



ارزیابی و رتبه بندی ریسک در یک نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از رویکرد درجه باورپذیری در منطق فازی

غلامعباس شیرالی^۱، طالب عسکری پور^۲، الهه کاظمی^۳، الهه ظهوریان آزاد^۴، مصطفی مرزبان^۵

تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۶/۲۶

تاریخ ویرایش: ۹۳/۰۴/۰۱

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۰/۰۱

چکیده

زمینه و هدف: نیروگاه‌ها از مهمترین زیرساخت‌های توسعه اقتصادی محسوب می‌شوند که با پیشرفت‌های فنی و پیچیده شدن تکنولوژی، در معرض خطرات و حوادث متعدد قرار می‌گیرند. ارائه راهکاری که با وجود عدم اطمینان‌ها، ابهامات و با ترکیب اطلاعات، بتواند خطرات را مورد شناسایی، ارزیابی و رتبه بندی قرار دهد، در کنترل و کاهش حوادث شغلی مؤثر می‌باشد. این مطالعه با هدف شناسایی و ارزیابی خطرات و تعیین ریسک‌های ایمنی مؤثر در یک نیروگاه سیکل ترکیبی انجام شده است.

روش بررسی: جهت شناسایی خطرات، از مرور مستندات، مصاحبه با متخصصین، برگزاری جلسات طوفان فکری، دانش و تجربه گروهی از کارشناسان مهندسی ایمنی و بهداشت حرفه ای استفاده شد. جهت تجزیه و تحلیل ریسک، ابتدا طبقه بندی و فازی سازی شدت و فرکانس با استفاده از مطالعات پیشین و نظر کارشناسان انجام شد. در نهایت ریسک‌ها بر اساس درجه باورپذیری در منطق فازی، رتبه بندی گردید.

یافته‌ها: از ۱۱ مورد خطری که در مطالعه حاضر شناسایی شد، انفجار و آتش سوزی توربین گاز و ترکیدگی لوله‌های بخار تحت فشار با درجه باورپذیری ۰/۵۶، رتبه اول و سقوط در تانک‌ها، مخازن و کانال‌ها با میزان باورپذیری ۰/۲۱ در رتبه دوم قرار گرفتند.

نتیجه گیری: تاکنون ابزارها و تکنیک‌های معدودی در زمینه‌های ارزیابی خطرات در نیروگاه‌ها ارائه شده است. در این مطالعه با وجود استفاده از متغیرهای ذهنی، کیفی و کلامی، ولی برای سنجش این متغیرها از شیوه‌های قطعی و اعداد ریاضی استفاده گردید. لذا مطالعه حاضر حائز اهمیت بوده و می‌تواند رویکردی مناسب و دقیق جهت رفع کمبودهای تکنیکی در این بخش می‌باشد.

کلیدواژه‌ها: نیروگاه، ارزیابی ریسک، منطق فازی، رتبه بندی، درجه باورپذیری.

مقدمه

مهمترین علل توسعه روش‌های تجزیه و تحلیل ریسک، پیچیدگی شرایط، مشکل بودن ترکیب اطلاعات، وجود عدم قطعیت (Uncertainty) و عدم اطمینان در تصمیم گیری‌ها می‌باشد [۱،۳،۴].

در طول چند دهه گذشته، استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل ارزیابی ریسک (Risk Assessment) در مدیریت خطرات شغلی به طور چشمگیری افزایش یافته است [۵]. ارزیابی ریسک از دو بخش شناسایی و تجزیه و تحلیل تشکیل شده است. برای شناسایی روش‌های متعددی مطرح گردیده که هر یک در شرایط خاص خود

مانند ایران، نیازمند اجرای بسیاری از زیر ساخت‌های صنعتی از جمله نیروگاه می‌باشد [۱]. با پیچیده شدن تکنولوژی و پیشرفت‌های صنعتی، پیامد حوادث ناشی از خطرات مانند گذشته کوچک و قابل تحمل نبوده، این موضوع در کنار رقابت‌های نزدیک اقتصادی می‌تواند ادامه حیات صنعتی مثل نیروگاه را با مخاطره مواجه سازد. از آنجا که هر حادثه‌ای می‌تواند عواقب ساده یا حادی را به جامعه تحمیل نماید، مبحث شناسایی، ارزیابی و کنترل خطرات، اهمیت ویژه‌ای یافته است [۲]. از

۱- استادیار گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران.

۲- مربی گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، ایران.

۳- (نویسنده مسئول) دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور، اهواز، ایران. kazemie187@yahoo.com

۴- استادیار گروه ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه علوم پایه دامغان، ایران.

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران.

