصلاحی حاکی از مطلوبیت اقدامات صورت گرفته می‌باشد، که این امر دلیل بر مناسب بودن روش پیشنهادی برای ارزیابی ریسک فرآیند راه‌اندازی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی با خنک‌کن هلر می‌باشد. ارزیابی ریسک کارخانه فولاد با استفاده از روش‌های FMEA و SAW توسط یآوری خراط در سال ۱۳۹۶ به انجام رسید. نتایج گواه رویکردی نوین در جهت رتبه‌بندی ریسک‌های ناشی از صنعت فولاد می‌باشد. ایران، به‌عنوان یک کشور در حال توسعه، با افزایش تقاضای برق به چالش کشیده می‌شود. برای پاسخگویی به این تقاضا و به دلیل وجود منابع فراوان نفت و گاز، پروژه‌های عظیم نیروگاه برق در سال‌های اخیر ساخته یا تحت ساخت هستند (عسکریور و همکاران، ۲۰۱۸)، که با توجه به ماهیت ریسک‌پذیری این نیروگاه‌ها بررسی و مدیریت ریسک در جایگاه ویژه‌ای قرار دارد. به همین علت در این پژوهش از روش تلفیقی SAW&FMEA برای ارزیابی ریسک ایمنی بهداشت و محیط‌زیست استفاده گردید.

مواد و روش

نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان هفتاد و نهمین واحد نیروگاهی است، که توسط بخش خصوصی کرمانیان در تاریخ ۱۲ بهمن ماه ۱۳۹۶ تأسیس گردیده است. ظرفیت تولید کلی این نیروگاه ۴۹۲ مگاوات می‌باشد. این نیروگاه در طول جغرافیایی شرقی ۴۵°۵۵ و عرض جغرافیایی شمالی ۳۲°۲۹ در کیلومتر ۱۰ جاده سیرجان-کرمان در زمینی به مساحت ۶۴ هکتار و در قالب یک بلوک سیکل ترکیبی، مجهز به دو واحد توربین گازی به ظرفیت اسمی ۱۶۶ مگاوات در شرایط ISO از نوع MAP2+ و یک واحد توربین بخار به ظرفیت اسمی ۱۶۰ مگاوات احداث گردیده است (سایت مینا) (شکل (۱)). روش تحقیق در این مطالعه از نوع کاربردی و به شیوه توصیفی-تحلیلی می‌باشد. جهت مسئله‌شناسی، طرح، ضرورت، اهمیت

⁴Brunelli

¹Heller Cooling Tower

²Jimenez-Delgado et al.

³Wang et al

این روش را مستقیم‌ترین روش برای مواجهه با مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره در نظر گرفت (وجیکا و جتویک^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). روش SAW بر پایه‌ی ماتریس تصمیم‌گیری استوار است. پس کمی کردن ماتریس تصمیم‌گیری اولین مرحله از روش SAW می‌باشد. برای تصمیم‌گیری، باید اثر شاخص‌ها را از جنبه تأثیر بر هدف مسئله مورد بررسی قرار داد، زیرا شاخص‌های مختلف بر روی هدف تصمیم‌گیری در یک مسئله، دارای تأثیرات متفاوتی می‌باشند. برخی از شاخص‌ها ممکن است دارای اثر مثبت و برخی دیگر دارای اثر منفی بر هدف مسئله باشند. لذا، این اثر باید در فرآیند تصمیم‌گیری لحاظ شود. همچنین با توجه به تفاوت واحد شاخص‌ها، می‌بایست شاخص‌ها را در فرآیند تصمیم‌گیری بی‌مقیاس یا به عبارت دیگر نرمال‌سازی نمود. برای این منظور از روش بی-مقیاس‌سازی خطی با استفاده از رابطه (۴) برای عوامل با اثر مثبت و رابطه (۵) برای عوامل با اثر منفی، پارامترها را نرمال می‌نماییم. پس از بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم‌گیری و محاسبه وزن اهمیت شاخص‌ها (W) مناسبترین گزینه (A) به صورت رابطه (۶) و رابطه (۷) (زمانی که مقدار مثبت باشد) محاسبه می‌گردد (لشکری‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵).

$$rij = \frac{rij}{\max(rij)} \quad (\forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ j \in J+)$$

(۵)

$$rij = \frac{\min(rij)}{rij} \quad (\forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ j \in J-)$$

$$A^* = \left\{ A_j \max_i \left(\frac{\sum_{i=1}^n (w_j \times rij)}{\sum_{j=1}^n w_j} \right) \right\}$$

(۶)

$$A^* = \left\{ A_j \max_i \left(\sum_{j=1}^n (w_j \times rij) \right) \right\}$$

(۷)

در این روابط rij نماد مقدار نرمال هر معیار می‌باشد، Wj نیز نماد وزن فاکتور i و A* به‌عنوان گزینه بهینه که بالاترین درجه مقبولیت را دارا می‌باشد، در نظر گرفته می‌شود.

(۱) و (۲) عدد اولویت ریسک مشخص گردید (آلماشاکبه و همکاران^۱، ۲۰۱۹؛ یو و همکاران^۲، ۲۰۱۸) (رابطه (۱)).

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (1)$$

Severity (وخامت اثر): وخامت اثر در واقع به همان اثری اطلاق می‌شود که در نتیجه وقوع خطر بروز می‌کند.

Occurrence (احتمال وقوع): این شاخص نشان‌دهنده تکرار احتمالی وقوع یک خطر است.

Detection (گستره آلودگی / احتمال کشف): نوعی ارزیابی از میزان توانایی است، که به منظور شناسایی یک علت یا مکانیزم وقوع خطر پیش از رخ دادن آن است. در این مطالعه با توجه به تعداد رده و طول رده، ریسک‌های تحت مطالعه در شش سطح (ریسک‌های بحرانی، غیر قابل تحمل، قابل توجه، متوسط، قابل تحمل و جزئی) طبقه‌بندی شدند (جعفری‌آذر و همکاران، ۱۳۹۶).

$$RPN = 1 + 3.3 \log n \quad (2)$$

$$RPN \text{ کوچک‌ترین} - RPN \text{ بزرگ‌ترین} = \frac{\text{تعداد رده}}{\text{طول رده}} \quad (3)$$

