



## استفاده از تکنیک های چند معیاره برای رفع تردید در تصمیم گیری و انتخاب اولویت کنترلی در صنایع نیروگاهی

الهه کاظمی<sup>۱</sup>، طالب عسکری پور<sup>۲</sup>، مصطفی مرزبان<sup>۳\*</sup>

### چکیده

مقدمه: در کشورهای در حال توسعه تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره، از جمله راه های مهم در جهت غلبه بر محدودیت های موجود مالی، اطلاعاتی و انسانی، رفع تضاد و تناقض در انتخاب راه حل جهت افزایش سطح ایمنی و بهبود بهره وری می باشد. هدف از این مطالعه تعیین و مقایسه ریسک محاسبه شده توسط دو روش تصمیم گیری چند معیاره، شامل معیار باورپذیری مفاهیم منطق فازی و تاپسیس برای رفع تردید در انتخاب الویت های کنترلی می باشد.

روش بررسی: ابتدا جهت شناسایی خطرات، از دانش و تجربه گروهی از کارشناسان مهندسی ایمنی و بهداشت حرفه ای، مرور مستندات، مصاحبه با متخصصین و برگزاری جلسات طوفان فکری، استفاده شد. سپس، ریسک واقعی خطرات شناسایی شده با استفاده از روش تاپسیس و معیار باورپذیری منطق فازی تعیین شد.

یافته ها: طبق روش تاپسیس، خطر سقوط در تانک ها، مخازن و کانال ها، با نزدیکی نسبی ۰/۷۴۳۹ در رتبه اول و خطرات انفجار و آتش سوزی توربین گاز و ترکیب لوله های بخار فشار بالا با نزدیکی نسبی ۰/۵۷۶۹، در رتبه دوم قرار می گیرند. همچنین در روش فازی خطر انفجار و آتش سوزی توربین گاز و ترکیب لوله های بخار فشار بالا، میزان باورپذیری ۰/۶، در رتبه اول و سقوط در تانک ها، مخزن ها و کانال ها با میزان باورپذیری ۰/۲، در رتبه دوم قرار می گیرند. نتایج گویای همبستگی و تطابق دو روش، در تعیین ریسک خطرات ایمنی می باشد.

نتیجه گیری: استفاده از روش های منطقی و ریاضی، می تواند موجب مدیریت منابع محدود و اتخاذ مناسب ترین راهکارهای کنترلی شود.

کلید واژه ها: تاپسیس، منطق فازی، نیروگاه، معیار باورپذیری

### مقاله پژوهشی



تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۵

### ارجاع:

کاظمی الهه، عسکری پور طالب، مصطفی مرزبان. استفاده از تکنیک های چند معیاره برای رفع تردید در تصمیم گیری و انتخاب اولویت کنترلی در صنایع نیروگاهی. بهداشت کار و ارتقاء سلامت ۱۳۹۷؛ ۲(۱): ۲۱-۳۱.

<sup>۱</sup> گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران  
<sup>۲</sup> گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران  
<sup>۳\*</sup> ارشد مهندسی شیمی (محیط زیست)، شرکت مدیریت تولید برق دماوند، تهران، ایران  
(نویسنده مسئول: m.marzban1985@gmail.com)

## مقدمه

نیروگاه‌ها یکی از مهمترین زیرساخت‌های اساسی هر کشور می‌باشد که سهم عمده‌ای در افزایش سطح رفاه به خود اختصاص داده اند (۱-۲). توسعه تکنولوژی، پیچیدگی فرایند، ملاحظات اقتصادی و اجتماعی موجود در کشورهای در حال توسعه و نیاز به دامنه وسیعی از اطلاعات سیاسی و علمی، تصمیم گیری واقعی و صحیح در خصوص تعیین اولویت کنترلی مخاطرات ایمنی را به یک چالش اساسی تبدیل کرده است (۳-۴-۵). نتیجه عدم تعیین درست اولویت کنترلی مخاطرات ایمنی می‌تواند به وقوع حوادث منجر شود. حوادثی که پیامد آن، مانند گذشته کوچک و قابل تحمل نبوده، ممکن است ادامه حیات سیستم را با مخاطره مواجه سازد.