همکاران در عملیات تونل سازی سد و نیروگاه سیمره با استفاده از روش ELECTRE نشان داد که از ۱۷ ریسک شناسایی شده، ریسک های اقتصادی، ریسک-های با منشاء کارفرما و ریسک های فنی با کسب بالاترین امتیاز (امتیاز ۱۲)، بحرانی ترین ریسک ها می باشند [۱۸]. در مطالعه تادیک و همکاران تحت عنوان یک مدل فازی برای ارزیابی خطرات ایمنی شغلی در صنعت فرایندی از بین ۷ خطر ایمنی شغلی شناسایی شده، خطر سطوح و اشیاء با لبه تیز و برنده، رتبه اول و خطر بلند کردن و حمل بار رتبه دوم را گزارش گردید [۷]. در دیگر مطالعه انجام شده توسط دوراموس، خطرات ایمنی دریایی با استفاده از منطق فازی و روش AHP، در ۵ دسته خیلی ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و خیلی خوب ارزیابی شدند [۱۹]. در یک بررسی دیگر آن و همکاران خطرات شغلی راه آهن با رویکرد فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی، مورد مطالعه خطرات قرار دادند. در این مطالعه از ۲۳ خطر شناسایی شده، مرگ افراد در اثر برخورد با قطار بالاترین و سقوط از ارتفاع با جراحات کم، کمترین ریسک را داشتند [۲۰].

تحقیق حاضر با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک خطرات و تعیین ریسک های موثر در یک نیروگاه سیکل ترکیبی در راستای کاهش عدم اطمینان های موجود در ارزیابی ریسک انجام شده است. در این مطالعه جهت اولویت بندی ریسک از تئوری باورپذیری مفاهیم که یکی از تئوری های مبحث احتمالات می باشد، استفاده گردید. در این مطالعه با وجود استفاده از متغیرهای ذهنی، کیفی و کلامی، ولی برای سنجش این متغیرها از شیوه های قطعی و اعداد ریاضی استفاده گردید. لذا مطالعه حاضر حائز اهمیت بوده و می تواند رویکردی مناسب و دقیق جهت رفع کمبودهای تکنیکی در این بخش می باشد.

روش بررسی

در پژوهش به صورت توصیفی-تحلیلی با تمرکز بر ارزیابی خطرات و رتبه بندی ریسک های شناسایی شده در یک نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از منطق فازی با

قابل استفاده است. روش های اصلی در شناسایی خطرات شامل طوفان فکری، مرور مستندات، روش دلفی، تحلیل چک لیست ها و تحلیل فرضیات می باشد [۶،۷]. خطر، میزانی از آسیب و یا از دست دادن ارتباط فعالیت با انسان است. خطر می تواند به عنوان صدمه به افراد یا مرگ، آسیب و یا تخریب اموال باشد. ترکیبی از احتمال و پیامد، نشان دهنده خطر در حال تحقق است [۸].

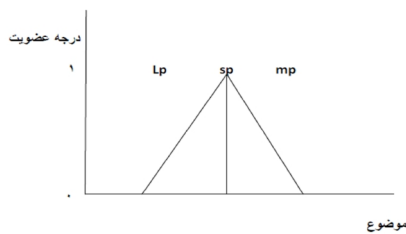
تکنیک های شناخته شده ی فراوانی برای دستیابی به اهداف ارزیابی ریسک وجود دارد و محققان بسته به نوع ارزیابی، هدف و فرایند مورد ارزیابی، یکی از روشها را برای اجرا مورد استفاده قرار می دهند. در سال های اخیر، تلاش قابل توجه برای افزایش دانش و درک ما از هر دو مبحث پیامد و احتمال حوادث نامطلوب انجام شده است [۹-۱۲]. برخی از این روش ها با استفاده از عناصر ذهنی صورت می پذیرد. از جمله این روش ها، رویکرد منطق فازی^۱ می باشد. منطق فازی یک ابزار جدیدریاضی بر پایه عدم اطمینان از دنیای واقعی و تفکر انسانی و یک روش برای ارزیابی ریسک می باشد [۱۳،۱۴].

در مطالعه انجام شده توسط جوزی در سال ۱۳۹۱ در نیروگاه سیکل ترکیبی یزد با استفاده از یک متد ساختگی چند منظوره و روش AHP خطراتی مانند حریق، انفجار و کاهش شنوایی مهمترین خطرات ایمنی و بهداشت و سطح آبهای زیر زمینی مهمترین خطر زیست محیطی در این نیروگاه گزارش گردید [۱۵]. در پژوهش مرتضی اوستاخان و همکاران در سال ۱۳۹۱ در یک صنعت با استفاده از روش فازی و روش مرکز ثقل^۲، مقدار فازی سطح ریسک ۳/۴۸ بدست آمد؛ یعنی این که سطح ریسک در ناحیه صد درصد ناکافی قرار دارد [۱۶].

در مطالعه انجام شده توسط زگردی، با عنوان ارزیابی و انتخاب پاسخ های خطر پذیری سطح (خطرات پروژه) از طریق یک مدل بهینه سازی چند هدفه و رویکرد تعیین رتبه فازی در نیروگاه سیکل ترکیبی آبادان، نشان داد که مدل پیشنهادی منجر به بهبود قابل توجه زمان، هزینه و کیفیت پروژه شده است [۱۷]. در مطالعه صیادی و

^۱. Fuzzy Logic

^۲. Center of gravity



نمودار ۱- ساختار اعداد فازی مثلثی شکل

در این مطالعه جهت ارزیابی و اولویت بندی ریسک‌های نیروگاه سیکل ترکیبی با استفاده از منطق فازی، سه گام در نظر گرفته شد: گام اول شناسایی خطرات، گام دوم تجزیه و تحلیل خطرات و گام سوم رتبه بندی ریسک که در شکل ۱ به طور خلاصه نشان داده شده است.