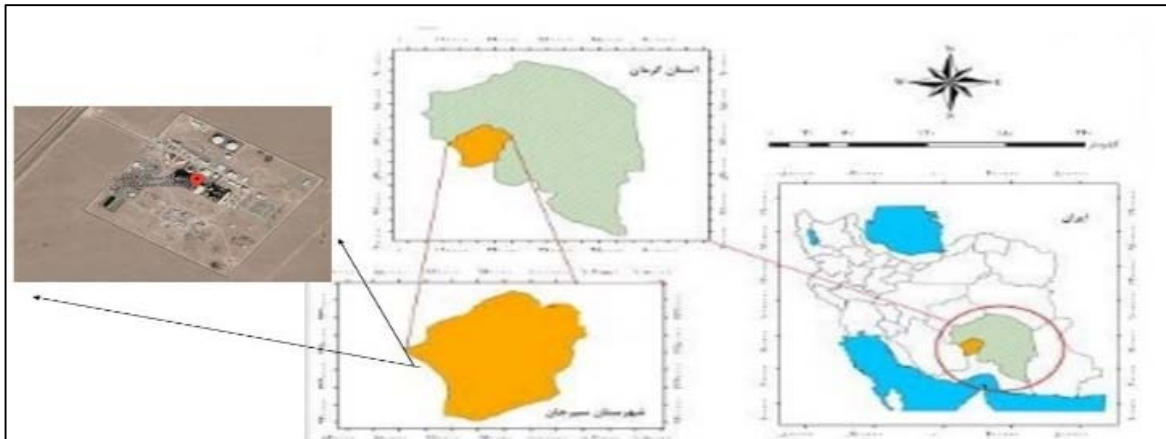
سپس با توجه به مقدار محاسبه شده عدد اولویت ریسک، ریسک‌ها اولویت‌بندی شدند. خطاهایی که مقادیر عدد اولویت ریسک بالاتری دارند، بحرانی‌تر هستند و از برتری اولیتهای برای تجزیه و تحلیل و تخصیص منابع برخوردار می‌باشند. بنابراین تیم FMEA باید روی این خطاها تمرکز کند (نجفی و همکاران، ۱۳۹۶). در این پژوهش به علت اینکه روش FEMA اهمیت همه شاخص‌های ریسک را به‌صورت یکسان در نظر می‌گیرد و این امر سبب مشکلاتی در محاسبه دقیق ریسک می‌شود. بنابراین برای برطرف‌سازی این مشکل می‌توان از متد وزن‌دهی افزایشی ساده (SAW) وزن مربوط به ضرایب هر ستون برای ریسک زیست‌محیطی را مشخص نمود.

روش وزن‌دهی افزایشی ساده یا به اختصار SAW یکی از ساده‌ترین، محبوب‌ترین، شناخته‌شده‌ترین و پرکاربردترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندشاخصه است. همچنین می‌توان

³Wójcicka-Wójtowicz et al

¹Almashaqbeh et al

²Yu et al



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی سایت مورد مطالعه

جدول (۱): رتبه‌بندی احتمال وقوع و رتبه‌بندی میزان گستره آلودگی (Friska Apriliana et al, 2018)

رتبه	به احتمال وقوع خطر	گسترده‌گی آلودگی	امتیاز
۱۰، ۹	{ بسیار بالا } خطر تقریباً اجتناب ناپذیر است - در شرایط عادی اتفاق می‌افتد	منطقه‌ای	۵
۷، ۸	بالا { خطرهای تکراری (در اغلب موارد احتمال وقوع دارد) }	در سطح کارگاه یا سایت	۴
۵، ۴، ۶	متوسط { خطرهای موردی (در بعضی مواقع رخ می‌دهد) }	در سطح چند واحد یا فعالیت از کارگاه	۳
۲، ۳	پایین { خطرهای نسبتاً نادر (امکان دارد رخ دهد) }	در سطح یک واحد یا فعالیت کارگاهی	۲
۱	بعید { خطر غیر محتمل است }	در سطح ایستگاه کاری	۱

جدول (۲): رتبه‌بندی میزان وخامت اثر و رتبه‌بندی میزان احتمال کشف (Omidvari et al, 2019)

شدت اثر	میزان وخامت اثر	احتمال کشف	میزان احتمال کشف	رتبه
خطرناک - بدون هشدار	وخامت تاسف‌بار است	غیرممکن	غیر محتمل است با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و اشکار شود	۱۰
خطرناک - هشدار	وخامت تاسف‌بار اما همراه با هشدار	خیلی جزئی	احتمال خیلی جزئی وجود دارد با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و اشکار	۹
خیلی زیاد	وخامت جبران‌ناپذیر - عدم توانایی انجام وظیفه اصلی	جزئی	احتمال جزئی وجود دارد با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و اشکار	۸
زیاد	وخامت زیاد است	خیلی پایین	احتمال خیلی پایینی وجود دارد با کنترل‌های موجود خطر ردیابی	۷
متوسط	وخامت کم است	پایین	احتمال پایینی وجود دارد با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و اشکار	۶
کم	وخامت خیلی کم است	متوسط	در نیمی از موارد محتمل است با کنترل‌های موجود خطر ردیابی	۵
خیلی کم	وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند	متوسط به بالا	احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و اشکار	۴
اثرات جزئی	اثر خیلی جزئی دارد	بالا	احتمال بالایی وجود دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی	۳
خیلی جزئی	اثر خیلی جزئی دارد	خیلی بالا	احتمال خیلی بالایی وجود دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و اشکار	۲
هیچ	بدون اثر	اطمینان بالا	تقریباً بطور حتم با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و اشکار	۱

همچنین براساس روش SAW ریسک‌های ما شامل گزینه‌های این پژوهش می‌شود و شاخص این پژوهش نیز وخامت اثر، احتمال وقوع ریسک و گستره آلودگی می‌باشد. براساس مقدار عددی به دست آمده در این پژوهش نیز هرچه که این میزان عددی به یک نزدیک‌تر باشد آن ریسک در سطح بحرانی است و هرچه مقدار عددی به صفر نزدیک‌تر باشد ریسک در سطح کم خطرتری قرار دارد. در انتها نیز RPN به دست آمده از روش FMEA و SAW را باهم جمع کردیم و برای به دست آمدن میانگین و اولویت‌بندی ریسک‌ها براساس مدل تلفیقی FMEA&SAW عدد به دست آمده بر ۲ تقسیم شد.

