

ارزیابی و مقایسه روش‌های منطق فازی و تحلیل سلسله‌مراتبی در رتبه‌بندی و تحلیل کمی خطرهای ایمنی
مطالعه موردی: یک نیروگاه سیکل ترکیبیطالب عسکری پور^۱، الهه کاظمی^{۲*}، حامد آقایی^۳، مصطفی مرزبان^۳

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، ایران
 ۲. دانشجوی دکترای تخصصی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
 ۳. کارشناس ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، ایران

چکیده

سابقه و هدف: پیشگیری از وقوع حوادث و حفظ سرمایه انسانی به‌عنوان محور اصلی توسعه هر کشور، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. این مطالعه باهدف بهره‌گیری از مناسب‌ترین تکنیک‌های موجود جهت شناسایی خطرات و ارزیابی خطر، در راستای ارتقاء سطح ایمنی، کاهش حوادث و هزینه‌ها و صرفه‌جویی در زمان، انجام شده است.

روش بررسی: در این مطالعه، جهت شناسایی خطرات، از مرور مستندات، مصاحبه با متخصصین، برگزاری جلسات طوفان فکری، دانش و تجربه گروهی از کارشناسان مهندسی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای استفاده شد. در نهایت خطرها بر اساس درجه باورپذیری در منطق فازی و روش تحلیل سلسله‌مراتبی رتبه‌بندی و مقایسه گردید.

یافته‌ها: از ۱۱ مورد خطری که در مطالعه حاضر شناسایی شد، انفجار و آتش‌سوزی توربین گاز و ترکیب‌های لوله‌های بخار تحت‌فشار، رتبه اول و سقوط در تانک‌ها، مخازن و کانال‌ها در رتبه دوم قرار گرفتند. همچنین مشخص شد نتایج حاصل از دو روش مورد استفاده در این پژوهش، باهم دیگر هم‌خوانی داشته و منطبق هستند.

نتیجه‌گیری: استفاده از منطق فازی در کنار روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره از جمله روش تحلیل سلسله‌مراتبی، رویکردی مناسب و مکمل جهت تعیین اولویت‌های کنترلی در سیستم ای ایمنی، فراهم می‌سازد. در واقع زمانی که تصمیم‌گیران در تعیین داده‌های سازگار، اتفاق نظر داشته باشند، استفاده از این دو روش به‌صورت مستقل، نتایج یکسان در رتبه‌بندی خطر در پی خواهد داشت.

واژگان کلیدی: تحلیل سلسله‌مراتبی، منطق فازی، نیروگاه سیکل ترکیبی، ارزیابی خطر، حوادث

مقدمه

از مهم‌ترین علل توسعه روش‌های تجزیه و تحلیل خطر، پیچیدگی شرایط، مشکل بودن ترکیب اطلاعات، وجود عدم قطعیت و عدم اطمینان در تصمیم‌گیری‌ها می‌باشد. تاکنون مطالعات زیادی با روش‌های مختلف در صنایع، جهت اولویت‌بندی خطر انجام شده است (۱ و ۷-۱۱). جعفری در پژوهش خود از روش HAZOP و منطق فازی در برآورد احتمال شکست تحلیل خطر یک پالایشگاه استفاده نموده است (۱۲). خاکپور نیز در مطالعه خود از سیستم استنتاج فازی جهت ارزیابی عملکرد ایمنی استفاده نموده است (۱۳). تدیک نیز با استفاده از مدل فازی، خطر سطوح و اشیاء با لبه تیز و برنده و خطر بلند کردن و حمل بار را رتبه‌های اول و دوم خطرات ایمنی شغلی در صنعت فرایندی گزارش نمود (۱۴).