گام اول: شناسایی خطرات

به منظور شناسایی ریسک باید یک بانک اطلاعاتی جامع از فرکانس، علل وقوع و تأثیرات هر یک از خطرات بر بخش‌های مختلف تهیه گردد [۲۲]. در این پژوهش برای شناسایی خطرات ایمنی موجود در نیروگاه مورد مطالعه، از روش‌های مرور مستندات که شامل آئین نامه ها و دستورالعمل‌های ایمنی، گزارش حوادث و آمارهای گذشته می باشد و همچنین قضاوت خبرگان (کارشناسان و متخصصینی که تجربه‌های مشابه دارند) استفاده گردید.

گام دوم: تجزیه و تحلیل ریسک

تجزیه و تحلیل خطرات به دو صورت کیفی و کمی انجام می‌شود. در تحلیل کمی از روش‌هایی مانند تحلیل حساسیت، تحلیل ارزش پولی مورد انتظار، درخت تصمیم با استفاده از نظریه مطلوبیت، شبیه سازی، نمودار علت و معلول، نمودار نفوذ، نظریه بازی، نظریه فازی و تحلیل درخت خطا استفاده می‌شود. تحلیل کیفی خطرات معمولاً شامل ارزیابی احتمال، تأثیر و ماتریس احتمال-تأثیر است [۷۶]. تجزیه و تحلیل ریسک، فرآیندی است که به وسیله آن احتمال وقوع و میزان تأثیر خطرات بر اهداف شناسایی می‌شود. فرکانس وقوع، درجه احتمال وقوع خطر شناسایی شده را در آینده نشان می‌دهد و صدمه و



شکل ۱- مراحل ارزیابی و رتبه بندی ریسک

تابع عضویت مثلثاتی انجام شده و مراحل کار به شرح ذیل می باشد: ض-۲- تعریف مجموعه‌های فازی مجموعه فازی مجموعه ای است متشکل از گروه‌هایی که مرز مشخصی برای عضویت ندارند. در این نظریه کلام‌های مبهم به جای اعداد دقیق استفاده می‌شود. نظریه فازی دارای این ویژگی اساسی است که قضاوت را تحت شرایط عدم اطمینان امکانپذیر می‌کند. این نظریه تعمیمی از نظریه کلاسیک مجموعه‌ها، در علم ریاضیات است. در حقیقت عضویت از یک الگوی صفر و یک باینری^۳ تبعیت می‌کند. ولی نظریه‌های مجموعه فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه بندی شده را مطرح می‌کند. بدین ترتیب یک عنصر می‌تواند تا حدی و نه به طور کامل عضو یک مجموعه باشد. محاسبه عضویت‌ها با روابط ریاضی: انواع عضویت‌ها را می‌توان متناسب با کاربرد مورد نظر رسم نمود. با این حال دو نوع تابع عضویت که کاربرد فراوانی دارد عبارتند از: تابع عضویت دوزنقه‌ای^۴ و تابع عضویت مثلثی^۵. تابع عضویت اعداد فازی مثلثی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، به صورت معادله ۱ تعریف می‌شود:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & x \in [l, m] \\ \frac{x-u}{m-u}, & x \in [m, u] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

عدد فازی مثلثی یک مجموعه فازی پیوسته است. معمولاً عدد فازی مثلثی را به صورت سه تایی نشان می‌دهند (l, m, u). نمودار ۱ ساختار اعداد فازی مثلثی شکل را نشان می‌دهد که در آن sp عدد میانی و mp و lp گستره چپ و راست نامیده می‌شوند [۲۱، ۷].

^۳ Binary Logic

^۴ Trapezoidal Membership Functions

^۵ Triangular Membership Functions

مربوطه، درجه باورپذیری^۹ برای هر یک از خطرات شناسایی شده محاسبه می گردد. معادله نهایی محاسبه درجه باورپذیری مورد استفاده در مطالعه حاضر به شرح ذیل می باشد [۲۳].

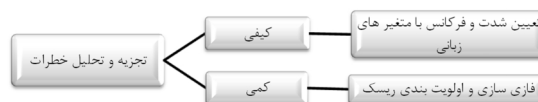
معادله ۳:

$$\text{bel}(\tilde{M} < \{\tilde{N}_1 \wedge \tilde{N}_2 \wedge \tilde{N}_3 \wedge \dots\}) = \min\{\text{bel}(\tilde{M} < \tilde{N}_1), \text{bel}(\tilde{M} < \tilde{N}_2), \text{bel}(\tilde{M} < \tilde{N}_3), \dots\}$$

جهت انجام محاسبات از نرم افزار MATLAB نسخه ۷/۸ و نرم افزار Excel استفاده شد.