برای یک تصمیم گیری واقعی نیاز به در نظر گرفتن چندین راه حل و معیار است که پیچیدگی و ویژگی های متعدد سیستم در آن لحاظ شده باشد. به عبارت دیگر تصمیم گیری با استفاده از یک معیار نمی‌تواند نتایج دقیقی را ارائه دهد. همچنین انتخاب یک گزینه بر اساس چند هدف اغلب مشکل بوده و نیازمند برقراری تعادل میان معیارهای این تصمیم گیری است. با توجه به اینکه پیچیدگی معیارهای تصمیم گیری در محیط‌های پویای صنعتی و اتفاق نظر تصمیم‌گیران و تضاد و تناقض منافع از مهمترین معضلات در تصمیم‌گیری‌های گروهی است (۶-۷). لذا استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره با حضور معیارهای متعدد یا با اهداف گوناگون بسیار مفید بوده، امکان بررسی تاثیر همزمان چندین معیار را در انتخاب هدف نهایی را فراهم می‌آورد (۸-۹).

تکنیک‌های تصمیم گیری چند معیاره (MCDM) روش‌هایی قدرتمند و مناسب برای تسهیل در تصمیم گیری و رتبه بندی با تبدیل مفاهیم کلامی به ریاضی می‌باشد. این تکنیک‌ها بر پایه محاسبات ریاضی و ذهنی استوار است که می‌تواند در تعیین قضاوت صحیح بر اساس نیازهای تصمیم‌گیران بسیار موثر بوده و به عنوان روشی برای غلبه بر عدم قطعیت‌ها شناخته شده‌اند (۱۰-۱۱-۱۲-۱۳). روش ترجیح بر اساس

مشابهت به راه حل ایده‌آل (TOPSIS) از جمله این تکنیک‌ها می‌باشد که به دلیل انتخاب راه حل ایده‌آل و تعیین گزینه‌ای که کوتاهترین فاصله را تا راه حل ایده‌آل مثبت و بیشترین فاصله را با راه حل ایده‌آل منفی داشته باشد بسیار مورد تایید می‌باشد (۱۴-۱۵). از طرفی دیگر منطق فازی یک ابزار جدید ریاضی بر پایه عدم اطمینان از دنیای واقعی و تفکر انسانی و یک روش برای ارزیابی ریسک می‌باشد. همچنین تئوری باورپذیری مفاهیم منطق فازی یکی از تئوری‌های مبحث احتمالات است که می‌تواند متغیرهای ذهنی، کیفی و کلامی را به وسیله شیوه‌های قطعی و اعداد ریاضی مورد سنجش قرار دهد که می‌تواند در رتبه بندی ریسک خطرات ایمنی به صورت موثری مورد استفاده قرار گیرد (۸-۱۶).

تاکنون مطالعات مختلفی با استفاده از روش‌های Multiple Criteria Decision Making (MCDM) جهت تصمیم گیری و تعیین اولویت مخاطرات زیست محیطی، ایمنی، اقتصادی، نوع سوخت مورد استفاده یا مکان یابی احداث در صنایع نیروگاهی انجام شده است (۲-۹-۱۷). ولی تاکنون پژوهشی که از روش تاپسیس و باورپذیری مفاهیم منطق فازی برای رتبه‌بندی ریسک خطرات به صورت توأم جهت مقابله با عدم قطعیت در تصمیم گیری استفاده نماید، انجام نشده است. لذا این مطالعه می‌تواند جهت تعیین اولویت با اطلاعات چندگانه بسیار حائز اهمیت بوده و رویکرد مناسبی جهت پشتیبانی از تصمیم گیری‌ها ارائه نماید. هدف اصلی از این پژوهش استفاده از تکنیک‌های چند معیاره منطق فازی (TOPSIS) برای مقابله با عدم قطعیت‌ها و رفع تردید در تصمیم گیری و انتخاب اولویت کنترلی مخاطرات ایمنی شناسایی شده در صنایع نیروگاهی می‌باشد.

## روش بررسی

این پژوهش به صورت توصیفی تحلیلی با تمرکز بر ارزیابی خطرات و رتبه بندی ریسک‌های شناسایی شده موجود در چهار نیروگاه (سیکل ترکیبی و حرارتی) واقع در شرق و شمال شرق



کشور با استفاده از دو روش روش تاپسیس و تئوری باورپذیری مفاهیم منطق فازی با تابع عضویت مثلثاتی انجام شده است.