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۱ یکی از معروف‌ترین و جامع‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندگانه است (۶). از این روش هنگامی که چند گزینه و چند معیار کمی یا کیفی جهت تصمیم‌گیری وجود دارد، استفاده می‌شود. روش منطق فازی نیز که در پژوهش حاضر نیز

امروزه حوادث ناشی از کار، به‌عنوان یکی از عوامل مهم درازدست دادن نیروی انسانی کارآمد و هدر رفت سرمایه و زمان، تهدیدی برای توسعه و پیشرفت هر کشوری محسوب گردد (۱-۳). بر اساس آمارهای موجود، حوادث ناشی از کار سومین عامل مرگ‌ومیر در جهان، دومین عامل مرگ‌ومیر در ایران پس از تصادفات رانندگی و یکی از عوامل خطر مهم بهداشتی، اقتصادی و اجتماعی می‌باشند (۴-۶). حوادث ناشی از کار کاملاً اتفاقی و تصادفی نیستند، لذا می‌توان ضمن پیش‌بینی، مؤثرترین اقدامات را برای کنترل و کاهش آن‌ها به‌کار بست. استفاده از تکنیک‌های مناسب در تجزیه و تحلیل خطرات موجود در صنایع، گام بسیار مهمی در تعیین اقدامات مؤثر در کاهش حوادث، محسوب می‌شود. طی دهه‌های گذشته، برای تجزیه و تحلیل علمی خطرات، روش‌هایی بسیاری گسترش یافته که هر یک از این روش‌ها دارای دیدگاه‌ها، کاربردها و کارایی‌های متفاوتی می‌باشد.

۱. Analytical Hierarchy Process

* نویسنده مسئول مکاتبات: kazemie187@yahoo.com

می‌شود. تحلیل کیفی خطرات معمولاً شامل ارزیابی احتمال، تأثیر و ماتریس احتمال- تأثیر است (۱۵، ۱۸ و ۱۸). در این پژوهش از دو روش کمی تحلیل سلسله‌مراتبی و منطق فازی به‌صورت جداگانه، جهت تجزیه و تحلیل و اولویت‌بندی خطرات شناسایی‌شده استفاده گردید. در آغاز اجرای فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، یک درخت سلسله‌مراتب مناسب که بیان‌کننده مسئله تحت مطالعه است، فراهم می‌شود. در سلسله‌مراتب تصمیم، سطح اول هر درخت بیان‌کننده هدف تصمیم‌گیری، سطح آخر بیان‌کننده گزینه‌هایی است که با همدیگر مقایسه می‌شوند و برای انتخاب در رقابت در یکدیگر هستند و سطح دیگر (میانی) نشان‌دهنده فاکتورهایی است که ملاک مقایسه گزینه‌ها هستند. اساس کار، تعیین فاکتورهایی است که بر اساس آن گزینه‌های رقیب با یکدیگر مقایسه می‌شوند (۱۹). مرحله بعد، تعیین وزن نسبی خطرات انتخابی با مقایسات زوجی، بر اساس معیارهای تعریف‌شده می‌باشد. جهت محاسبه وزن نسبی، چندین روش وجود دارد که در این مطالعه از روش میانگین حسابی استفاده شده است. بعد از محاسبه وزن خطرات، وزن نسبی معیارها نیز مشخص می‌شود. برای این کار نیز معیارها به‌صورت زوجی، بر اساس مقیاس ۹ کمیتی ساعتی، مقایسه می‌شوند. درنهایت با ترکیب وزن نسبی هر خطر با وزن نسبی معیارها، وزن نهایی خطر مشخص می‌شود (۱۵ و ۱۶). مجموعه فازی مجموعه‌ای است متشکل از گروه‌هایی که مرز مشخصی برای عضویت ندارند. در این نظریه کلام‌های مبهم به‌جای 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 این نظریه، انواع عضویت‌ها را می‌توان متناسب با کاربرد موردنظر رسم نمود. باین‌حال دو نوع تابع عضویت که کاربرد فراوانی دارد عبارت‌اند از: تابع عضویت ذوزنقه‌ای^۱ و تابع عضویت مثلثی^۲. تابع عضویت اعداد فازی مثلثی که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، به‌صورت معادله^۱ تعریف می‌شود:

$$\mu(x) = \begin{cases} \frac{x-l}{m-l}, & x \in [l, m] \\ \frac{x-u}{m-u}, & x \in [m, u] \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \text{معادله ۱:}$$

جهت رتبه‌بندی خطرات ابتدا با استفاده از شدت و فرکانس متناسب به هر خطر و معادل فازی آن که با استفاده از معادله^۱ تعیین می‌شود، فاصله اقلیدسی^۳ برای هر خطرات شناسایی‌شده محاسبه گردید (۱۴).