یافته ها

در این پژوهش، با استفاده از مرور مستندات و سوابق، مصاحبه های متعدد با افراد متخصص، برگزاری جلسات طوفان فکری و استفاده از دانش و تجربه جمعی از کارشناسان بهداشت حرفه ای و ایمنی صنعتی، لیستی شامل ۱۱ مورد از خطرات موجود در نیروگاه سیکل ترکیبی جهت ارزیابی و رتبه بندی تعیین گردید. سپس با استفاده از جداول ۲ و ۳ و قضاوت کارشناسان، شدت و فرکانس وقوع متناسب برای هر یک از خطرات تعیین شد. جهت اجماع نظرات خبرگان، ابتدا گروهی از مهندسين ایمنی و بهداشت حرفه ای که سابقه فعالیت در صنعت نیروگاه یا صنایع مشابه را داشتند، انتخاب گردید. در مرحله اول طی پرسشنامه ای، شدت و فرکانس هر یک از خطرات شناسایی شده، با قضاوت های ارزشی کارشناسان، مورد تحلیل قرار گرفت. در مرحله دوم، با استفاده از نتایج مرحله اول، پرسشنامه ای دارای ساختار، تهیه شده و مجدداً نظرات کارشناسان اخذ گردید. با توجه به اینکه همگی کارشناسان در خصوص خطرات صنعت مورد مطالعه صاحب نظر و خبره بودند، اجماع نظر و توافق بسیار بالا در پاسخ سوالات موضوع مورد بررسی به دست آمد. جدول ۲ طبقه بندی شدت پیامد در سه گروه پیامد کم، متوسط و زیاد و نمودار ۲ معادل فازی آن را نمایش



شکل ۲- روش های مورد استفاده جهت تجزیه و تحلیل ریسک

زیان ناشی از خطرات نیز به عنوان پیامد آن محسوب می شوند که با واژه ها و متغیرهای زبانی^۶ بر اساس دانش و تجربه کارشناسان توصیف می شوند [۲۱]. خلاصه روش های تجزیه و تحلیل کمی و کیفی مورد استفاده در این مطالعه در شکل ۲ آورده شده است.

گام سوم: رتبه بندی ریسک

گام سوم شامل رتبه بندی خطرات شناسایی شده با توجه به تجزیه و تحلیل های انجام شده می باشد. هدف اصلی از این رتبه بندی، تعیین بالاترین رتبه خطرات جهت دستیابی به مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی کارآمدتر (OHS) و افزایش ایمنی در زمان کوتاهتر، با تلاش و هزینه کمتر می باشد. در این پژوهش رتبه خطرات شناسایی شده بر اساس تعیین درجه باورپذیری انجام شده است. بدین معنی که با توجه به محاسبات، خطری که بالاترین میزان درجه باورپذیری را داشته باشد بیشترین ریسک و بالاترین رتبه را در میان خطرات شناسایی شده خواهد داشت.

جهت رتبه بندی خطرات ابتدا با استفاده از شدت و فرکانس نسبت داده شده به هر خطر و معادل فازی آن و با استفاده از معادله ۲، فاصله اقلیدسی^۸ برای هر خطرات های شناسایی شده محاسبه گردید [۷].

معادله ۲:

$$dis(i, refA) = \sqrt{(1 - \tilde{c}_i)^2 + (1 - \tilde{f}_i)^2}$$

c_i : اعداد فازی مربوط به متغیرهای کلامی شدت پیامد هریک از خطرات

f_i : اعداد فازی مربوط به متغیرهای کلامی فرکانس وقوع هریک از خطرات

پس از محاسبه $dis(i, refA)$ ، با استفاده از معادلات

^۶. Linguistic Value

^۷. Occupational, safety and health

^۸. Euclidian Distance

^۹. Degree of Belief

جدول ۱- خطرات شناسایی شده در نیروگاه و شدت و فرکانس اختصاص داده شده به هر یک

خطرات شناسایی شده	شدت	فرکانس وقوع
۱ انفجار محفظه توربین گاز یا Combustion chamber	زیاد	خیلی کم
۲ انفجار یا آتش سوزی اینکلوزر توربین گاز	زیاد	زیاد
۳ پاشش سیستم اتوماتیک اطفاء حریق CO2	متوسط	کم
۴ ترکیدن خط روغن با فشار بیش از 220Bar	زیاد	خیلی کم
۵ آرک، آتش سوزی و یا انفجار هنگام تعمیرات	متوسط	کم
۶ آتش سوزی یا انفجار مخازن سوخت گازوئیل	زیاد	خیلی کم
۷ ترکیدن لوله های بخار فشار بالا یا HP در اثر خوردگی یا ضربه به لوله ها	زیاد	زیاد
۸ انفجار یا آتش سوزی گاز مایع درون مخزن یا خطوط Ignition در اثر نشتی	زیاد	خیلی کم
و تماس با حرارت، جرقه یا شعله		
۹ خارج شدن یا شکستن پره های موجود در فن های خنک کننده	متوسط	کم
۱۰ سقوط در تانک ها، مخزن ها و کانال ها در اثر باز بودن منهول	متوسط	زیاد
۱۱ عدم تخلیه الکتریکی بعد از باز نمودن بریکرها و سکسیونرها	متوسط	کم