### ۱-شناسایی خطرات

به منظور شناسایی مخاطرات ایمنی در صنایع باید یک بانک اطلاعاتی جامع از فرکانس، علل وقوع و تأثیرات هر یک از خطرات بر بخش های مختلف تهیه گردد. در این پژوهش برای شناسایی خطرات ایمنی موجود در نیروگاه های مورد مطالعه، از روش های مرور مستندات، شامل آئین نامه ها و دستورالعمل های ایمنی، گزارش حوادث و آمارهای گذشته و همچنین قضاوت خبرگان (کارشناسان و متخصصینی که تجربه های مشابه دارند) استفاده گردید (۱۸).

### ۲- تجزیه و تحلیل و رتبه بندی ریسک

تجزیه و تحلیل خطرات به دو صورت کیفی و کمی انجام می شود. در تحلیل کمی از روش هایی 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 می شود. تحلیل کیفی خطرات معمولاً شامل ارزیابی احتمال، تأثیر و ماتریس احتمال - تأثیر است. تجزیه و تحلیل ریسک، فرآیندی است که به وسیله آن احتمال وقوع و میزان تأثیر خطرات بر اهداف شناسایی می شود. فرکانس وقوع، درجه

احتمال وقوع خطر شناسایی شده را در آینده نشان می دهد و صدمه و زیان ناشی از خطرات نیز به عنوان پیامد آن محسوب می شوند که با واژه ها و متغیرهای زبانی بر اساس دانش و تجربه کارشناسان توصیف می شوند. هدف اصلی از رتبه بندی، تعیین بالاترین رتبه خطرات جهت دستیابی به مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی کارآمدتر و افزایش ایمنی در زمان کوتاهتر، با تلاش و هزینه کمتر می باشد. در این پژوهش رتبه بندی خطرات شناسایی شده با استفاده از روش های تاپسیس و منطق فازی برای پشتیبانی از تصمیم گیری و مقابله با عدم قطعیت ها در اولویت بندی مخاطرات ایمنی انجام شده است (۱۹-۲۰).

### ۱-۲: روش تاپسیس

تاپسیس یکی از روش های مهم و پرکاربرد در بین روش های تصمیم گیری چند معیاره می باشد که توسط یون و یوانگ ابداع شده است (۶). روش تاپسیس به عنوان یکی از تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره بر این اصل استوار است که گزینه های انتخاب شود که کوتاهترین مسافت را از راه حل ایده ال مثبت و در عین حال دورترین مسافت را از راه حل ایده ال منفی داشته باشد. همچنین این روش با غلبه بر تضاد و تناقض های بین معیارها، ابزاری موثر برای پشتیبانی از اولویت انتخاب شده می باشد. مراحل رتبه بندی مخاطرات شناسایی شده توسط روش تاپسیس به صورت خلاصه در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: مراحل اجرای روش تاپسیس

گام اول: کمی کردن نظرات خبرگان (با استفاده از مقیاس لیکرت)، تشکیل ماتریس تصمیم گیری و بی مقیاس سازی آن می باشد، بی مقیاس سازی با استفاده از معادله ۱ انجام می شود.

رابطه ۱:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$



استفاده قرار گرفته است یک مجموعه فازی پیوسته سه تایی  $(l, m, u)$  است که به صورت معادله ۵ نشان داده می شود. رابطه ۵:

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

جهت رتبه بندی خطرات ابتدا با استفاده از نظرات خبرگان، شدت و فرکانس هر خطر تعیین گردیده، سپس معادل فازی آن مشخص و با استفاده از معادله ۶، فاصله اقلیدسی یا  $Dis(i, refA)$  برای هر خطرات شناسایی شده محاسبه می گردد. رابطه ۶:

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

$C_i$ : اعداد فازی مربوط به متغیرهای کلامی شدت پیامد هریک از خطرات  
 $f_i$ : اعداد فازی مربوط به متغیرهای کلامی فرکانس وقوع هریک از خطرات

در نهایت با استفاده از رابطه ۷، معیار باورپذیری هر یک از خطرات شناسایی شده، محاسبه می شود (۱۷-۲۰-۲۴-۲۵-۲۶-۲۷). رابطه ۷:

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

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

### 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 ۱۰ مورد از مهمترین خطرات موجود در ۴ نیروگاه (سیکل ترکیبی و حرارتی) جهت ارزیابی و رتبه بندی تعیین گردید که در جدول ۱ نمایش داده شده است.

مطابق روش تاپسیس ابتدا خطرات شناسایی شده طبق جدول امتیازدهی لیکرت کمی سازی شده و سپس ماتریس

گام دوم: ماتریس نرمالایز شده با استفاده از معادلات زیر، وزن دهی می شود.