$$\text{dis}(i, \text{ref}A) = \sqrt{(1 - \tilde{c}_i)^2 + (1 - \tilde{f}_i)^2} \quad \text{معادله ۲:}$$

مورد استفاده قرار گرفته، دارای این ویژگی اساسی است که قضاوت را تحت شرایط عدم اطمینان امکان‌پذیر می‌کند. بدین معنی که با توجه به محاسبات، خطری که بالاترین میزان درجه باورپذیری در منطق فازی را داشته، بیشترین خطر و بالاترین رتبه را در میان خطرات شناسایی‌شده خواهد داشت (۱۴). با توجه به اینکه روش تحلیل سلسله‌مراتبی و منطق فازی، روش‌های تصمیم‌گیری در سیستم‌های پیچیده جهت تعیین اولویت‌ها و اندازه‌گیری معیارهای کیفی و کمی می‌باشند (۱۵ و ۱۶) تحقیق حاضر باهدف مقایسه نتایج و کاربرد روش‌های منطق فازی با رویکرد باورپذیری و تحلیل سلسله‌مراتبی، در ارزیابی و اولویت‌بندی خطرهای ایمنی مؤثر و تعیین روشی مناسب، جهت تحلیل کمی خطر در یک نیروگاه سیکل ترکیبی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، ابتدا از میان ۴۰ مورد خطرات شناسایی‌شده، با استفاده از نظرات کارشناسان ۱۱ خطر انتخاب شدند. در مرحله بعد جهت تجزیه و تحلیل خطرات از دو روش تحلیل سلسله‌مراتبی و رویکرد باورپذیری در منطق فازی استفاده شد. در مرحله سوم نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد مقایسه قرار گرفت و میزان تطابق آن‌ها مشخص شد. درنهایت با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده، اولویت‌بندی خطرها جهت مدیریت مؤثر، کاهش حوادث، ارتقای سطح ایمنی و کاهش میزان صدمات وارده به پرسنل انجام شد که مراحل انجام کار به شرح ذیل می‌باشد. ارزیابی خطر از دو بخش شناسایی و تجزیه و تحلیل تشکیل شده است. روش‌های اصلی در شناسایی خطرات شامل طوفان فکری، مرور مستندات، روش دلفی، تحلیل چک لیست‌ها و تحلیل فرضیات می‌باشد. به‌منظور شناسایی خطر باید یک بانک اطلاعاتی جامع از فرکانس، علل وقوع و تأثیرات هر یک از خطرات بر بخش‌های مختلف تهیه گردد. هنگامی که اطلاعات کافی وجود ندارد می‌توان از نظرات خبرگان و مطالعات مشابه پیشین استفاده نمود. در این مطالعه نیز برای شناسایی خطرات علاوه بر مرور مستندات که شامل آئین‌نامه‌ها و دستورالعمل‌های ایمنی، گزارش حوادث گذشته و آمارهای موجود در نیروگاه مورد مطالعه می‌باشد، از قضاوت خبرگان (کارشناسان و متخصصینی که تجربه‌های مشابه دارند) نیز استفاده گردید (۱۲ و ۱۴-۱۷). تجزیه و تحلیل خطر، فرآیندی است که به‌وسیله آن احتمال وقوع و میزان تأثیر خطرات بر اهداف شناسایی می‌شود. 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، شبیه‌سازی، نمودار علت و معلول، نمودار نفوذ، نظریه بازی، نظریه فازی و تحلیل درخت خطا استفاده

۱. Trapezoidal Membership Functions

۲. Triangular Membership Functions

۳. Euclidian Distance

جدول ۲. تعیین اولویت خطرات بر اساس روش تحلیل سلسله‌مراتبی

اولویت‌بندی	وزن نهایی	شماره خطر
۴	۰/۰۴۲	۱
۱	۰/۲	۲
۳	۰/۰۵۶	۳
۴	۰/۰۴۲	۴
۳	۰/۰۵۶	۵
۴	۰/۰۴۲	۶
۱	۰/۲	۷
۴	۰/۰۴۲	۸
۳	۰/۰۵۶	۹
۲	۰/۱۸	۱۰
۳	۰/۰۵۶	۱۱

در روش فازی، ابتدا شدت و فرکانس وقوع هر یک از خطرات شناسایی شده، با استفاده از جداول ۳ و ۴ و قضاوت کارشناسان، مشخص شد. مطابق جدول ۳، فرکانس وقوع به چهار گروه فرکانس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد و مطابق جدول ۴، شدت پیامد در سه گروه پیامد کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شد.