نتایج و بحث

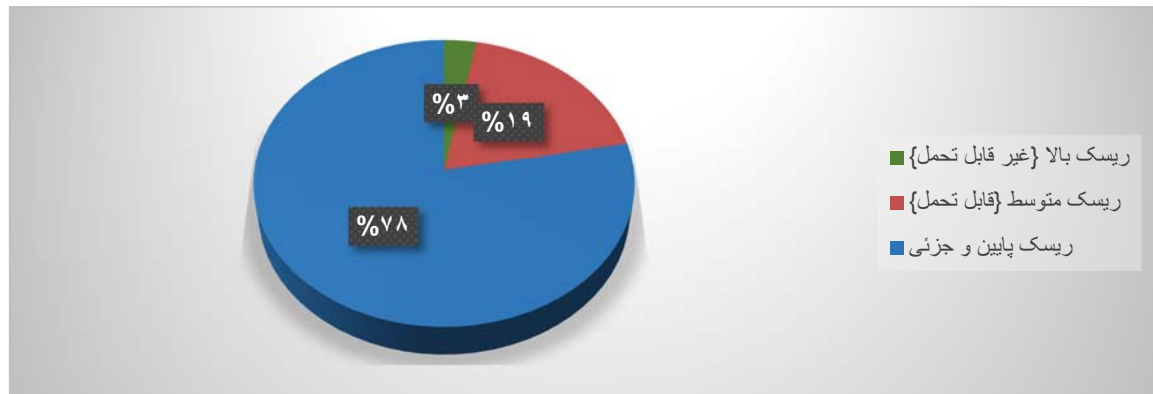
همانطور که پیش از این بیان شد گردآوری و تحلیل داده‌ها در این تحقیق در دو فاز برنامه‌ریزی و اجرا گردید. در فاز اول هدف شناسایی ریسک‌های موثر و در نهایت تعیین علل این ریسک‌ها بود و در فاز دوم نیز با گردآوری اطلاعات کمی در مورد معیارها و ریسک‌ها برای موارد شناسایی شده، محاسبات لازم صورت پذیرفت تا رتبه‌بندی و اولویت‌ها مشخص گردند. اولین گام برای رتبه‌بندی ریسک‌ها استفاده از روش AHP است. با توجه به نتایج حاصل شده از IJZ بیشترین امتیاز متعلق به معیار ریسک‌های غیرمترقبه است. ریسک‌ها یا حوادث غیرمترقبه هر رویدادی را در برمی‌گیرد، که ناگهانی و غیرمنتظره بوده و از قبل پیش‌بینی نشده باشد (فالح خاریکی، ۱۳۹۷). با توجه به ماهیت ریسک‌پذیری نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان قرار گرفتن این معیار که شامل زیرمعیارهای مهمی چون انفجار و آتش‌سوزی، زلزله، نقص در سیستم‌ها، رعد و برق و خطای انسانی هستند، در رتبه اول فرآیند سلسله مراتبی اهمیت این معیار و زیرمعیارهایش را نشان می‌دهد. در تحقیقات لرزفرخی و موسوی در مسیر خطوط لوله انتقال گاز منطقه ۹ عملیات انتقال گاز بیش‌ترین امتیاز به ریسک‌های غیرمترقبه تعلق گرفته است، که نتایج آن همسو با نتایج تحقیق حاضر می‌باشد.

در گام بعدی برای بررسی ریسک‌های نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان از روش FMEA استفاده شد، که تحقیقات الصفر و عزت^۲ (۲۰۲۰) در یک نیروگاه سیکل ترکیبی و کلاهدوز و همکاران (۲۰۱۷) در یک شرکت نفت، حسن انجام این روش را تایید می‌کنند. پس از ثبت داده‌ها برای هر ریسک

آنالیز داده‌ها انجام گرفت. بیش‌ترین تعداد ریسک با ۲۴ عدد مربوط به ریسک‌های سطح پایین و جزئی، که ۷۸٪ از کل ریسک‌ها را تشکیل می‌دادند. همچنین ریسک‌های سطح بالا (غیرقابل تحمل) با تعداد ۱ عدد ۳٪ از کل ریسک‌ها را تشکیل می‌دهد و کم‌ترین تعداد ریسک را در این پژوهش به خود اختصاص داده است. این ریسک‌ها به علت تاثیرات ناخوشایندی که از لحاظ ایمنی، بهداشتی و زیست‌محیطی دارند، دارای اولویت بالاتری از لحاظ تجزیه و تحلیلی و تخصیص منابع می‌باشند. در میان خطرات مختلف، آتش‌سوزی و انفجار به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین تهدیدات زندگی، سلامتی و خسارات مالی شناخته شده است (امیدواری و همکاران، ۲۰۲۰). بنابراین، ارزیابی و پیشگیری از خطر آتش‌سوزی به‌عنوان یک بخش مهم مهندسی ایمنی سیستم در نظر گرفته می‌شود. برخی از شواهد نشان می‌دهد که ۶۰٪ از آسیب‌ها و تلفات مربوط به آتش‌سوزی و انفجار در مراکز صنعتی و در میان کارگران اتفاق می‌افتد و بیشتر این آتش‌سوزی فاجعه‌بار، بدون هیچ پیش‌آگهی قبلی رخ می‌دهد. به دلیل پیچیدگی فرآیند نیروگاه‌ها، وقوع آتش‌سوزی و انفجار در این مکان‌ها اجتناب‌ناپذیر است. در نتیجه، استفاده از سیستم‌های ایمنی در برابر آتش برای حفظ امنیت سرنشینان و ادامه کار نیروگاه‌ها بسیار ضروری به نظر می‌رسد (عسکری‌پور و همکاران، ۲۰۲۰). ریسک انفجار و آتش‌سوزی که بیش‌ترین RNP را در روش FMEA به خود اختصاص داده است، به دلیل استفاده از گازوییل و گاز متان و گاز بوتان به‌عنوان سوخت و تمیزکاری مخازن Dirty tank و Cleantank Lubeoil، با گازوئیل، تینر و الکل، عدم ایجاد تهویه مناسب، عدم تامین روشنایی زیر ۲۴ ولت، استفاده از تینر و بنزین جهت تمیزکاری دابلکس فیلتر Lubeoil، تمیزکاری Purifire (تصفیه‌کننده روغن در حالت گریز از مرکز)، OILceperator با استفاده از تینر و بنزین و قرار گرفتن مخزن Dirty Tank, CleanTanc, Lubeoil زیر خطوط لوله پارت F بدون سقف محافظ (خطر ریزش جوش ناشی از جوشکاری روی مخازن) ایجاد می‌شود و سبب آسیب به تجهیزات، ساختمان و پرسنل می‌شود. بازرسی دوره‌ای دستگاه‌ها و تجهیزات، تقویت کنترل‌های مهندسی و تجهیزات ایمن‌سازی و استفاده و تقویت سیستم‌های هشدار و اطفای حریق، استفاده از سنسورهای حرارتی تا حدود زیادی می‌تواند سطح ریسک‌پذیری خطر انفجار و

ریسک آتش‌سوزی و انفجار در سطح ریسک‌پذیری غیرقابل تحمل می‌باشد. نتایج روش SAW نشان داد که ریسک‌های انفجار و آتش‌سوزی، زلزله، رعد و برق و خطای انسانی که متعلق به معیار غیرمترقبه هستند و احتمال فوت یا نقص عضو افراد در اثر سقوط افراد در حین کار که متعلق به معیار نظارتی می‌باشد در ۵ اولویت اول رتبه‌بندی ریسک‌های این روش قرار دارند.