رابطه ۲:

$$v_{ij} = w_i n_i \\ j = 1, 2, \dots, n \\ i = 1, 2, \dots, m$$

گام سوم: در این مرحله راه حل ایده آل مثبت (Positive ideal solution) و منفی (Negative ideal solution)، تعیین شده و میزان فاصله هر گزینه تا ایده آل های مثبت و منفی به دست می آید.

رابطه ۳:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \\ d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m$$

گام چهارم: نزدیکی نسبی  $CL_i$  (Relative closeness to the ideal solution) یک گزینه به راه حل ایده آل تعیین می شود.

رابطه ۴:

$$CL_i = \frac{d_i^-}{(d_i^-) + (d_i^+)}$$

گام پنجم: ریسک ها بر اساس  $CL_i$  رتبه بندی شده و بالاترین امتیاز در بین ریسک های شناسایی شده، مشخص می شود (۶-۲۱).

### ۲-۲: روش فازی

تئوری منطق فازی برای تصمیم گیری در شرایط عدم اطمینان کاربرد دارد (۲۲). منطق فازی به هر عدد که عضو مجموعه مورد نظر باشد، یک درجه عضویت در بازه  $[0, 1]$  (الگوی صفر و یک باینری) اختصاص می دهد. یک تابع عضویت در مجموعه فازی، ممکن است الگوهای متفاوتی مانند تابع عضویت ذوزنقه ای، تابع عضویت مثلثی و تابع عضویت گوسی داشته باشد (۲۳). تابع عضویت مثلثی که در این مطالعه مورد



در این پژوهش 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 پرسشنامه‌ای، شدت و فرکانس هر یک از خطرات شناسایی شده، با قضاوت‌های ارزشی کارشناسان، مورد تحلیل قرار گرفت. در مرحله دوم، با استفاده از نتایج مرحله اول، پرسشنامه‌ای ساختار یافته، تهیه شده و مجدداً نظرات کارشناسان اخذ گردید. با توجه به اینکه همگی کارشناسان در خصوص خطرات صنعت مورد مطالعه صاحب نظر و خبیره بودند، اجماع نظر و توافق بسیار بالا در پاسخ سوالات موضوعات مورد بررسی به دست آمد. پس از تعیین شدت پیامد و فرکانس وقوع مربوط به هر یک از خطرات، محاسبه فاصله اقلیدسی و معیار باورپذیری آن خطر انجام شد، که خلاصه نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است.

تصمیم گیری بی مقیاس گردید. در مرحله بعد ماتریس نرمالایز (بی مقیاس) شده، وزن دهی شده و راه حل ایده آل مثبت و راه حل ایده آل منفی محاسبه گردید. در نهایت میزان فاصله هر گزینه تا ایده آل‌های مثبت و منفی محاسبه گردیده و تعیین بالاترین امتیاز در بین ریسک‌های شناسایی شده بر اساس  $CL_i$  انجام شده است که خلاصه نتایج در جدول ۲ آمده است. نتایج نشان داد که از بین خطرات شناسایی شده، خطر سقوط در تانک‌ها، مخازن و کانال‌ها، با نزدیکی نسبی  $0/7439$  در رتبه اول و خطرات انفجار و آتش سوزی توربین گاز و ترکیدگی لوله های بخار فشار بالا با نزدیکی نسبی  $0/5769$ ، در رتبه دوم قرار می‌گیرند. در ادامه جهت رتبه بندی مجدد خطرات شناسایی شده به روش فازی، ابتدا با استفاده از جداول ۳ و ۴ و قضاوت کارشناسان، شدت و فرکانس وقوع متناسب برای هر یک از خطرات تعیین شد.

جدول ۱: خطرات شناسایی شده در نیروگاه‌های مورد مطالعه

ردیف	خطرات شناسایی شده
۱	انفجار یا آتش سوزی توربین گاز
۲	پاشش سیستم اتوماتیک اطفاء حریق CO2
۳	ترکیدن خط روغن فشار بالا
۴	آرک، آتش سوزی و یا انفجار هنگام تعمیرات
۵	انفجار مخازن سوخت گازوئیل
۶	ترکیدن لوله های بخار فشار بالا در اثر خوردگی یا ضربه به لوله ها
۷	انفجار یا آتش سوزی گاز مایع درون مخزن در اثر نشتی و تماس با حرارت، جرقه یا شعله
۸	خارج شدن یا شکستن پره های موجود در فن های خنک کننده
۹	سقوط در تانک‌ها، مخزن ها و کانال‌ها در اثر باز بودن منهول
۱۰	عدم تخلیه الکتریکی بعد از باز نمودن بریکرها و سکسیونرها