جدول ۳. متغیرهای کلامی فرکانس وقوع و معادل فازی آن

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

جدول ۴. متغیرهای کلامی شدت پیامد و معادل فازی آن

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

سپس با استفاده از محاسبات فاصله اقلیدسی، میزان باورپذیری برای هر یک از خطرات تعیین گردید که خلاصه نتایج آن در جدول ۵ آورده شده است. نتایج نشان داد که از بین خطرات شناسایی شده، خطرات انفجار و آتش‌سوزی توربین گاز و ترکیدگی لوله‌های بخار فشار بالا بالاترین میزان باورپذیری را داشته (۰/۵۶)، در نتیجه رتبه اول خطرات شناسایی شده را دارا می‌باشند. همچنین سقوط در تانک‌ها، مخزن‌ها و کانال‌ها با میزان باورپذیری (۰/۲۱)، در رتبه دوم قرار می‌گیرند.

C_i : اعداد فازی مربوط به متغیرهای کلامی شدت پیامد هر یک از خطرات

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

پس از محاسبه فاصله اقلیدسی، با استفاده از معادلات ۲ و ۳ درجه باورپذیری^۱ برای هر یک از خطرات شناسایی شده، محاسبه گردید. معادله نهایی محاسبه درجه باورپذیری مورداستفاده در مطالعه حاضر به شرح ذیل می‌باشد (۲۰).

معادله ۳:

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

یافته‌ها

بر اساس داده‌ها لیستی شامل ۱۱ مورد از خطرات موجود در نیروگاه سیکل ترکیبی جهت ارزیابی و رتبه‌بندی تعیین گردید. لیست خطرات به همراه وزن نسبی محاسبه شده در روش تحلیل سلسله‌مراتبی بر اساس مقایسات زوجی، در جدول ۱ و وزن نهایی خطرات در جدول ۲ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد که خطرات انفجار و آتش‌سوزی اینکلوزر توربین گاز و ترکیدگی لوله‌های بخار فشار بالا و سقوط در تانک‌ها، مخزن‌ها و کانال‌ها با امتیاز خطر ۰/۲ و ۰/۱۸، در رتبه اول و دوم قرار می‌گیرند. همچنین نرخ ناسازگاری ماتریس‌های مورداستفاده در این پژوهش کمتر از یک‌دهم به دست آمد.

جدول ۱. خطرات شناسایی شده در نیروگاه و وزن نسبی محاسبه شده برای هر خطر مطابق روش تحلیل سلسله‌مراتبی

ردیف	خطرات شناسایی شده	وزن نسبی برحسب معیار شدت	وزن نسبی برحسب معیار فرکانس
۱	انفجار محفظه توربین گاز	۰/۱۳	۰/۰۲۴
۲	انفجار یا آتش‌سوزی اینکلوزر توربین گاز	۰/۱۳	۰/۲۲
۳	پاشش سیستم اتوماتیک اطفاء حریق CO ₂	۰/۰۴۳	۰/۰۶
۴	ترکیدن خط روغن با فشار بیش از ۲۲۰ Bar	۰/۱۳	۰/۰۲۴
۵	آرک، آتش‌سوزی و یا انفجار هنگام تعمیرات	۰/۰۴۳	۰/۰۶
۶	آتش‌سوزی یا انفجار مخازن سوخت گازوئیل	۰/۱۳	۰/۰۲۴
۷	ترکیدن لوله‌های بخار فشار بالا در اثر خوردگی یا ضربه به لوله‌ها	۰/۱۳	۰/۲۲
۸	انفجار یا آتش‌سوزی گاز مایع درون مخزن یا خطوط Ignition در اثر نشستی و جرقه	۰/۱۳	۰/۰۲۴
۹	خارج شدن یا شکستن پره‌های موجود در فن‌های خنک‌کننده	۰/۰۴۳	۰/۰۶
۱۰	سقوط در تانک‌ها، مخزن‌ها و کانال‌ها در اثر باز بودن منهول	۰/۰۴۳	۰/۲۲
۱۱	عدم تخلیه الکتریکی در پست فشارقوی بعد از بازنمودن بریکرها و سکسیونرها	۰/۰۴۳	۰/۰۶

سازی ذکر کرد. این موضوع نشان می دهد زمانی که تصمیم گیران در تعیین داده های سازگار، اتفاق نظر داشته باشند، استفاده از این دو روش به صورت مستقل، نتایج یکسان در رتبه بندی در پی خواهد داشت.

نتایج پژوهش طالقانی نشان داد، روش فازی دو معیار با واقعیت مطابقت بیشتری داشته و از همبستگی بیشتری با ترجیح واقعی برخوردار است (۲۱). آسکین در مطالعه ای دیگر در مقایسه نتایج حاصل از دو روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی، ارجحیت روش فازی را در مواجهه با معیارهای کیفی که به وسیله عبارات توصیفی بیان می شود را ذکر نموده است (۲۲). در پژوهش های انجام شده توسط جوزی نیز از بین خطرات شناسایی شده در نیروگاه ها، حریق بالاترین خطر را به خود اختصاص داده است (۲۳ و ۲۴)؛ که نتیجه این دو پژوهش، با نتایج حاصل از هر دو روش مورد استفاده در مطالعه اخیر هم خوانی دارد.

در بسیاری از مطالعات از روش های آماری همچون توزیع فراوانی و آزمون فریدمن جهت شناسایی و رتبه بندی خطرات استفاده شده است (۲۵). ولی روش تحلیل سلسله مراتبی که در پژوهش حاضر مورد استفاده قرار گرفته به دلیل شباهت به فرایند تفکر انسان، روشی مطلوب جهت انتخاب گزینه بهینه است. همچنین روش فازی نیز با انعطاف بیشتر در قضاوت و استفاده از داده های فازی به جای داده های قطعی، دقت در تصمیم گیری را بالا برده و امکان اطمینان به نتایج را افزایش می دهد. استفاده از این دو روش و مقایسه نتایج آن ها از نقاط قوت مطالعه حاضر می باشد. نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از منطق فازی در کنار روش های تصمیم گیری چندمعیاره از جمله تحلیل سلسله مراتبی رویکردی مناسب و مکمل برای تعیین اولویت در تصمیم گیری ها می باشد. از محدودیت های این پژوهش می توان عدم ثبت دقیق آمارها در صنایع جهت شناسایی دقیق خطرات را ذکر کرد. بدیهی است هر چه بررسی خطرات موجود در یک صنعت به طور کامل تر و جامع تر انجام شود، استفاده از روش های علمی و سیستماتیک موجود جهت تعیین اولویت های کنترلی در راستای ارتقاء سطح ایمنی، کاهش حوادث شغلی و مدیریت منابع مالی محدود، مؤثرتر می باشد. همچنین در پژوهش های آتی می توان مقایسه بین نتایج حاصل از سایر روش های کمی ارزیابی خطر و یا بین روش های کمی و کیفی ارزیابی خطر را در دستور کار قرار داد.

جدول ۵. نتایج نهایی محاسبات باورپذیری در منطق فازی

ردیف خطرات	فاصله اقلیدسی	میزان باورپذیری
۱	(۰ و ۱/۰۴) و... (۱ و ۰/۹) و... (۰ و ۰/۸)	۰
۲	(۰ و ۰/۴۲) و... (۱ و ۰/۲) و... (۰ و ۰/۱)	۰/۵۶
۳	(۰ و ۱/۲) و... (۱ و ۰/۹۴) و... (۰ و ۰/۷۳)	۰
۴	(۰ و ۱/۰۴) و... (۱ و ۰/۹) و... (۰ و ۰/۸)	۰
۵	(۰ و ۱/۲) و... (۱ و ۰/۹۴) و... (۰ و ۰/۷۳)	۰
۶	(۰ و ۱/۰۴) و... (۱ و ۰/۹) و... (۰ و ۰/۸)	۰
۷	(۰ و ۰/۴۲) و... (۱ و ۰/۲) و... (۰ و ۰/۱)	۰/۵۶
۸	(۰ و ۱/۰۴) و... (۱ و ۰/۹) و... (۰ و ۰/۸)	۰
۹	(۰ و ۱/۲) و... (۱ و ۰/۹۴) و... (۰ و ۰/۷۳)	۰
۱۰	(۰ و ۰/۵۸) و... (۱ و ۰/۵۴) و... (۰ و ۰/۲۲)	۰/۲۱
۱۱	(۰ و ۱/۲) و... (۱ و ۰/۹۴) و... (۰ و ۰/۷۳)	۰

بحث

تحقیق حاضر باهدف مقایسه نتایج حاصل از دو روش رویکرد باورپذیری در منطق فازی و روش تحلیل سلسله مراتبی، جهت ارزیابی و اولویت بندی خطرهای مؤثر ایمنی و تعیین مناسب ترین روش، جهت تحلیل کمی خطر در یک نیروگاه سیکل ترکیبی اجرا شد. نتایج ارزیابی خطر به روش تحلیل سلسله مراتبی نشان داد خطر انفجار و آتش سوزی اینکلوزر توربین گاز و ترکیبگی لوله های بخار فشار بالا در رتبه اول و سقوط در تانک ها، مخزن ها و کانال ها در رتبه دوم خطرات موجود در نیروگاه مورد مطالعه قرار می گیرند. در روش تحلیل سلسله مراتبی ابتدا باید از نسبت سازگاری مقایسات زوجی اطمینان حاصل نمود. در این مطالعه میزان ناسازگاری مقایسات موجود کمتر از یک دهم (۰/۰۲) به دست آمد. در نتیجه سازگاری پاسخ ها مورد تأیید بوده و می توان به ضرایب اختصاص داده شده در این پژوهش، اطمینان نمود.

نتایج حاصل از روش منطق فازی با رویکرد باورپذیری مفاهیم نیز نشان داد خطر انفجار و آتش سوزی اینکلوزر توربین گاز و ترکیبگی لوله های بخار فشار بالا رتبه اول و سقوط در تانک ها، مخزن ها و کانال ها رتبه دوم را دارا می باشد. این امر نشان می دهد که نتایج حاصل از دو روش مورد استفاده در پژوهش حاضر، بر هم منطبق بوده و مؤید هم می باشند. دلیل این امر را می توان دقت و توافق در اظهار نظر خبرگان و کارشناسان در انجام مقایسات زوجی و فازی

References

1. Dastjerdi E, Mohammadfam I. Comparing the two methods tree error analysis and Trippod Beta with hierarchical analysis of the analysis of the incidents of steel industry. Faculty of Health magazine and Health Research Institute. 2013;10(1): 43-52.

2. Ministry of Health and Medical Education. Epidemiology of External injuries in Islamic republic of Iran. Tehran: Ministry of Health and Medical Education 2005.
3. Wadsworth E, Simpson S, Moss S, Smith A. The Bristol Stress and Health Study: Accidents, minor injuries and cognitive failures at work. *Occupational Medicine*. 2003; 53(6):392-99.
4. Ergor OA, Demiral Y, Piyal YB. A significant outcome of work life: occupational accidents in a developing country, Turkey. *Journal of Occupational Health*. 2003; 45(1):74-80.
5. Flin R, Mearns K, O'Connor P, Bryden R. Measuring safety climate: identifying the common features. *Safety Science*. 2000; 34(1-3): 177-92.
6. Fam IM, Kianfar A, Faridan M. Application of Tripod-Beta Approach and Map-Overlaying Technique to Analyze Occupational Fatal Accidents in a Chemical Industry in Iran. *International journal of occupational hygiene*. 2010;2(1):30-6.
7. Levy B, Wegman D, Halperin W. *Occupational Health: Recognizing and Preventing Work-Related Disease and Injury*. 4, editor. Philadelphia: Lippincott Williams and Williams; 2000.
8. Joyani Y, Raadabadi M, Kavosi Z, Sadeghifar J, Momenei K. Relationship between the occupational accidents and absence from work employees in Shiraz Namazi Hospital. *Payavard Salamat*. 2011;5(3):70-9.
9. Eshagi M, Gholmohamadi R, Rahimi M. prioritise control methods in Hamedan Glass Company using the hierarchical analysis. *Quarterly Journal of health and safety at work* 2013; 3(3): 75-85.
10. Pokoradi L. Fuzzy logic-based risk assessment. *AARMS, Academic and Applied Research in Military Science*. 2002;1(1):63-73.
11. 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: 161-95.
12. Mirza S, Jafari MJ, Omidvari M, Miri Lavasani SMR. The application of Fuzzy logic to determine the failure probability in Fault Tree Risk Analysis. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2014; 2(2): 113-23.
13. Khakpour AR, Samiei Zafarghandi A. Model for safety performance evaluation based on organizational factors affecting safety industries using Fuzzy Inference System. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2015; 3(1): 25-34.
14. adic 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.
15. Godsi poor H. *Issues in multi-criteria decision*. tehran: amir kabir university; 2002.
16. Azar A, Memariani A. AHP: The new technique for group decision-making. *Science and Management*. 1994; 27: 22-33.
17. Indelicato G. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)*. 4, editor.

Maryland: Wiley Online Library; 2008.

18. Lidong D, Dongxiao H, 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; 2009: IEEE.
19. Zebardast E. Application of analytic hierarchy process in urban and regional planning. HONAR-HA-YE-ZIBA. 2002;10:13-22.
20. 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.
21. Taleghani M, Shahroodi K, Sanein F. Comparative than AHP rank purchase preferences. Research magazine in operation and its applications. 2013; 1(32): 81-91.
22. Özdağoğlu A, Özdağoğlu G. Comparison of AHP and fuzzy AHP for the multi-criteria decision making processes with linguistic evaluations. 2007.
23. Jozi S A, Al sadat A. Health-Safety And Environmental Risk Assessment of PowerPlants Using Multi Criteria Decision Making Method. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly. 2011; 17(4): 437-49.
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.
25. Ahadi MR, Pavizian H. Identifying and Prioritization of the Factors in the Use of Child Safety Seats(Case Study of Northen Khorasan Province). Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. 2014; 2(2): 95-102.

Evaluating and Comparison of Fuzzy Logic and Analytical Hierarchy Process in Ranking and Quantitative Safety Risk Analysis (Case Study: A combined cycle power plant)

Askaripoor T¹, Kazemi E^{1*}, Aghaei H², Marzban M³

Background and Objectives: Accidents prevention and protecting of human capital as the main element in the development of any country is important. This study aimed to use the best available techniques for identifying hazards and assessing risks, in lodge to improve safety, bring down accidents and costs and save time.

Materials and Methods: To identify hazards, a documentation review was used, interviews with experts, brainstorming sessions, knowledge and experience group of experts in occupational health and safety engineering were employed. Finally the risks were ranked and compared based on using the degree of Belief approach in Fuzzy logic and Analytical Hierarchy Process methods.

Results: In the present survey, among of the 11 instances of identifying hazards, explosion and fire gas turbines and bust steam pipes under pressure ranked in the first spot and drop down in tanks reservoirs and canals had second place. It was also noted that the effect of the two methods used in this study, are together compatible and consistent.

Conclusion: Using the Fuzzy Logic with Multi Criteria Decision Making techniques such as AHP are providing appropriate and complementary approach to identify priorities in the safety control system. In fact, when the decision-makers agree in determining the adjusted data, using these two independent methods will follow the same results in the risk rating.

Keywords: *Analytical Hierarchy Process, Fuzzy logic, Combined cycle power plant, Risk assessment, Accident*

1. Occupational Health Engineering Deptment, Faculty of Health, Semnan University of Medical Sciences, Iran
2. PhD student in Occupational Health Engineering, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran
3. MS in Chemical Engineering, Islamic Azad University of Shahrood, Iran.