آتش‌سوزی را در منطقه کاهش دهد. به علت خسارات وارد شده از ریسک انفجار و آتش‌سوزی تحقیقات زیادی در این باره انجام شده، که همسو با نتایج این پژوهش می‌باشد، مانند تحقیقات صادقی و همکاران در سال ۲۰۲۰ در نیروگاه سیکل ترکیبی، بخوچه و همکاران (۲۰۱۹)، جوزی و پوریه در نیروگاه سیکل ترکیبی یزد و وزدانی و همکاران (۱۳۹۷) در شرکت پالایش گاز پارسیان که مبنی بر قرار گرفتن



شکل (۲): درصد ریسک‌ها در هر طبقه با روش FMEA

جدول (۳): وزن نهایی در مقایسات زوجی (AHP)

وزن اولیه	زیر معیار	معیار	وزن اولیه	زیر معیار	معیار									
۰/۱۶۲	برق گرفتگی	فنی و عملیاتی (۰/۱۳۰)	۰/۲۲۷	احتمال بروز بیماریهای تنفسی و چشمی	ایمنی و بهداشتی (۰/۱۵۴)									
۰/۱۴۸	چیدمان ارتفاع نایمن قطعات		۰/۱۸۳	کار در فضای بسته										
۰/۱۲۸	احتمال خسارت به تجهیزات و سوختگی افراد		۰/۱۲۸	عدم شناخت سایت										
۰/۱۲۷	احتمال بروز صدمات جانی و مالی در اثر عدم رعایت دستورالعمل های ایمنی		۰/۱۱۵	احتمال بروز صدمات جسمی										
۰/۱۲۲	جوشکاری در محل غیرایمن		۰/۱۱۰	عدم استفاده از وسایل استحضافی										
۰/۱۱۵	قرارگرفتن در محل غیرایمن		۰/۱۰۲	ایجاد بوی نامطبوع										
۰/۱۱۴	عدم وجود نور کافی و مناسب		۰/۰۷۵	نامتعارف بودن محل کار										
۰/۰۸۲	نوسانات دمایی		۰/۰۵۹	احتمال شکستگی انگشت										
۰/۳۸۰	انفجار و آتش‌سوزی	غیر مترقبه (۰/۴۰۳)	۰/۴۵۹	احتمال فوت یا نقص عضو افراد در اثر سقوط افراد در حین کار	نظارتی (۰/۲۱۰)									
۰/۱۹۲	زلزله		۰/۲۸۰	عدم دقت و عدم بازدیدهای روتین از تأسیسات										
۰/۱۷۴	نقص در سیستم ها		۰/۱۶۰	عدم نصب علائم هشداردهنده										
۰/۱۵۴	رعد و برق		۰/۱۰۱	بی دقتی در حمل و جابه جایی										
۰/۱۰۰	خطای انسانی	۰/۱۱۵			عدم وجود مسیر دسترسی هموار و ایمن	زیست محیطی (۰/۱۰۲)	۰/۳۰۷	شاخص انتشار گاز سمی	۰/۰۹۰	کار در شب	۰/۲۷۹	انتشار ذرات معلق سمی	۰/۰۸۸	استفاده از آب حاصل از منابع اطراف
۰/۱۱۵	عدم وجود مسیر دسترسی هموار و ایمن	زیست محیطی (۰/۱۰۲)	۰/۳۰۷	شاخص انتشار گاز سمی										
۰/۰۹۰	کار در شب		۰/۲۷۹	انتشار ذرات معلق سمی										
۰/۰۸۸	استفاده از آب حاصل از منابع اطراف		۰/۱۲۲	لغزنده بودن محیط کار										

پژوهش نیز دو ریسک زلزله و رعدوبرق در گروه حوادث طبیعی قرار می‌گیرند، که خسارات جبران‌ناپذیری به نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان می‌توانند وارد کنند. به طور کلی با توجه به شرایط اکولوژیکی منطقه، وقایع طبیعی ریسک‌های مختلف زیست‌محیطی، با درجات مختلف را در منطقه سبب خواهد شد، لذا برای این‌گونه حوادث طبیعی، باید اقدامات پیشگیرانه یا اقدامات اصلاحی لازم برای کاهش ریسک‌های زیست‌محیطی صورت گیرد. در مورد اقدامات اصلاحی وقوع حوادث طبیعی بیشتر تمرکز روی آموزش افراد است، زیرا حوادث طبیعی به صورت غیرمترقبه ایجاد می‌شوند و خطای انسانی در آنها دخیل نیستند، این اقدامات شامل مقاوم‌سازی بناها و تاسیسات، استقرار تجهیزات لازم در برابر حوادث غیرمترقبه، آموزش افراد به منظور تدوین برنامه واکنش سریع در مواقع اضطراری و اطلاع‌رسانی به موقع به افراد در معرض خطر، وجود برنامه هماهنگی با سایر دستگاهها در واکنش به حادثه است. در تحقیقات جوزی و همکاران (۱۳۹۲)، حمیدان و دشتی (۱۳۹۷) وقوع حوادث طبیعی در سطح بحرانی قرار داشت که همراستا با نتایج این پژوهش است.

حوادث شغلی جزء جدایی‌ناپذیر محیط‌های کاری مختلف به ویژه مشاغل صنعتی هستند. این حوادث سبب دوره‌های غیبت از کار طولانی، نقص عضو و یا از کارافتادگی کارگران مجرب می‌شوند و در نهایت تاثیر قابل توجهی بر بهره‌وری در صنعت می‌گذارند (مهرپرور و همکاران، ۱۳۹۰). سقوط از ارتفاع یکی از جدی‌ترین آسیب‌های عمده مربوط به حوادث کار در ارتفاع است، که کارگران را تهدید می‌کند (توحیدی زاده و همکاران، ۱۳۹۸). در این پروژه نیز ریسک احتمال فوت یا نقص عضو افراد در اثر سقوط افراد در حین کار که از دسته حوادث شغلی می‌باشد در رتبه سوم رتبه‌بندی روش SAW قرار دارد. این ریسک به علت عدم رعایت دستورالعمل‌های ایمنی در کار و به شکل عمدی یا سهوی ایجاد می‌شود، اما با آموزش افراد به منظور آگاهی از خطرات و سوانح، نظارت کارشناسان HSE بر اجرای عملیات و اطمینان از رعایت دستورالعمل‌های ایمنی می‌توان تا حد زیادی خطرپذیری این ریسک را کاهش داد. در تحقیق