جدول ۲- متغیرهای کلامی شدت پیامد

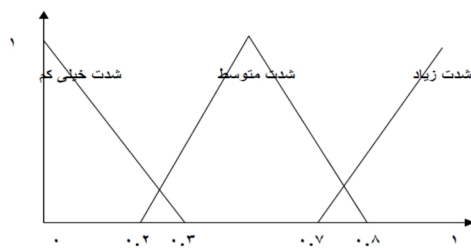
مقیاس اعداد فازی	متغیر کلامی شدت
(۰/۰،۰/۳)	شدت کم
(۰/۲،۰/۵،۰/۸)	شدت متوسط
(۰/۷،۱/۱)	شدت زیاد

ریسک (شدت × فرکانس) و طبقه بندی ارائه شده در این مطالعه جهت شدت و فرکانس به روش فازی (طبق جدول ۳ و ۴)، ارزیابی ریسک برای اولویت های اول و دوم انجام شد. نمودار ۴ ارزیابی ریسک انفجار و آتش سوزی اینکلوزر توربین گاز و نمودار ۵ ارزیابی ریسک ترکیدن لوله های بخار فشار بالا را نمایش می دهد. نمودار شماره ۶ ریسک کلی هر دو خطر را نشان می دهد.

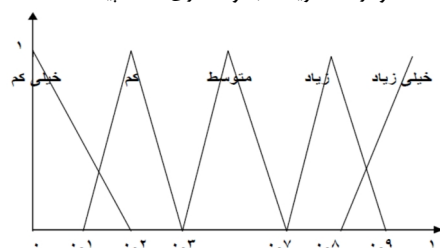
بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد از میان خطرات شناسایی شده در نیروگاه سیکل ترکیبی مورد مطالعه، خطر انفجار و آتش سوزی اینکلوزر توربین گاز و ترکیدگی لوله های بخار فشار بالا، هر دو با میزان باورپذیری ۰/۵۶، در رتبه اول و سقوط در تانک ها، مخزن ها و کانال ها با میزان درجه باور پذیری ۰/۲۱، در رتبه

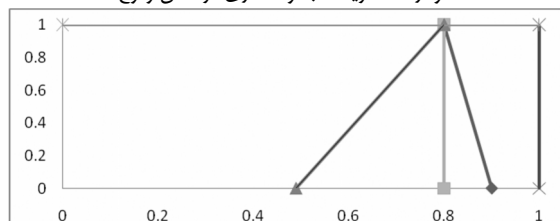
می دهد. به طور مشابه در جدول ۳، فرکانس وقوع به ۵ گروه فرکانس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه بندی شده که نمودار ۳ معادل فازی آن را نمایش می دهد. لیست نهایی خطرات به همراه شدت و احتمال اختصاص یافته در جدول ۱ آمده است. محاسبه میزان باورپذیری با توجه به شدت پیامد و فرکانس وقوع نسبت داده شده به هر یک از خطرات و پس از محاسبه فاصله اقلیدسی انجام شد، که خلاصه نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که از بین خطرات شناسایی شده، خطرات انفجار و آتش سوزی توربین گاز و ترکیدگی لوله های بخار فشار بالا بالاترین میزان باورپذیری را داشته (۰/۵۶)، در نتیجه رتبه اول خطرات شناسایی شده را دارا می باشند. همچنین سقوط در تانک ها، مخزن ها و کانال ها با میزان باور پذیری (۰/۲۱)، در رتبه دوم قرار می گیرند. با استفاده از تعریف



نمودار ۲- تعریف مجموعه فازی شدت پیامد



نمودار ۳- تعریف مجموعه فازی فرکانس وقوع



نمودار ۴- ارزیابی ریسک انفجار و آتش سوزی اینکلوزر توربین و ترکیدن لوله های بخار (رتبه اول)

روشی مشابه در سال ۲۰۱۲ به رتبه بندی خطرات شناسایی شده در یک صنعت فرایندی پرداخته است. شناسایی خطرات با استفاده از نظر کارشناسان و تجزیه و تحلیل ریسک با رویکرد فازی و با محاسبه درجه باور پذیری مفاهیم انجام شده است. نتایج حاصله نشان می دهد از میان ۷ خطر شناسایی شده، برخورد اشیا و قطعات با سطوح خطر ناک رتبه اول و بلند کردن بار در رتبه دوم اهمیت ریسک قرار دارند [۷].

در بسیاری از مطالعات از جمله مطالعه آن در سال ۲۰۰۴ با عنوان ارزیابی خطرات در راه آهن با رویکرد فازی و تحلیل سلسله مراتبی فازی [۲۰] و مطالعه لی یو در سال ۲۰۰۵ با عنوان مهندسی ایمنی سیستم ها - تجزیه و تحلیل با استفاده از قوانین فازی [۲۵] و مطالعه دوراموس در سال ۲۰۰۷ با عنوان ارائه یک روش برای

جدول ۳- متغیرهای کلامی فرکانس وقوع

متغیر کلامی فرکانس	مقیاس اعداد فازی
فرکانس وقوع خیلی کم	(۰،۰،۰/۲)
فرکانس وقوع کم	(۰/۱،۰/۲،۰/۳)
فرکانس وقوع متوسط	(۰/۳،۰/۵،۰/۷)
فرکانس وقوع زیاد	(۰/۷،۰/۸،۰/۹)
فرکانس وقوع خیلی زیاد	(۰/۸،۰/۹)