جدول ۲: خلاصه نتایج رتبه بندی ریسک ها بر اساس نزدیکی نسبی (CLi)

ردیف	شدت پیامد	فرکانس وقوع	di+(PIS)	di-(NIS)	CL
۱	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۵۷۶۹
۲	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۳۹۴۴
۳	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۰۰
۴	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۵۴۷۲
۵	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۰	۰/۰۰
۶	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۵۷۶۹
۷	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۲۸۵۵
۸	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۳۹۴۴
۹	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۰۵	۰/۱۴	۰/۷۴۳۹
۱۰	۰/۱۶	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۶	۰/۳۹۴۴



جدول ۳: متغیرهای کلامی شدت پیامد

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

جدول ۴: متغیرهای کلامی فرکانس وقوع

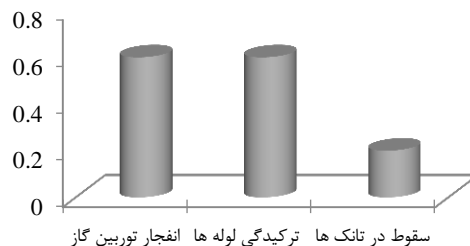
متغیر کلامی فرکانس	مقیاس اعداد فازی
فرکانس وقوع خیلی کم	(۰،۰،۰/۲)
فرکانس وقوع کم	(۰/۱،۰/۲،۰/۳)
فرکانس وقوع متوسط	(۰/۳،۰/۵،۰/۷)
فرکانس وقوع زیاد	(۰/۷،۰/۸،۰/۹)
فرکانس وقوع خیلی زیاد	(۰/۸،۱،۱)

جدول ۵: خلاصه نتایج محاسبات معیار باور پذیری

ردیف	شدت پیامد	فرکانس وقوع	فاصله اقلیدسی	اندازه باور پذیری
۱	زیاد	زیاد	(۰/۴۲ و ۰) و... و (۰/۲ و ۱) و... و (۰/۱ و ۰)	۰/۶
۲	متوسط	کم	(۱/۲ و ۰) و... و (۰/۹۴ و ۱) و... و (۰/۷۳ و ۰)	۰
۳	زیاد	خیلی کم	(۱/۰۴ و ۰) و... و (۰/۹ و ۱) و... و (۰/۸ و ۰)	۰
۴	متوسط	کم	(۱/۲ و ۰) و... و (۰/۹۴ و ۱) و... و (۰/۷۳ و ۰)	۰
۵	زیاد	خیلی کم	(۱/۰۴ و ۰) و... و (۰/۹ و ۱) و... و (۰/۸ و ۰)	۰
۶	زیاد	زیاد	(۰/۴۲ و ۰) و... و (۰/۲ و ۱) و... و (۰/۱ و ۰)	۰/۶
۷	زیاد	خیلی کم	(۱/۰۴ و ۰) و... و (۰/۹ و ۱) و... و (۰/۸ و ۰)	۰
۸	متوسط	کم	(۱/۲ و ۰) و... و (۰/۹۴ و ۱) و... و (۰/۷۳ و ۰)	۰
۹	متوسط	زیاد	(۰/۵۸ و ۰) و... و (۰/۵۴ و ۱) و... و (۰/۲۲ و ۰)	۰/۲
۱۰	متوسط	کم	(۱/۲ و ۰) و... و (۰/۹۴ و ۱) و... و (۰/۷۳ و ۰)	۰

نتایج نشان داد که از بین خطرات شناسایی شده، خطرات انفجار و آتش سوزی توربین گاز و ترکیب لوله های بخار فشار بالا، بالاترین معیار باورپذیری را داشته ۰/۶، در نتیجه رتبه اول خطرات شناسایی شده را دارا می باشند. همچنین سقوط در تانکها، مخازن و کانالها با اندازه باور پذیری ۰/۲، در رتبه دوم

قرار می گیرند. مخاطرات جرقه در محفظه توربین گاز و ترکیدن خط روغن با فشار بالا و انفجار مخازن سوخت گازوئیل، در هر دو روش رتبه ای دریافت نکردند. خلاصه نتایج نهایی در شکل ۲ آمده است.