نتایج تجارب صنعتی و گزارش‌های کارشناسی در دهه های اخیر حاکی از آن است که در همه حوادث بیش از ۷۰ درصد علل بروز حوادث به نحوی ناشی از خطای انسانی بوده است، به طوری که در نهمین کنفرانس سالانه ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (۲۰۱۳) اعلام شد که خطای انسانی علت بروز ۹۱ تا ۹۶ درصد حوادث در صنایع بوده است (حمیدان و دشتی، ۱۳۹۷). با توجه به نتایج ریسک خطای انسانی با روش SAW در رتبه‌ی چهارم سطح‌بندی این روش قرار دارد. تحقیقات محمد آرگی و همکاران^۱ (۲۰۲۰) در یک نیروگاه هسته‌ای تولید برق، پورتن و همکاران^۲ (۲۰۲۰) در نیروگاه هسته‌ای تولید برق، پارک و همکاران^۳ (۲۰۱۸) در نیروگاه هسته‌ای تولید برق، برخورداری و همکاران (۱۳۹۳) در نیروگاه سیکل ترکیبی، آذرنیا قوام و همکاران (۱۳۹۸) در فعالیتهای مربوط به بهره‌برداری از تاسیسات برق شرکت توزیع نیروی برق تهران و نیکجو و برخوردارکاشانی (۱۳۹۲) در توربین گاز نیروگاه سیکل ترکیبی یزد تاثیر مستقیم خطای انسانی در بروز ریسک‌ها نشان می‌دهد، که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد. به طور کلی می‌توان بیان داشت که منشاء خطاهای انسانی می‌تواند عدم آموزش صحیح یا نقص در دستورالعمل‌ها و روش‌های اجرایی، عدم توانایی کافی ذهنی یا فیزیکی برای انجام کار، تصمیمات نادرست، نقص در تجهیزات، طراحی، نصب یا تعمیرات باشد، که با استفاده از آموزش دیده و مسلط و بازرسی دوره‌ای منظم از هر بخش می‌توان کمک زیادی در جهت کاهش این ریسک کرد. بسیاری از فعالیتهای خطرناک صنعتی، از جمله پالایش یا نیروگاه‌های تولید برق، کالاها و خدمات ضروری را به جامعه ارائه می‌دهند. اما متأسفانه، این فعالیتهای در برابر تأثیرات طبیعی آسیب‌پذیر هستند (کروسمن و همکاران^۴، ۲۰۱۹). همچنین در چند سال اخیر ریسک ناشی از خطرات طبیعی مانند سیل و زلزله و رعد و برق بسیار زیاد شده است (وارد^۵ و همکاران، ۲۰۲۰). عواقب حوادث طبیعی می‌تواند از تأثیرات بهداشتی، ایمنی و تخریب محیط‌زیست تا خسارات عمده اقتصادی در سطح محلی یا منطقه‌ای به دلیل خسارت به دارایی‌ها باشد (کروسمن و همکاران، ۲۰۱۹). در این

⁴Krausmann et al

⁵Ward et al

¹Mohammed Arigi et al

²Porthin et al

³park et al

حمیدان و دشتی سقوط از ارتفاع یکی از ریسک‌ها با سطح ریسک‌پذیری بالا است. معیار غیرمترقبه در نیروگاه سیکل ترکیبی سمنگان یکی از معیارهای مهم می‌باشد، که در فرآیند سلسله مراتبی نیز بیشترین امتیاز را به خود اختصاص داده بود. پس کنترل و بررسی ریسک‌های این معیار در مدیریت HSE به علت کاهش خسارات مادی و جانی بسیار ضروری می‌باشد. این معیار شامل ریسک‌های انفجار و آتش‌سوزی، زلزله، رعد و برق و خطای انسانی می‌باشد. که این ریسک‌ها در روش FMEA و SAW جزء ریسک‌ها با سطح ریسک‌پذیری بحرانی هستند.

جدول (۴): سطوح بحرانی ریسک‌ها با روش FMEA

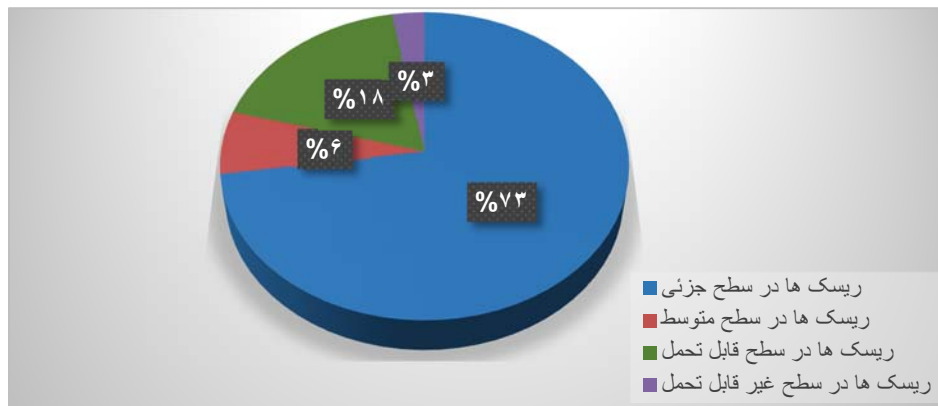
RPN	سطح بحرانی	خطرات بالقوه	فعالیت
۱۲۸	جزئی	احتمال بروز بیماریهای تنفسی و چشمی	ایمنی و بهداشتی
۱۲۰	جزئی	کار در فضای بسته	
۴۸	جزئی	عدم شناخت سایت	
۴۸	جزئی	احتمال بروز صدمات جسمی	
۴۸	جزئی	عدم استفاده از وسایل استحقاظی	
۶۴	جزئی	ایجاد بوی نامطبوع	
۳۶	جزئی	نامتعارف بودن محل کار	
۴۸	جزئی	احتمال شکستگی انگشت	
۲۰۰	قابل تحمل	احتمال فوت یا نقص عضو افراد در اثر سقوط افراد در حین کار	نظارتی
۲۱۶	قابل تحمل	عدم دقت و عدم بازدیدهای روتین از تأسیسات	
۷۲	جزئی	عدم نصب علائم هشداردهنده	
۷۲	جزئی	بی‌دقتی در حمل و جابه‌جایی	زیست محیطی
۱۲۰	جزئی	شاخص انتشار گاز سمی	
۱۲۰	جزئی	انتشار ذرات معلق سمی	
۴۸	جزئی	لغزنده بودن محیط کار	
۸۰	جزئی	برق گرفتگی	فنی و عملیاتی
۷۲	جزئی	چیدمان ارتفاع ناایمن قطعات	
۸۰	جزئی	احتمال خسارت به تجهیزات و سوختگی افراد	
۴۰	جزئی	احتمال بروز صدمات جانی و مالی در اثر عدم رعایت دستورالعمل‌های ایمنی	
۶۴	جزئی	جوشکاری در محل غیرایمن	
۴۸	جزئی	قرار گرفتن در محل غیرایمن	
۷۲	جزئی	عدم وجود نور کافی و مناسب	
۳۲	جزئی	نوسانات دمایی	
۶۰۰	غیر قابل تحمل	انفجار و آتش سوزی	غیر مترقبه
۳۲۰	متوسط	زلزله	
۲۲۴	قابل تحمل	نقص در سیستم‌ها (خوردگی، سوراخ شدگی خطوط یا اتصالات و...)	
۲۴۰	قابل تحمل	رعد و برق	
۲۵۶	متوسط	خطای انسانی	
۴۸	جزئی	عدم وجود مسیر دسترسی هموار و ایمن	زیست محیطی
۳۶	جزئی	کار در شب	
۲۴	جزئی	استفاده از آب حاصل از منابع اطراف	