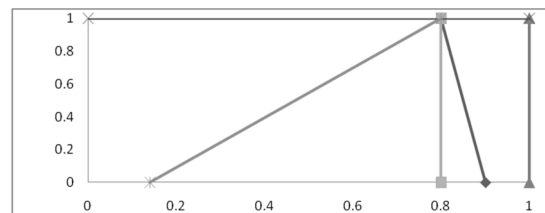
جدول ۴- خلاصه نتایج محاسبات باور پذیری

ردیف خطرات	فاصله اقلیدسی	میزان باور پذیری
۱	(۰/۸ و ۰/۹ و ۰/۱ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰
۲	(۰/۱ و ۰/۲ و ۰/۳ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰/۵۶
۳	(۰/۷ و ۰/۸ و ۰/۹ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰
۴	(۰/۸ و ۰/۹ و ۰/۱ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰
۵	(۰/۷ و ۰/۸ و ۰/۹ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰
۶	(۰/۸ و ۰/۹ و ۰/۱ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰
۷	(۰/۱ و ۰/۲ و ۰/۳ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰/۵۶
۸	(۰/۸ و ۰/۹ و ۰/۱ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰
۹	(۰/۷ و ۰/۸ و ۰/۹ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰
۱۰	(۰/۲ و ۰/۳ و ۰/۴ و ۰/۵ و ۰/۰)	۰/۲۱
۱۱	(۰/۷ و ۰/۸ و ۰/۹ و ۰/۴ و ۰/۰)	۰

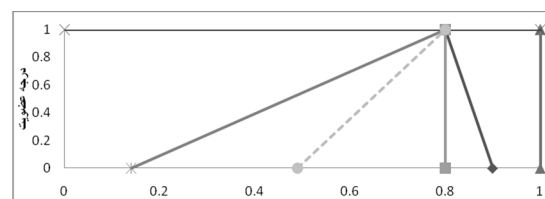
دوم قرار می گیرد. جوزی در سال ۱۳۹۱ در مطالعه ای مشابه، به شناسایی خطرات با پرسشنامه ای به روش دلفی و تجزیه و جهت تحلیل ریسک های شناسایی شده با استفاده از روش های تصمیم گیری چند معیاره از جمله TOPSIS و AHP و جهت تحلیل داده ها از نرم افزار EXPERT CHOICE پرداخته است. نتایج بدست آمده از مطالعه مذکور حاکی از آن است که آتش سوزی و انفجار، مهمترین ریسک ایمنی شناسایی شده می باشند [۱۵] که با نتایج مطالعه حاضر هم خوانی دارد. جوزی در پژوهشی دیگر، در خصوص شناسایی و اولویت بندی ریسک ها و آثار ناشی از نیروگاه گازی آبادان در فاز بهره برداری، با استفاده از پرسشنامه خبرگان و روش TOPSIS، نشان داد خطر احتراق هنگام راه اندازی واحد با سوخت گاز و احتراق در مخازن سوخت بالاترین اولویت را دارا می باشد که این نتایج نیز با مطالعه اخیر هم خوانی دارد [۲۴]. همچنین تادیک در پژوهشی با

تا زمان انجام مطالعه حاضر، مطالعات مختلفی در سطح کشور در زمینه ارزیابی خطرات ایمنی با استفاده از منطق فازی انجام شده است. اما اکثر این مطالعات، در پروژه های سد سازی، تونل یا احداث نیروگاهها انجام شده است [۱۷، ۱۸]. در سطح جهان نیز مطالعات انجام شده بیشتر در نیروگاههای هسته ای یا حرارتی بوده که نوع روش رتبه بندی که در اکثر این مطالعات همانند مطالعات داخل کشور، رویکرد AHP یا ماتریس ارزیابی ریسک بوده است [۳۰، ۳۱]. مطالعه حاضر به عنوان اولین مطالعه انجام شده در سطح کشور با استفاده از منطق فازی و رویکرد باور پذیری مفاهیم در نیروگاههای سیکل ترکیبی می باشد که با وجود استفاده از متغیرهای ذهنی، کیفی و کلامی، برای سنجش متغیرها از شیوه های قطعی و اعداد ریاضی استفاده گردید. لذا مطالعه حاضر حائز اهمیت بوده و می تواند رویکردی مناسب و دقیق جهت رفع کمبودهای تکنیکی در این بخش می باشد. به طور کلی می توان گفت که استفاده از مفاهیم فازی در زمینه ایمنی، به دلایلی چون قابلیت این روش در مدنظر قرار دادن مبادلات بین متغیرها، امکان استفاده از متغیرهای زبانی و نظرات کیفی کارشناسان و تبدیل آنها به متغیرهای کمی و کاهش عدم اطمینان و ابهام در برنامه ریزی های ایمنی، می تواند در ارزیابی های ایمنی در محیط های صنعتی مفید واقع شود.

از جمله محدودیت های مطالعه حاضر عدم امکان در نظر گرفتن پارامترهای موثر بر شدت و فرکانس وقوع خطرات است. همچنین پارامترهای دیگری از جمله هزینه نیز در رتبه بندی ریسک موثر است که در محاسبات این مطالعه دخالت داده نشده است. بنابراین در تحقیقات آتی می توان از روش هایی که سایر پارامترهای موثر بر خطرات را در نظر می گیرند استفاده نمود. همچنین مقایسه نتایج حاصل از روش های کمی و کیفی ارزیابی ریسک نیز پیشنهاد می شود. با توجه به پیچیدگی محاسبات رویکرد باورپذیری در منطق فازی، ایجاد نرم افزاری جهت سهولت انجام کار و کاهش خطای انسانی می تواند موثر واقع شود.



نمودار ۵- ارزیابی ریسک سقوط در تانک ها و مخازن و کانال (رتبه دوم)



نمودار ۶- ارزیابی ریسک کلی اولویت های اول و دوم

رتبه بندی خطرات ایمنی دریایی با استفاده از منطق فازی [۱۹]، نتایج حاصل از ارزیابی ریسک خطرات به صورت طبقه بندی در سطوح ریسک ارائه شده است که با روش استفاده شده در پژوهش حاضر متفاوت است. در پژوهش حاضر مفهوم باورپذیری، جهت تعیین میزان اعتقاد به ریسک های شناسایی شده و در نتیجه اولویت بندی آنها، به کار برده شده است. هر چند می توان دریافت، برخی خطرات، بدون فازی کردن هم در رتبه های بالا قرار می گیرند، اما در تحقیق حاضر، از این مفهوم که آیا ریسک خطرات موجود، باور پذیر می باشد و میزان باور آنها چقدر است، جهت رتبه بندی ریسک استفاده شده است. همچنین برای تعیین میزان باور و اعتقاد نسبت به خطرات، از منطق فازی، برای کمی نمودن داده ها و قابل فهم تر شدن موضوع استفاده شده است. در این پژوهش جهت تعیین باورپذیری، با استفاده از کمترین و بیشترین عدد فازی موجود در هر گستره، فاصله اقلیدسی و میزان باورپذیری (معادلات ۲۳ و ۲۴) محاسبه گردید [۲۳ و ۲۴]. اساس رتبه بندی ریسک ها در رویکرد باورپذیری منطق فازی، نتایج حاصل از محاسبات میزان باور و اعتقاد به ریسک های شناسایی شده می باشد [۲۹-۲۶]. خوشبختانه در این مطالعه مقدار ریسک واقعی، موید و منطبق بر نتایج حاصل از میزان باور پذیری می باشد.

13. Pokoradi L. Safety and reliability systems. Journal of Konbin 2010; 2-3(14,15): 187-196.

14. Binaghi E, Madella P. Fuzzy Dempster-Shafer reasoning for rule-based classifiers. International Journal of Intelligent Systems 1999; 14: 559-583.

15. Jozi S A, Al Sadat A. Health-safety and environmental risk assessment of power plants using multi criteria decision making method. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly 2011; 17(4): 437-449.

16. Avestakhan M, Mofidi A, Meshkati M. Safety assessment in production environments using Fuzzy method. Health and Safety work 2012; 1: 63-74. (Persian)

17. Zegordi H, Rezaee E, Nazari A, Honari F. Project risk responses selection using a multi-objective optimization model and Fuzzy prioritization approach (Case Study: Combined Cycle Power Plant of Abadan). Knowledge and technology 2012; (5):1-36. (Persian)

18. Sayadi A, Hayati M, Montazeji M. Evaluation, ranking and clustering operational tunneling barrier risk and power Plants Seimareh by method ELECTRE. Mining Engineering 2010; 6(11): 57-69 (Persian).

19. Dourmas N, Nikitakos V, Lambrou MA. Methodology for rating and ranking hazards in maritime formal safety assessment using fuzzy logic 2008; 1: 43-51.

20. An M, Huang S, Baker CJ. Railway risk assessment - the fuzzy reasoning approach and fuzzy analytic hierarchy process approaches: a case study of shunting at Waterloo depot. Rail and Rapid Transit 2007; 221: 365-386.

21. Taheri M. An Introduction to Fuzzy Set Theory. 138(1th ed). Mashhad: vaziri 1996. p 17. (Persian)

22. A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide). 4th ed. Maryland; Project Management Institute 2008. P63.

23. Petrovic R, Petrovic D. Multicriteria ranking of inventory replenishment policies in the presence of uncertainty in customer demand. International Journal of Production Economics 2001; 71(1-3): 439-446.

24. Jozi S A, Safarian SH. risk analysis of environmental gas stations Abadan by TOPSIS method. 2010; of the environment 2011; 37(58): 50-66. (Persian)

25. Liu J, Yang J B, Wang J, Sii H S. Engineering system safety analysis and synthesis using the fuzzy rule-based evidential reasoning approach. Quality and Reliability Engineering International 2005;21: 387-411.

26. Cornelis C, Deschrijver G, Kerre E. Implication

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند از مدیریت و کارشناسان واحد HSE نیروگاه سیکل ترکیبی مورد مطالعه که در راستای این پژوهش مشارکت داشته اند، سپاسگزاری نماید.

منابع

1. Zegordi H, Rezaee E, Nazari A, Honari F. Provide a model for risk reduction in power plant project based multi- objective optimization approach and fuzzy analytic hierarchy process. Energy Economics Studies 2011; 31: 161-195 (Persian).

2. Arzande A. Risk assessment in chemical industry. 1th ed. Tehran: Fanavaran; 2009. P 11. (Persian)

3. Pokoradi L. Fuzzy logic-based risk assessment. Security 2002; 1(1): 63-73.

4. Wang J, Ruston T. Professional Safety. Journal of American Society of Safety Engineers 1997; 42(1): 23-29.

5. Chia ES. Risk assessment framework for project management. In: Proceedings of the Engineering Management Conference, IEEE International. 2006. 376-379.

6. Lee E, Park Y, Shin JG. Large engineering project risk management using a Bayesian belief network. Expert Systems with Applications 2009; 36: 5880-5887.

7. Tadic D, Djapan M, Misita M, Stefanovic M, Milanovic D. A fuzzy model for assessing risk of occupational safety in the processing industry. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics 2012; 18(2): 115-126.

8. Fazel Zarandi MH, Turksen IB. Supply Chain: Crisp and Fuzzy Aspect. Int. J. Appl. Math. Comput. Sci 2002; 12(3): 423-435.

9. Kaur P, Chakraborty S. A new approach to vendor selection problem with impact factor as an indirect measure of quality. Journal of Modern Mathematics and Statistics 2007; 1(1): 8-14.

10. Zadeh LA. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy Sets and Systems 1978; 1(1): 3-28.

11. Zadeh LA. Fuzzy sets. Information and Control 1965; (8): 338-353.

12. Wang LX. A course in fuzzy systems and control. 2th ed. Prentice-Hall; 1997: P424.



in intuitionistic fuzzy and interval-valued fuzzy set theory: construction, classification, application. International Journal of Approximate Reasoning 2004; 35(1): 55–95.

27. Klir GJ, Folger TA. Fuzzy sets, uncertainty and information. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall; 1988.

28. Zimmermann HJ. Fuzzy set theory and its applications. Boston, MA, USA: Kluwer Nijhoff; 1996.

29. Bass SM, Kwakernaak H. Rating and ranking of multiple-aspect alternatives using fuzzy sets. Automatica 1977; 13(1): 47–58.

30. Sar A, Guimara F, Marcelo C, Lapa F. Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems. Applied Soft Computing 2005; 30: 1-12.

31. Lidong D, Dongxiao N, Haitao L, Bingen K. Risk assessment of thermal power plant project based on fuzzy analytic hierarchy process in the early operation. Iwcse 2009; 1: 473-477.

Assessment and risks ranking in a combined cycle power plant using degree of Belief approach in fuzzy logic

GA. Shirali¹, T. Askaripoor², E. Kazemi³, E. Zohoorian Azad⁴, M. Marzban⁵

Received: 2013/12/22

Revised: 2014/06/22

Accepted: 2014/09/17

Abstract

Background and aims: Power plants are the most important infrastructure for economic development with technological advances and sophisticated technology, are subject to risks and accidents. Despite of uncertainty and ambiguity, offering the solution that can combine the information to identify hazards, assess and rank risks can potentially be effective to control and reduce occupational accidents. This survey targeted to identify and assess hazards, determine and rank the effective safety risks in a combined cycle power plant.

Methods: To identify hazard following the documentation review, interviews with experts, brainstorming sessions, knowledge and experience group of experts in occupational health and safety engineering were used. Risk analysis was performed using fuzzy classification for severity and frequency by previous studies and expert opinion. Finally the risks were ranked based on degree of Belief approach in fuzzy logic.

Results: In the present study, among the 11 cases of identified hazards, explosion and fire gas turbines and bust steam pipes under pressure, with the degree of belief 0.56, ranked in the first place and fell in tanks reservoirs and canals with degree of belief 0.21 had the second place.

Conclusion: So far, few risk assessment tools and techniques have been proposed in power plants. In this study, despite of using subjective and qualitative variables, for measuring these variables the absolute numbers and mathematical methods were used. Therefore, this study is important and can be suitable and accurate approach to address the technical deficiencies in this section.

Keywords: Power plant, Risk assessment, Fuzzy logic, Ranking, Degree of belief.

1. Assistance Professor, Occupational Health Eng Dept, Faculty of Health, Jondishapour University of Medical Science, Ahwaz, Iran.

2. Instructor, Occupational Health Eng Dept, Faculty of Health, Semnan University of Medical Sciences, Damghan, Iran.

3. (**Corresponding author**) MS student in Occupational health Eng, Faculty of Health, Jondishapour University of Medical Science, Ahwaz, Iran. kazemi187@yahoo.com

4. Assistance Professor, School of Mathematics and Computer Sciences, Damghan University, Damghan, Iran.

5. MS student in Chemical Engineering, Islamic Azad University of Shahrood, Iran.