شکل ۲: نتایج نهایی اولویت بندی خطرات به روش فازی



## بحث

نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان داد که از میان خطرات شناسایی شده در نیروگاه های مورد مطالعه طبق روش تاپسیس، خطر سقوط در تانک ها، مخازن و کانال ها، در رتبه اول و خطرات انفجار و آتش سوزی توربین گاز و ترکیدگی لوله های بخار فشار بالا در رتبه دوم قرار می گیرند. همچنین در روش فازی، خطر انفجار و آتش سوزی توربین گاز و ترکیدگی لوله های بخار فشار بالا در رتبه اول و خطر سقوط در تانک ها، مخازن و کانال ها در رتبه دوم قرار می گیرد که نتایج، گویای همبستگی و تطابق دو روش، در تعیین ریسک خطرات ایمنی در صنایع نیروگاهی می باشد.

بررسی فرایند نیروگاه های مورد مطالعه نشان می دهد، علاوه بر شرایط معمول کاری مانند دما، فشار، افزودن های شیمیایی و گازهای خروجی، که از مهمترین علل ترکیدگی لوله های بخار فشار بالا می باشند، کیفیت فولاد مورد استفاده، طراحی منطقی و مناسب روند تولید، اصول و تکنیک های نصب، راه اندازی، خاموش سازی و تعمیرات، نقش مهمی در افزایش عمر مفید و نگهداری از لوله های بخار دارد. همچنین دید ناکافی کارکنان در شیفت شب، نیاز به جا به جا شدن اپراتور در ارتفاعات مختلف جهت چک کردن گیج ها و کنترل عمق محتویات تانک ها و نیاز به باز و بسته نمودن و لوله های متعدد، موجب افزایش ریسک سقوط در تانک ها، مخازن و کانال ها گردیده است. همچنین بررسی ها نشان می دهد نشتی های متعدد در گاز یا سوخت مورد استفاده و وجود فشار بالا در محفظه توربین گاز، ریسک حریق در توربین را افزایش داده است که عوامل فوق از مهمترین علل بالا بودن میزان ریسک اولویت های تعیین شده در دو روش تاپسیس و فازی می باشد. تا زمان انجام مطالعه حاضر، مطالعات مختلفی در زمینه ارزیابی خطرات ایمنی در صنعت نیروگاهی با استفاده از منطق فازی انجام شده است ولی اکثر این مطالعات در خصوص انتخاب نوع سوخت، جانمایی و احداث نیروگاه ها، ارزیابی ریسک آلاینده های گازی و تعیین اولویت پالایش آن ها و تاثیر این آلاینده ها بر اکوسیستم بوده است (۲-۹-۱۴-۱۵-۱۷).

جوزی در بخشی از پژوهش خود، که با استفاده از پرسشنامه خبرگان و روش TOPSIS انجام شده، نشان داد به طور کلی آتش سوزی، انفجار و احتراق، جزء مهمترین ریسک های شناسایی شده در نیروگاه ها می باشند که نتایج این مطالعه با پژوهش حاضر هم خوانی دارد (۲۸). شیرالی در پژوهشی که در خصوص ارزیابی سطح ریسک حریق در یک نیروگاه حرارتی انجام شد نشان داد، حریق و اثرات ناشی از آن، یکی از مهمترین مخاطراتی است که سلامت کارکنان نیروگاه ها را به مخاطره می اندازد که نتایج این مطالعه نیز با پژوهش حاضر هم خوانی دارد (۲۹).

کاتزیموراتید در پژوهشی با استفاده از روش AHP نشان داد که از میان ده نیروگاه مورد مطالعه، نیروگاه هایی که با منابع انرژی تجدید پذیر فعالیت می کنند بیشترین سهم را در افزایش استاندارد زندگی به خود اختصاص داده اند (۱). نتایج مطالعه القرنی با استفاده از رویکرد تصمیم گیری چند معیاره و معیارهای اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و زیست محیطی، نشان داد که نیروگاه هایی که از انرژی خورشیدی و بادی استفاده می کنند مطلوبترین نوع نیروگاه ها می باشند (۳).

## نتیجه گیری

همبستگی و تطابق نتایج حاصل از دو روش فازی و تاپسیس در مطالعه حاضر نشان می دهد، که تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره با داشتن دقت قابل قبول در محاسبه ریسک مخاطرات ایمنی، می تواند با کاهش عدم قطعیت و ابهامات موجود، به بهبود قابلیت اطمینان و کاهش هزینه های وارده به سیستم های صنعتی در کشورهای در حال توسعه کمک قابل توجهی نماید. همچنین تطابق و یکسان بودن نتایج این دو روش نشان می دهد، می توان از هر یک از این دو روش، به عنوان جایگزین روش دیگر در صنایع نیروگاهی استفاده نمود. همچنین مطالعه حاضر به دلیل اینکه اولین مطالعه انجام شده در سطح کشورهای در حال توسعه با استفاده توأم از رویکرد معیار باورپذیری و روش تاپسیس در نیروگاه ها می باشد، حائز اهمیت بوده و می تواند راهکاری مناسب و دقیق جهت رفع کمبودهای تکنیکی در این بخش باشد.





این پژوهش مشارکت داشته‌اند، سپاسگزاری نماید.

### مشارکت نویسندگان

طراحی پژوهش: ط.ع، ا.ک

جمع‌آوری داده: م.م

تحلیل داده: ط.ع، ا.ک

نگارش و اصلاح مقاله: م.م، ط.ع

### تضاد منافع

هیچ گونه تضاد منافی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

از جمله محدودیت‌های 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 می‌توان از روش‌هایی که سایر پارامترهای مؤثر بر خطرات را در نظر می‌گیرند، استفاده نمود.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از مدیریت و کارشناسان واحد HSE نیروگاه‌های مورد مطالعه که در راستای

### منابع

1. Chatzimouratidis AI, Pilavachi PA. Technological, economic and sustainability evaluation of power plants using the Analytic Hierarchy Process. Energy policy. 2009;37(3): 778-87.
2. Chatzimouratidis AI, Pilavachi PA. Multicriteria evaluation of power plants impact on the living standard using the analytic hierarchy process. Energy Policy. 2008;36(3):1074-89.
3. Al Garni H, Kassem A, Awasthi A, Komljenovic D, Al-Haddad K. A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2016;16: 137-50.
4. Gumus AT. Evaluation of hazardous waste transportation firms by using a two step fuzzy-AHP and TOPSIS methodology. Expert Systems with Applications. 2009; 36(2): 4067-74.
5. Amiri MP. Project selection for oil-fields development by using the AHP and fuzzy TOPSIS methods. Expert Systems with Applications. 2010;37(9):6218-24.
6. Önüt S, Soner S. Transshipment site selection using the AHP and TOPSIS approaches under fuzzy environment. Waste Management. 2008; 28(9): 1552-9.
7. Wu H-Y, Tzeng G-H, Chen Y-H. A fuzzy MCDM approach for evaluating banking performance based on Balanced Scorecard. Expert Systems with Applications. 2009;36(6):10135-47.
8. Pokorádi L. Application of fuzzy set theory for risk assessment. Journal of Konbin. 2010;14:187-96.
9. 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): 439-46.





10. Sun C-C. A performance evaluation model by integrating fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods. *Expert systems with applications*. 2010; 37(12):7745-54.
11. Ertuğrul İ, Karakaşoğlu N. Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*. 2009;36(1): 702-15.
12. Pokoradi L. Fuzzy logic-based risk assessment. *AARMS, Academic and Applied Research in Military Science*. 2002;1(1):63-73.
13. Klir GJ, Folger TA. Fuzzy sets, uncertainty, and information. 1988.
14. Choudhary D, Shankar R. An STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: A case study from India. *Energy*. 2012;42(1):510-21.
15. Pilavachi PA, Stephanidis SD, Pappas VA, Afgan NH. Multi-criteria evaluation of hydrogen and natural gas fuelled power plant technologies. *Applied Thermal Engineering*. 2009;29(11):2228-34.
16. Shirali GA, Askaripoor T, Kazemi E, Zohoorian Azad E, Marzban M. Assessment and risks ranking in a combined cycle power plant using degree of Belief approach in fuzzy logic. *Iran Occupational Health*. 2014;11(5):20-9.
17. Lidong D, Dongxiao N, Haitao L, Bingen K, editors. Risk assessment of thermal power plant project based on fuzzy analytic hierarchy process in the early operation. *Computer Science and Engineering, 2009 WCSE'09 Second International Workshop on: IEEE*; 2009.
18. Indelicato G. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK®guide). Wiley Online Library; 2009.
19. Lee E, Park Y, Shin JG. Large engineering project risk management using a Bayesian belief network. *Expert Systems with Applications*. 2009;36(3):5880-7.
20. Tadic D, Djapan M, Misita M, Stefanovic M, Milanovic DD. A fuzzy model for assessing risk of occupational safety in the processing industry. *International journal of occupational safety and ergonomics*. 2012;18(2):115-26.
21. Yilmaz F, Alp S. Underlying factors of occupational accidents: the case of Turkey. *Open journal of safety science and technology*. 2016;6(01):1.
22. Shahraki A, Moradi M. Risk evaluation in the workplace using fuzzy multi-criteria model. *Iran Occupational Health*. 2013;10(4):43-54.
23. Al-Najjar B, Alsyouf I. Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making. *International journal of production economics*. 2003;84(1):85-100.
24. Georgios DN, Niñitas NV, Maria LA. A methodology for rating and ranking hazards in maritime formal safety assessment using fuzzy logic. *Reliability & Risk Analysis: THEORY & APPLICATIONS*. 2008.





25. An M, Huang S, Baker C. Railway risk assessment-the fuzzy reasoning approach and fuzzy analytic hierarchy process approaches: a case study of shunting at waterloo depot. *Journal of Rail and Rapid Transit*. 2007;221(3):365-83.
26. Liu J, Yang JB, Wang J, Sii HS. Engineering System Safety Analysis and Synthesis Using the Fuzzy Rule-Based Evidential Reasoning Approach. *Quality and Reliability Engineering International*. 2005;21(4):387-411.
27. Cornelis C, Deschrijver G, Kerre EE. Implication in intuitionistic fuzzy and interval-valued fuzzy set theory: construction, classification, application. *International Journal of Approximate Reasoning*. 2004;35(1):55-95.
28. Jozi AS, Pouriye AA. Health-safety and environmental risk assessment of power plants using multi criteria decision making method. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*. 2011;17(4):437-49.
29. Shirali G, Yarahmadi R, Kazemi. Fire risk assessment by Engineering Approach and Applied strategies for fire protection. *IOH*. 2015;12(5):75-82.



## Using Multiple Criteria Techniques to Overcome the Uncertainty in Decision-Making and Selection of Control Priorities in Power Plant Industries

Elahe KAZEMI<sup>1</sup>, Taleb ASKARIPOOR<sup>2</sup>, Mostafa MARZBAN<sup>3\*</sup>

### Original Article



Received: 2017/12/23

Accepted: 2018/02/14

#### Citation:

KAZEMI E,  
ASKARIPOOR T,  
MARZBAN M. Using  
Multiple Criteria  
Techniques to Overcome  
the Uncertainty in  
Decision-Making and  
Selection of Control  
Priorities in Power Plant  
Industries. Occupational  
Hygiene and Health  
Promotion Journal 2018;  
2(1): 21-31.

### Abstract

**Introduction:** In developing countries, multiple criteria decision-making techniques are important ways to overcome financial, human and information restrictions, and the elimination of existing conflicts in the selection of appropriate solutions in order to increase the level of safety and improve productivity. The aim of this study was to determine and compare the risk calculated by the two methods of multi-criteria decision-making including, TOPSIS and measure of belief approach in fuzzy logic concepts to resolve doubts in selection of control priorities.

**Methods:** In order to identify hazards, the documentation review, interviews with experts, brainstorming sessions, knowledge and experience group of experts in occupational health and safety engineering were used. Then, the real risks of identified hazards were determined using TOPSIS and measure of belief approach in fuzzy logic.

**Results:** In the present study, according to TOPSIS, falling in tanks, reservoirs, and canals with the relative closeness 0.7439 ranked in the first place and explosion with the relative closeness 0.5769 had the second place. Furthermore, in the fuzzy method, firing gas turbines and breakage of high pressure steam pipes, with the measure of belief 0.6, ranked in the first place and falling in tanks, reservoirs, and canals with the measure of belief 0.2 had the second place. The results showed that the two methods have solidarity and are matched in determining the risk of safety hazards in industrial power plants.

**Conclusion:** Using logical and mathematical methods, could manage limited resources and adopting the most appropriate control strategies.

**Keywords:** Fuzzy Logic, Measure of Belief, Power Plant, TOPSIS

<sup>1</sup>Department of Occupational Health, School of Public Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

<sup>2</sup>Department of Occupational Health, School of Public Health, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran

<sup>3</sup>Department of Chemical Engineering (Environmental), Damavand Power Generation Management Company, Tehran, Iran

\*(Corresponding Author: m.marzban1985@gmail.com )