جدول (۵): نتایج رتبه‌بندی براساس SAW

رتبه	A*(امتیاز)		رتبه	A*(امتیاز)	
۱۱	۰/۵۶۶۱	برق گرفتگی	۱۱	۰/۵۶۶۱	احتمال بروز بیماریهای تنفسی و چشمی
۱۸	۰/۵۱۶۱	چیدمان ارتفاع نایمن قطعات	۸	۰/۵۹۹۴	کار در فضای بسته
۱۱	۰/۵۶۶۱	احتمال خسارت به تجهیزات و سوختگی افراد	۲۷	۰/۴۴۹۵	عدم شناخت سایت
۱	۰/۹۱۵۷	انفجار و آتش‌سوزی	۲۸	۰/۴۳۲۹	احتمال بروز صدمات جسمی
۲۱	۰/۴۹۹۵	جوشکاری در محل غیرایمن	۲۸	۰/۰۴۳۲	عدم استفاده از وسایل استحفاظی
۲۸	۰/۴۳۲۹	قرارگرفتن در محل غیرایمن	۱۷	۰/۵۳۲۸	ایجاد بوی نامطبوع
۱۸	۰/۵۱۶۱	عدم وجود نور کافی و مناسب	۲	۰/۴۸۲۸	نامتعارف بودن محل کار
۲۱	۰/۴۹۹۵	نوسانات دمایی	۱۶	۰/۵۴۹۴	احتمال شکستگی انگشت
۲۴	۰/۴۸۲۹	احتمال بروز صدمات جانی و مالی در اثر عدم رعایت دستورالعمل‌های ایمنی	۳	۰/۷۴۹۲	احتمال فوت یا نقص عضو افراد در اثر سقوط افراد در حین کار
۲	۰/۷۶۵۹	زلزله	۷	۰/۶۴۹۳	عدم دقت و عدم بازدیدهای روتین از تأسیسات
۶	۰/۶۶۶۲	نقص در سیستم‌ها	۲۳	۰/۴۸۲۸	عدم نصب علائم هشداردهنده
۵	۰/۶۹۹۳	رعد و برق	۱۸	۰/۵۱۶۱	بی‌دقتی در حمل و جابه‌جایی
۴	۰/۷۳۲۶	خطای انسانی	۸	۰/۵۹۹۴	انتشار گاز سمی
۱۱	۰/۵۶۶۱	عدم وجود مسیر دسترسی هموار و ایمن	۸	۰/۵۹۹۴	انتشار ذرات معلق سمی
۲۴	۰/۴۸۲۸	کار در شب	۱۱	۰/۵۶۶۱	لغزنده بودن محل کار
۳۱	۰/۴۱۶۲	استفاده از آب حاصل از منابع اطراف			

جدول (۶): نتایج اولویت‌بندی ریسک‌ها براساس مدل تلفیقی FMEA&SAW

رتبه	خطرات بالقوه	رتبه	خطرات بالقوه
۱۶	بی‌دقتی در حمل و جابجایی	۱	انفجار و آتش‌سوزی
۱۷	عدم نصب علائم هشدار دهنده	۲	زلزله
۱۸	ایجاد بوی نامطبوع	۳	خطای انسانی
۱۹	جوشکاری غیر ایمن	۴	رعدوبرق
۲۰	احتمال بروز صدمات جسمی	۵	نقص در سیستم‌ها
۲۱	لغزنده بودن محل کار	۶	عدم دقت و عدم بازدید های روتین از تاسیسات
۲۲	احتمال شکستگی انگشت	۷	احتمال فوت یا نقص عضو افراد در حین کار
۲۳	عدم شناخت سایت	۸	احتمال بروز بیماریهای تنفسی و چشمی
۲۴	عدم وجود مسیر دسترسی هموار و ایمن	۹	انتشار ذرات معلق سمی
۲۵	عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی	۱۰	انتشار گاز سمی
۲۶	قرار گرفتن در محل غیر ایمن	۱۱	کار در فضای بسته
۲۷	احتمال بروز صدمات جانی و مالی در اثر عدم رعایت دستورالعمل‌ها	۱۲	احتمال خسارت به تجهیزات و سوختگی افراد
۲۸	کار در شب	۱۳	برق گرفتگی
۲۹	نامتعارف بودن محل کار	۱۴	عدم وجود نور کافی و مناسب
۳۰	نوسانات دمایی	۱۵	چیدمان ارتفاع نا ایمن قطعات
۳۱	استفاده از آب حاصل از منابع اطراف		



شکل (۳): درصد ریسک‌ها در هر طبقه با روش تلفیقی FMEA & SAW

- Combined-Cycle Power Plant”, Iranian Journal of Health, Safety & Environment, 7 (1), 1413-1420.
- 6- Azarnia Ghavam, M. Mazloumi, A. and Hosseini, M R. (2019). “Identification and evaluation of human error in operation of electrical installations of Tehran Province Electricity Distribution Company using SHERPA technique”, J Health Saf Work, 9 (4), 363-380. (In Persian)
 - 7- Barkhordar, A. Halvani, G.M. Mohammadian, E, Qasemi, M. And Fazli Uch Hesar, b. (2015). "Risk assessment of Human error and Provide Corrective Actions in Combined cycle power plant Using Systematic Human error Reduction and Prediction Approach SHERPA Method", TB.; 13 (6) :46-56. (In Persian)
 - 8- Bekhouche, S. Mounira, R. and Mohamed Salah, M. (2019). “Fire and Explosion Risks in Petrochemical Plant: Assessment, Modeling and Consequences Analysis”, Journal of Failure Analysis and Prevention, 19(5), 250-266.
 - 9- Brunelli, M. A. (2018). “survey of inconsistency indices for pairwise comparisons”, International Journal of General Systems, 47(8), 751-771.
 - 10- Falh khareki, M. (2018). "An Analysis of the Concept of 'Unexpected Accident' and Its Effect in the Compulsory Insurance Law Approved in 2016", Quarterly Journal of Private Law Research, 7 (25), 263-278. (In Persian)
 - 11- Friska Apriliana, A. Sarno, R. and Amelia Effend, Y. (2018). “Risk analysis of IT applications using FMEA and AHP SAW method with COBIT 5”, International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), 333-378.
 - 12- Hamidan, N. and Dashti, S. (2018). “Risk Assessment of Oil Reservoirs of Amout-E-Arvand Free Zone Area at the Exploitation Phase Using FMEA Method”, j.health. 2018; 9 (4). 389-402. (In Persian)
 - 13- Jafariazar, S. Sabzghabaei, G.R. Tavakoly, M. and Dashti, S.S. (2017). “Assessment and Analysis of Khur-e-khuran International Wetland Environmental Risks Using Multi-Criteria Decision-Making Methods”, Irrigation Science and Engineering (JISE), 40 (3), 63-75. (In Persian)
 - 14- Jimenez-Delgado, G. Senior-Naved, A. Marín-Gonzalez, F. García-Guilianny, G. García-Guilianny V, L. and Ruiz-Muñoz, M. (2020). “Improving the Performance in Occupational Health and Safety Management in the Electric Sector: An Integrated Methodology Using Fuzzy Multicriteria Approach, International Conference on Human-Computer Interaction HCII 2020: Digital Human Modeling and

نتیجه‌گیری

در این پژوهش نیز اولویت‌بندی ریسک‌ها براساس مدل تلفیقی FMEA&SAW انجام شد. براساس نتایج حاصل شده، ریسک‌های انفجار و آتش‌سوزی، زلزله، خطای انسانی، رعد و برق و نقص در سیستم‌ها در ۵ اولویت اول رتبه‌بندی قرار دارند، که تمام این ریسک‌ها متعلق به معیار غیرمترقبه می‌باشد، که این معیار بیشترین وزن را در رتبه‌بندی AHP به خود اختصاص داد. روش ترکیبی پیشنهادی موثر به نظر می‌رسد و می‌تواند به تصمیم‌گیری علمی بیشتر کمک کند. علاوه بر این، روش ترکیبی پیشنهادی در مقایسه با روش‌های اصلی به دلیل درگیری بیشتر دانش متخصصان، انعطاف‌پذیرتر و واقع بینانه‌تر است. به کارگیری این روش تحلیل صحیح‌تری از ریسک فراهم می‌کند که متعاقب آن، اقدامات کارا و اثربخش‌تر موجب دستیابی و حفظ درجه اطمینان مطلوب‌تری خواهند شد.

References

- 1- Adam, A. Ahmed, A. and Elkhalfah, A. (2020). “Quantitative and Qualitative Methods of Risk Assessment in Garry Thermal Power Plant. International Research,” Journal of Engineering and Technology (IRJET), 7(8), 3201-3207. (In Persian)
- 2- Almashaqbeh, S. Munive Hernandez, J. and Khurshid Khan, M. (2018). “Using EWGM method to optimise the FMEA as a risk assessment methodology”, Concurrent Engineering: Research and Applications, 27(2), 144–154.
- 3- Alsaffar, I. and Ezzat, A. (2020). “Qualitative Risk Assessment of Combined Cycle Power Plant Using Hazards Identification Technique”, Journal of Mechanical Engineering Research and Developments, 43 (2), 284-293.
- 4- Askaripoor, T. Forati, M. Kazemi, E. and Marzban, M. (2018). “Hydraulic modeling the fire network of a combined cycle power with the approach of evaluating and analyzing the performance of fire extinguishing systems”, Iran Occupational Health, 15(3), 1-10.
- 5- Askaripoor, T. Kazemi, E. and Marzban, M. (2020). “Fire Risk Assessment and Evaluation of the Effectiveness of Fire Protection Actions in a

- National Conference on Industrial and Systems Engineering, 25-38. (In Persian)
- 28- Omidvari, F. Jahangiri, M. Mehryar, R. Alimohammadlou, M. and Kamalinia, M. (2020). "Fire Risk Assessment in Healthcare Settings: Application of FMEA Combined with Multi-Criteria Decision Making Methods", *Hindawi Mathematical Problems in Engineering*, 202, 1-12
- 29- Park, J. Kim, Y. and Jung, W. (2019). "Calculating nominal human error probabilities from the operation experience of domestic nuclear power plants", *Reliability Engineering & System Safety*, 170, 215-225.
- 30- Porthin, M. Liinasuo, M. and Kling, T. (2020). "Effects of digitalization of nuclear power plant control rooms on human reliability analysis - A review", *Reliability Engineering & System Safety*, 194, 1064-1078.
- 31- Radmanfar, R. Rezayi, M. Salajegheh, S. and Arab Bafrani, V. (2017). "DETERMINATION THE MOST IMPORTANT OF HSE CLIMATE ASSESSMENT INDICATORS CASE STUDY: HSE CLIMATE ASSESSMENT OF COMBINED CYCLE POWER PLANT STAFFS", *Journal CleanWAS*, 1(2), 23-26
- 32- Rout, B. K. and Sikdar, B. K. (2017). "Hazard Identification, Risk Assessment, and Control Measures as an Effective Tool of Occupational Health Assessment of Hazardous Process in an Iron Ore Pelletizing Industry", *Indian J Occup Environ Med*, 21(2), 56-76.
- 33- Sadeghi, A. Jabbari Gharabagh, M. Rezaeian, M. Alidoosti, A. and Eskandari, D. (2020). "Fire and Explosion Risk Assessment in a Combined Cycle Power Plant", *Iran. J. Chem. Chem. Eng*, 39(6), 52-68.
- 34- Salehi, M. (2016). "A New Approach Based on Failure Mode and Effects Analysis and Kepland to Extract and Prioritize the Effective risks on Project Completion Time", *Management tomorrow*, 15 (46), 49 - 72.
- 35- Sinpong, H.H. (2015). "Risk Assessment on Combined Cycle Power Plant Mechanical Maintenance", *University Technical Malaysia Melaka. Thesis*, 2015.
- 36- Tohidzadeh, K. yare, P. nemati, M. And Fazeli, p. ((2018). "Assessing the risk of falling from a height using the fuzzy method of hierarchical analysis process", the twelfth recent conference of health sciences, 57-69. (In Persian)
- 37- Vazdani, S. Sabzghabaei, G. Dashti, S. Cheraghi, M. Alizadeh, R. and Hemmati, A. (2018). "Application of FMEA Model for Environmental, Safety and Health Risks Assessment of Gas Condensates Storage Tanks of Parsian Gas Refining Company in 2016", *JRUMS*. 17 (4), 345-358. (In Persian)
- 38- Wang, Sh. Sheng, Z. Xi, L. Ma, X. Zhang, H. and Kang, M. (2018). "The Application of the Analytic Hierarchy Process and a New Correlation Algorithm to Urban Construction and Supervision Using Multi-Source Government Data in Tianjin", *J. Geo-Inf*, 7, 1-14
- 39- Ward, P. Blauhut, V. Bloemendaa, N. Daniel, J. Ruiter, M. and Duncan, M. (2020). "Review article: Natural hazard risk assessments at the global scale", *Hazards Earth Syst*, 20, 1069-1096.
- Applications in Health, Safety", *Ergonomics and Risk Management, Human Communication, Organization and Work*, 130-158.
- 15- Jouzi, A. farid, Sh. Arjmandi, R. and nouri, J. (2013). "Environmental Risk Assessment on South Pars Phases 15 and 16 Utility by Using EFMEA Method," *Environmental Research*, 4 (7), 59-72. (In Persian)
- 16- Jozi, S.A. And Pourya, A.S. (2010). "Environmental Risk Assessment of Yazd Combined Cycle Power Plant", *Earth*, 5 (4), 65-87(In Persian)
- 17- Kermanshahi, M. And Eivazzadeh, A.R. (2017). "Identification of hazards and safety risk assessment of commissioning processes of combined cycle power plants with Heller cooling tower by FMEA methodA Quarterly Publication the Application of Chemistry in Environment, 26, 1-11. (In Persian)
- 18- Khzaali, S. (2017). "Risk Assessment of Maroon Petrochemical Heavy Polyethylene Unit Using FMEA HAZOP and TOPSIS Techniques", *Master Thesis in Land Assessment and Planning*, 272. (In Persian)
- 19- Kolahdouzi, M. Halvani, G.H. Nazarpour Abdehghah, E. Rostami Aghdam shendi, M. and Yazdani, M. (2017). "Use of Failure Mode and Effects Analysis in Improving Safety: A Case Study in an Oil Company", *Journal of Community Health Research*, 6(2), 85-92.
- 20- Krausmann, E. Girgin, S. and Necci, A. (2019). "Natural hazard impacts on industry and critical infrastructure: Natech risk drivers and risk management performance indicators", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40, 587-600.
- 21- Lashkarizadeh, J. And Hosseini, S.M. (2016). "Ranking of Sewage Vulnerability for Development of Urban Sewerage Maintenance and Reconstruction Program Using SAW Method", *9th National Congress of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran*, 1-8. (In Persian)
- 22- Makvandi, R. astani, S. and lorestani, b. (2017). "Environmental Risk Assessment of Wetlands Using TOPSIS and EFMEA (Case Study: International Wetland Gavkhoni)," *Journal of Environment*, 5 (17), 61-74. (In Persian)
- 23- Mehrparvar, A. Mirmohammadi, S. Ghowve, M. Hajian, H. Dehghan, M. and Nabi Meybodi, R. (2011). "Epidemiologic study of occupational accidents recorded in Yazd province in the years 2007-2008", *tkj*, 3 (3), 54-62. (In Persian)
- 24- Mohammadinejad, A. Kakaei, p. Nickdel, T. Khalil Tahmasebi, M. Tamoradi, N. and Janizadeh, R. (2019). "Risk Identification and Risk Assessment Using Failure Mode and Effect Analysis in a Textile Industry", *Caspian J Health Res*, 4(3), 60-5.
- 25- Mohammed Arigi, A. Park, J. Lim, H. and Kim, J. (2020). "Analysis of human-induced initiating events in a multi-unit loss of offsite power scenario", *Journal of Nuclear Science and Technology*, 57 (1), 55-70.
- 26- NAJAFI, K. KAZEMI RAD, J. GHANBARI, M. HEJAZI, R. and KASHEFIASL, M. (2017). "Identification and Assessment of Occupational Risks in Mechanized Excavation of Metro Tunnel using the Failure Mode and Effects Analysis Technique (FMEA)", *ohhp*, 1 (2), 129-142. (In Persian)
- 27- Nikjoo, H.G and Barkhordashani, n. (2013). "Risk and Reliability Assessment of Yazd Combined Cycle Power Plant Gas Turbine by FMEA Method", *Second*

- 40- Wójcicka-Wójtowicz, A. Łyczkowska-HanćkowiakK, A. and Piasecki, K. (2020). "Application of the SAW Method in Credit Risk Assessment", Contemporary Trends and Challenges in Finance, 20, 189-205
- 41- www.mapnagroup.com
- 42- Yavari Kharat, A. (2018). "Risk Assessment of Steel Plant Using FMEA and SAW Methods", 4th National Conference on Planning, Environmental Protection, Agricultural Education and Natural Resources Research Center of Hamadan Province
- 43- Yu, Sh. Chia-Yu Su, E. and Chen, Y. (2018). "Data-Driven Approach to Improving the Risk Assessment Process of Medical Failures", Journal of Environmental Research and Public Health, 15, 1-12.

Risk assessment of health safety, environment of Samangan combined cycle power plant using FMEA&SAW integrated model

Samad Torab¹
Soolmaz Dashti*²

Abstract

A power plant can be considered a workplace with a high level of risk. For this reason in order to ensure sustainable Performance in Power Plants risk management is essential. The present study was conducted to identify the salient aspects of safety health and environmental hazards in Samangan combined Cycle Power Plant in 2009. In this study the AHP method for classification of risks and the FMEA method for risk rating and SAW method was used to rank the risks. Finally, the ranking was done by FMEA&SAW method. according to the result of the AHP method among the main criteria the highest weight is related to un-expected events with a weight. The results of FMEA method showed that the risk of explosion and fire with 600 RPN is at an unbearable risk level. In the ranking with SAW method also explosions and fires, earthquakes, lightning and human error they were in the first priorities of this ranking. Also risk prioritization with FMEA&SAW integrated model also showed that the risks of explosion and fire earthquake human error lightning and system defects are in the top 5 priorities ranking. The proposed combined method seems to be effective and can help in more scientific decision making. In addition' the proposed combined method compared to the main method due to more involvement of experts they are more flexible and realistic. So we can say using this method provides more accurate analysis of first .As a result more efficient actions will be inherited and will achieve and maintain a more desirable degree of confidence.

Keywords

Samangan combined cycle power plant, Risk assessment, FMEA&SAW

¹Department of Environmental Management (HSE), Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

^{2*} Associate Professor, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
Soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir