فصلنامه علمی تخصصی طب کار
دوره ۱۲ ، شماره۱، بهار ۱۳۹۹
صفحه: ۳۳-۲۴.

Occupational Medicine Quarterly Journal
Vol. 12 , No.1 , Spring 2020
Pages:24-33

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

تعیین مدل بهینه ارزیابی ریسک در پروژه‌های عمرانی مطالعه موردی پروژه احداث کارخانه فولاد

ساغر سلاجقه[۱]، آفرین اخوان*[۲]، علیرضا حاجی حسینی[۳]

چکیده

مقدمه: بدون تردید شناسایی مخاطرات شغلی و مدیریت ریسک‌های ایمنی و بهداشت، مهم‌ترین مأموریت و مسئولیت نظام مدیریت ایمنی و بهداشت در سازمان‌ها بوده است و اتخاذ برنامه‌های مدون جهت تحقق این مهم، کلید بهبود مستمر این نظام و ارتقای آن می‌باشد.

روش بررسی: این مقاله توصیفی– تحلیلی، به‌منظور تعیین روش بهینه ارزیابی ریسک در پروژه‌های عمرانی به رشته تحریر درآمده است. در این پژوهش با استفاده از مطالعات تحقیقات پیشین و جمع‌آوری نظرات خبرگان و پس‌ازآن با استفاده از ۳ تکنیک پرکاربرد، یک فعالیت مهم در صنعت ساخت فولاد بررسی و ارزیابی ریسک گردید. سپس ماتریس تصمیم بر اساس نقاط قوت و ضعف مدل‌ها تشکیل شد و در انتها اولویت‌بندی این ۳ روش با استفاده از روش تصمیم‌گیری تحلیل سلسله مراتبی صورت پذیرفته است.

نتایج: در این مطالعه ۵ عامل کلیدی، میزان کاربرد در شناسایی خطرات، قابلیت استفاده در مراحل مختلف ارزیابی ریسک، قابلیت راستی آزمایی، سهولت کاربرد و نیاز آموزشی آن و هزینه، به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای انتخاب یک تکنیک ارزیابی ریسک مشخص‌شده و روش FMEA به‌عنوان روش برتر ارزیابی ریسک عنوان گردیده است.

نتیجه‌گیری: روش FMEA با توجه به قابلیت‌هایی که دارد به‌عنوان روش بهینه ارزیابی ریسک پروژه‌های عمرانی معرفی شده است.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی ریسک، پروژه ساختمانی،FMEA، FTA، JSA، AHP

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی ایمنی صنعتی، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران
[۲] دکتری مهندسی صنایع، گروه مهندسی صنایع، دانشگاه علم و هنر، یزد، ایران
[۳] دانشجوی دکتری آلودگی محیط زیست، شرکت برق منطقه‌ای یزد، ایران
* (نویسنده مسئول)؛ تلفن تماس: ۰۳۵-۳۸۲۶۴۰۸۰ ، پست الکترونیک: akhavan@sau.ac.ir
تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۱۷. تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۲۰

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

مقدمه

با افزایش فعالیت‌های صنعتی و گسترش فناوری و افزایش کاربرد ماشین‌آلات، روند بروز حوادث در محیط‌های صنعتی نیز فزونی یافته است. در سیستم‌های سنتی، پس از وقوع حوادث و بروز خسارات جبران‌ناپذیر، اقدام به بررسی علل حوادث می‌گردید و نقایص یک سیستم یا فرآیند تعیین می‌شد، اما امروزه به دلیل وجود انواع مختلف روش‌های شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، قبل از وقوع حوادث می‌توان نقاط حادثه‌خیز و بحرانی را مشخص کرد و نسبت به پیشگیری از وقوع حوادث و کنترل آن‌ها اقدام نمود.

شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک روشی ساختاریافته برای شناسایی و اولویت بندی ریسک‌ها است. کلیه فعالیت‌های واحدهای صنعتی نیازمند الزاماتی است که قصور از هرکدام می‌تواند به بروز پیامدهای ناگواری برای پرسنل، مشتریان داخلی و خارجی، فرآیندها، تولیدات، خدمات، محیط زیست، اعتبار سازمان و سایر دارائی‌ها منجر شود (۱). بدیهی است در پروژه‌های احداث شرکت‌های فولاد به دلیل پیچیدگی فعالیت‌ها، ریسک‌های متعددی وجود دارد که نپرداختن به آنها می‌تواند منجر به حوادث ناخواسته و در مواردی غیر قابل جبران گردد. جهت پیش‌گیری از وقوع حوادث، ابتدا باید علل حوادث را بررسی نمود. ارزیابی ریسک یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل هدفمند خطرات در صنعت است که باید در سطوح و ابعاد مختلف یک فرآیند کاری بررسی گردد.

مهم‌ترین مرحله و بخش در مدیریت ایمنی ارزیابی ریسک می‌باشد. جایی که ریسک هر خطر شناسایی‌شده محاسبه می‌گردد و امکان تشخیص قابل‌قبول یا غیر قابل‌قبول بودن سطح ریسک فراهم می‌گردد (۲). تحلیل ریسک استفاده از اطلاعات موجود به‌صورت سیستماتیک برای تعیین خطرات است درحالی‌که ارزشیابی ریسک شامل تصمیم‌گیری در مورد تحمل‌پذیری خطر با توجه به برخی از معیارها است. کل فرآیند تجزیه و تحلیل ریسک و ارزشیابی ریسک، ارزیابی ریسک نام دارد (۳). تکنیک‌های ارزیابی ریسک با توجه به نوع پارامترهای مورد استفاده، به دودسته کمی و کیفی تقسیم می‌شوند. تکنیک‌هایی که با هدف تعیین درجه ریسک بر اساس روش‌های صرفاً عددی یا آماری استفاده می‌شود، تکنیک‌های کمی هستند. روش‌های استفاده از پارامترهایی که درجه خطر را بر اساس مشاهدات، ارزیابی‌های دسته‌ای یا اندازه‌گیری‌های غیر عددی تعیین می‌کنند، به‌صورت روش‌های کیفی نامیده می‌شوند. برای مثال، اگر پارامتر شدت برای تعیین درجه ریسک استفاده شود، روش مربوطه یک روش کیفی است. ازآنجاکه هیچ واحد سنجشی برای اندازه‌گیری شدت از نظر عددی وجود ندارد (۴).

تکنیک آنالیز تأثیر حالات شکست و خطا (Failure Modes and effective Analysis (FMEA)) یک ابزار نظام‌یافته بر پایه کار گروهی است که در تعریف، شناسایی، ارزیابی، پیشگیری، حذف یا کنترل حالات خطا و اثرات بالقوه آن در یک سیستم، فرایند، طرح یا خدمت به کار گرفته می‌شود. به‌بیان‌دیگر FMEA یک روش تحلیلی در ارزیابی ریسک است که می‌کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌هایی که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و ارزیابی کند. روش FMEA یکی از روش‌های تجربه شده و بسیار مفید برای شناسایی، طبقه‌بندی، تجزیه و تحلیل خرابی‌ها و ارزیابی مخاطرات و ریسک‌های ناشی از آن‌هاست. به کمک این روش می‌توان خرابی‌ها را ریشه‌یابی و از بروز آن‌ها جلوگیری نمود (۵).

تکنیک تجزیه و تحلیل ایمنی شغلی (Job Safety Analysis (JSA)) یکی از روش‌های پیشگیری از حادثه و آنالیز ریسک می‌باشد که دارای سابقه استفاده زیادی می‌باشد و از سال ۱۹۳۰ تاکنون این تکنیک ساده در صنایع مختلف بکار گرفته می‌شود. این تکنیک یکی از ابزارهای مدیریتی جهت شناسایی و کنترل خطرات می‌باشد. JSA عبارت است از بررسی سیستماتیک یک شغل به‌منظور شناسایی خطرات بالقوه آن و تعیین روش کنترلی مناسب JSA، شناسایی خطرات بالقوه و توصیه به امن‌ترین راه برای انجام کار است (۶).

تکنیک آنالیز درخت خطا (Fault Tree Analysis (FTA)) برای تجزیه و تحلیل منطقی خطاهای فرآیند و امکان برآورده‌های احتمالی یک عیب یا حادثه به‌صورت کمی یا کیفی است. این تکنیک برای تجزیه و تحلیل رویدادها، متکی بر یک روش قیاسی، بدین‌صورت که تجزیه و تحلیل از یک رویداد اصلی (کل) شروع شده و علل به‌وجودآورده آن در قالب

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

رویدادهای میانی و پایانی (جزء) شناسایی و تعیین می‌شود. از تکنیک FTA می‌توان در رویدادهای مطلوب یا رویدادهای نامطلوب استفاده نمود. تکنیک FTA یا درخت خطا یکی از قوی‌ترین ابزارهای تجزیه و تحلیل فرآیندها ایمنی سیستم، به‌ویژه در هنگام ارزیابی سیستم‌های بسیار پیچیده و دقیق می‌باشد. آنالیز درخت خطا FTA، نموداری تصویری و متشکل از کلیه علل منطقی است که می‌تواند هر یک به‌تنهایی و یا مجموع منجر به یک حادثه نهایی شود. درخت خطا از نمادهای مختلفی تشکیل شده است که به تحلیل‌گر در نمایش نوع رویدادها و ارتباط آن‌ها با یکدیگر کمک می‌نماید (۷).

امروزه پیچیدگی سازمان‌ها، هزینه‌های بالای عملیات، وسعت تشکیلات سازمانی، لزوم شیوه‌های تصمیم‌گیری مناسب و اخذ تصمیمات مستدل را برای مدیران روشن می‌سازد. آنچه مدیران بیش از هر چیز به آن نیازمندند، ابزاری راحت، مطمئن و علمی برای یاری آنان در انجام تصمیمات است که پیوسته یا گه گاه با آن مواجه می‌شوند. ابزار تصمیم‌گیری Multiple Criteria Decision Making (MCDM) در حال حاضر در علوم مختلف و تصمیم‌گیری‌های استراتژیک سازمان‌ها به‌سرعت در حال پیشرفت بوده و با توجه به داشتن پایگاه علمی مشخص و قابلیت مقایسه در روش‌های گوناگون به‌عنوان روش‌های قابل‌اعتماد و البته موردعلاقه نزد مدیران تصمیم‌گیر تبدیل‌شده‌اند. استفاده از این ابزار در حال حاضر در مباحث HSE و موضوعات مربوط به آن در سازمان‌ها و شرکت‌های دانش بنیان نیز واردشده و اساس تحقیقات و تصمیمات جدید می‌باشد (۲).

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (Analytic Hierarchy Process (AHP)) یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. این تکنیک امکان فرموله کردن مسئله را به‌صورت سلسله مراتبی فراهم می‌آورد و همچنین معیارهای مختلف کمی و کیفی را در نظر گرفته و امکان تحلیل حساسیت روی معیارها و زیرمعیارها را دارد، همچنین بر مبنای مقایسه‌های زوجی بنا شده که قضاوت و محاسبات را تسهیل می‌کند و میزان سازگاری یا ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد. از مزایای ممتاز این روش در تصمیم‌گیری چند معیاره است. با توجه به سلسله مراتبی بودن ارتباط الگوهای ارزیابی ریسک و معیارهای وابسته آن و با توجه به مزیت‌های AHP که در بالا شرح داده شد و همچنین سهولت تصمیم‌گیری با استفاده از این مدل MCDM در این پژوهش نیز جهت اولویت‌بندی گزینه‌ها (متدها) از این روش بهره گرفته‌شده است. در این تحقیق تکنیک‌های FTA، FMEA و JSA مورد مطالعه و مقایسه قرارگرفته‌اند (۲).

Podgórski از AHP برای انتخاب شاخص‌های اصلی عملکرد، ارزیابی عملکرد عملیاتی سیستم ایمنی و بهداشت حرفه‌ای استفاده کرد. معیارهای مورداستفاده در این مطالعه مشخص بودن، قابلیت سنجش، قابلیت دستیابی، معین بودن و زمان محسوب می‌شوند (۸). Joozi و همکاران در ارزیابی خطرهای ایمنی و بهداشتی واحدهای مختلف کارخانه لوله‌سازی اهواز در سال ۸۶ و برای ارزیابی و مدیریت خطر ایمنی، زیست‌محیطی با هدف شناسایی مخاطرات احتمالی کنترل و کاهش سطح ریسک از روش ویلیام-فاین استفاده کرد و نتیجه گرفتند که روش ویلیام فاین روشی مناسب می‌باشد (۹).

یکی از موارد مهم در ارزیابی ریسک تأثیر قضاوت‌های شخصی ارزیاب‌ها در تعیین میزان ریسک است. Xiang و همکاران برای آنالیز و ارزیابی ریسک ایمنی در تونل‌های شناور غوطه‌ور در آب از تکنیک AHP در محیط فازی استفاده کردند و نشان دادند که پس از آنالیز و رتبه‌بندی ریسک‌ها، می‌توان با اندازه‌گیری معین و دقیق تعیین پارامترهای مؤثر بر ریسک، تأثیر قضاوت‌های شخصی ارزیاب هوا را در فرایند ارزیابی ریسک به حداقل رساند و با تعیین عوامل مؤثر برافزایش سطح ریسک و میزان درجه تأثیرگذاری آن به‌صورت هدفمند، سطح ریسک را در تونل‌های شناور غوطه‌ور کاهش داد (۱۰). Zheng و همکاران AHP را برای ارزیابی ایمنی کار در محیط‌های گرم و مرطوب مورداستفاده قرار دادند. عوامل اصلی مورد استفاده در این مطالعه عبارت‌اند از: کار، محیط‌زیست و کارگران، درحالی‌که عوامل فرعی عبارت‌اند از محیط کار، شدت کار و مدت‌زمان کار، درجه حرارت، رطوبت، سرعت جریان هوا و شدت تابش حرارت، آموزش ایمنی و تجهیزات حفاظت شخصی (۱۱).

Wang و همکاران AHP فازی غیرخطی را برای ارزیابی خطر یک معدن زغال‌سنگ تبیین نمودند. عوامل خطر در این مطالعه شامل معیارهای مدیریتی، محیطی،

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

عملیاتی و فردی می‌باشند. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از روش برنامه‌ریزی ترجیحی فازی لگاریتمی استفاده‌شده است (۱۲). Guneri و همکاران AHP فازی را برای انتخاب بهترین روش ارزیابی خطر در عملیات ایمنی شغلی برای شرکت‌های کوچک و متوسط با در نظر گرفتن معیار، کاربرد، هزینه و حساسیت استفاده نمودند (۱۳). Wenkai نیز در سال ۲۰۱۶ از AHP فازی به‌منظور ارزیابی ریسک حمل کالاهای خطرناک در حمل‌ونقل هوایی در کشور تایوان انجام داد و با بازنگری در ماتریس ارزیابی مدلی را بدین منظور مشخص نمود (۱۴). عدم قطعیت بسیاری از پارامترهای موثر بر ریسک یکی از مشکلات در فرایند ارزیابی ریسک است که در سال ۲۰۱۱، Nieto-Morote & Ruz-Vila با استفاده از تکنیک فازی AHP به‌عنوان یک متدولوژی برای ارزیابی ریسک ایمنی در زمانی که پارامترهای مؤثر بر ریسک که دارای شرایط عدم قطعیت می‌باشند، پیشنهاد دادند. آن‌ها در مقاله خود اشاره نمودند که از این الگو می‌توان به‌منظور شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک و ارائه راهکاری جهت کاهش سطح ریسک استفاده نمود (۱۵). Zeng و همکاران در سال ۲۰۰۷ یک رویکرد ارزیابی ریسک برای کنترل ریسک‌ها در فرایندهای ساخت‌وساز پیچیده ارائه نموده است. در حالی از AHP برای اولویت‌بندی عوامل خطر استفاده نمود که روش تصمیم‌گیری مبتنی بر فازی به‌منظور ارزیابی ریسک پروژه‌های ساختمانی بکار گرفته شد (۱۶).

Kokangül (۲۰۱۷) از روش Fine Kinny و AHP برای ارزیابی خطرات در یک شرکت تولیدی بزرگ استفاده نمود. خطرات از طریق AHP اولویت‌بندی شدند و با استفاده از روش Fine Kinny مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج به‌دست‌آمده از این دو روش برای شناسایی فواصل کلاس خطر با استفاده از AHP مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت (۱۷). استفاده از AHP و شبیه‌ساز پویایی برای ارزیابی ایمنی حریق در تونل‌ها با استفاده از مؤلفه‌های مونوکسید کربن، اکسیژن، دما و دیدمستقیم، موضوعی بود که در سال ۲۰۱۰ توسط Fera Macchiaroli & به رشته تحریر درآمد (۱۸). Ilbahar و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای به‌منظور ارزیابی ریسک مخاطرات ایمنی و بهداشتی شغلی در بخش حفاری یارد ساخت در یک مجتمع صنعتی از یک مدل پیشنهادی یکپارچه سه‌بعدی فازی فیثاغورث (PFPRA) استفاده نمودند. این مدل شامل Fine kinney، تحلیل سلسله مراتبی فازی فیثاغورس (PFAHP) و یک سیستم استنتاجی فازی بود. هدف این تحقیق اولویت‌بندی روش‌های ارزیابی ریسک،FMEA، FTA، JSA در پروژه‌های عمرانی است.

روش بررسی

این تحقیق، توصیفی پیمایشی می‌باشد و به لحاظ هدف، کاربردی است که با استفاده از مطالعات کتابخانه ای و میدانی و در سطح پروژه فولاد سازی در فاز ساخت صورت گرفته است. این مطالعه در یک واحد صنعتی فولاد در شهر کرمان انجام‌شده است. نمونه این تحقیق را کارشناسان و مدیران مرتبط با مباحث ایمنی در پروژه‌های در حال احداث و در حال فعالیت صنایع فولاد شهر کرمان تشکیل دادند. در مرحله نخست انجام این پژوهش ابتدا با مطالعه و مرور تحقیقات و مطالعات پیشین مهم‌ترین معیارهای انتخاب یک تکنیک ارزیابی ریسک در قالب ۵ معیار مهم شناسایی گردید. این معیارهاپرتکرارترین معیارهای مورد استفاده بوده و در بسیاری از مجامع علمی پذیرفته می‌باشد.

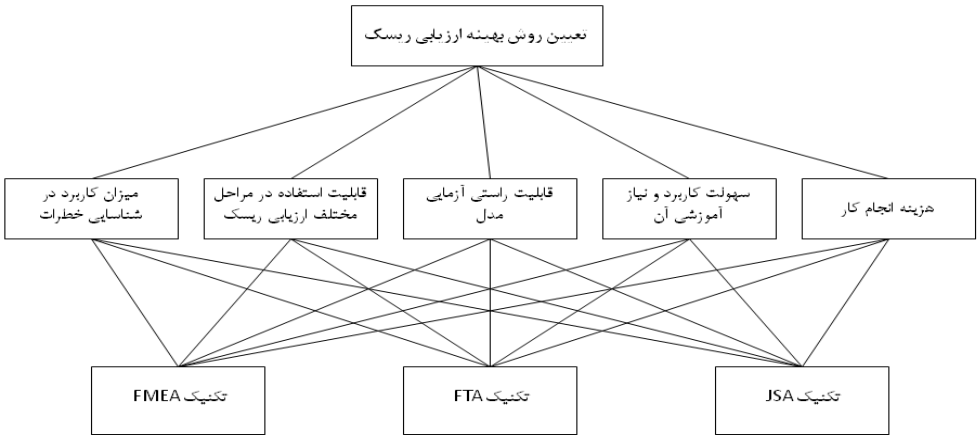
در گام بعدی، یکی از فعالیت‌های مهم در فاز ساخت پروژه ساختمانی فولاد انتخاب و ارزیابی ریسک فعالیت آن را بر اساس ۳ تکنیک FMEA، FTA و JSA انجام شد.

در مرحله سوم با استفاده از نتایج مرحله قبلی ماتریس مقایسات زوجی گزینه‌ها را بر اساس معیارها و نسبت به یکدیگر تشکیل و با استفاده از تکنیک AHP که از تکنیک‌های پرکاربرد تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه می‌باشد، بهترین گزینه و یا در واقع تکنیک بهینه ارزیابی ریسک در صنعت ساخت فولاد انتخاب گردید.

در مرحله آخر نیز راستی آزمایی موضوع و تصمیم‌گیری انجام‌گرفته با استفاده از محاسبه نرخ ناسازگاری انجام‌گرفته است.

شکل ۱ نمایش گرافیکی و درختواره مسئله به‌منظور استفاده در تحلیل سلسله مراتبی را نشان می‌دهد.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020



شکل ۱. نمایش گرافیکی مسئله

محاسبه وزن از طریق میانگین حسابی که از روش‌های تقریبی محاسبه وزن می‌باشد محاسبه می‌گردد.

به‌منظور تعیین نرخ ناسازگاری تصمیم مراحل زیر انجام‌گرفته است (۱۹).

گام ۱. محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسات زوجی در بردار ستونی «وزن نسبی» ضرب می‌شود و بردار جدید، بردار مجموع وزنی نامیده می‌شود.

گام ۲. محاسبه بردار سازگاری: عناصر بردار مجموع وزنی بر بردار اولویت نسبی تقسیم می‌شود. بردار حاصل بردار سازگاری نامیده می‌شود.

گام ۳. بدست آوردن λmax: میانگین عناصر برداری سازگاری λmax را به دست می‌دهد.

گام ۴. محاسبه شاخص سازگاری: شاخص سازگاری به‌صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود:

$$I.I = \frac{\lambda_{max}-n}{n-1} \quad (۱)$$

n عبارت است از تعداد گزینه‌های موجود در مسئله

گام ۵. محاسبه نسبت سازگاری: نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی به دست می‌آید (رابطه ۲).

$$IR = \frac{I.I}{I.I.R} \quad (۲)$$

نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر سازگاری در مقایسات را بیان می‌کند.

نتایج

ابتدا بر اساس مرور ادبیات موضوع، معیارهایی جهت گزینش و انتخاب روش برتر از بین تکنیک‌های ارزیابی ریسک شناسایی شد. این معیارها در اختیار خبرگان و متخصصان مربوطه قرار گرفت و نهایتاً ۵ معیار (میزان کاربرد در شناسایی خطرات (A)؛ قابلیت استفاده در مراحل مختلف ارزیابی ریسک (B)؛ قابلیت راستی آزمایی مدل (C)؛ سهولت کاربرد و نیاز آموزشی آن (D)؛ هزینه انجام کار (E)) جهت سنجش تکنیک‌های ارزیابی ریسک انتخاب و تایید شدند. سپس با استفاده از تکنیک AHP سه روش FMEA، FTA و JSA مورد بررسی قرار گرفتند. ماتریس مقایسات زوجی سه روش ارزیابی ریسک بر اساس هریک از ۵ معیار و نهایتاً ماتریس مقایسات زوجی معیارها نسبت به یکدیگر تشکیل گردید (جداول ۱ تا ۶).

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

جدول ۱. مقایسات زوجی مدل‌های سه‌گانه بر اساس معیار اول

A	FMEA	JSA	FTA
FMEA	۱/۰۰	۱/۰۰	۵
JSA	۱	۱	۸
FTA	۰/۲	۰/۱۲۵	۱

جدول ۲. مقایسات زوجی مدل‌های سه‌گانه بر اساس معیار دوم

B	FMEA	JSA	FTA
FMEA	۱	۱	۵
JSA	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۳۳
FTA	۰/۲	۰/۲	۱

جدول ۳. مقایسات زوجی مدل‌های سه‌گانه بر اساس معیار سوم

C	FMEA	JSA	FTA
FMEA	۱	۴	۳
JSA	۰/۲۵	۱	۰/۵
FTA	۰/۳۳	۲	۱

جدول ۴. مقایسات زوجی مدل‌های سه‌گانه بر اساس معیار چهارم

D	FMEA	JSA	FTA
FMEA	۱	۰/۳۳	۵
JSA	۳	۱	۸
FTA	۰/۲۵	۰/۱۲۵	۱

جدول ۵. مقایسات زوجی مدل‌های سه‌گانه بر اساس معیار پنجم

E	FMEA	JSA	FTA
FMEA	۱	۰/۵	۴
JSA	۲	۱	۶
FTA	۰/۲۵	۰/۱۶۷	۱

جدول ۶. مقایسات زوجی معیارهای پنج‌گانه بر اساس هدف

معیارها	A	B	C	D	E
A	۱	۲	۳	۶	۸
B	۰/۵	۱	۲	۳	۴
C	۰/۳۳	۰/۵	۱	۱	۲
D	۰/۱۶۷	۰/۳۳	۱	۱	۲
E	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۵	۱

در فرایند تحلیل سلسله مراتبی عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر و به‌صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن‌ها محاسبه می‌گردد که به آن وزن نسبی می‌گویند. در گام اول جهت محاسبه وزن نسبی معیارها و گزینه‌ها ابتدا همه ماتریس‌های مقایسات زوجی نرمال شدند که از ذکر این مراحل در این مقاله خودداری شده است. سپس میانگین هر سطر محاسبه شد تا وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به معیارها و معیارها نسبت به هدف به دست آید (جدول ۷).

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

جدول ۷. وزن نسبی گزینه‌ها نسبت به معیارها و معیارها نسبت به هدف

	A	B	C	D	E
FMEA	۰/۴۲۷۴۲۶	۰/۷۲۳۶۱۸	۰/۶۲۳۶۶۹	۰/۲۷۳۰۸	۰/۳۲۳۷۵۶
JSA	۰/۴۹۸۸۰۴	۰/۰۸۳۱۷۳	۰/۱۳۷۳۹۹	۰/۶۵۴۸۶۵	۰/۵۸۶۹۰۶
FTA	۰/۰۷۳۷۲	۰/۱۹۳۲۰۸	۰/۲۳۸۹۳۲	۰/۰۷۲۰۵۴	۰/۰۸۹۳۳۷
معیارها	۰/۴۷۰۷۵۵	۰/۲۴۸۷۱۱	۰/۱۲۳۲	۰/۰۹۹۵۰۴	۰/۰۵۷۸۳

ازآنجاکه وزن معیارها منعکس‌کننده اهمیت آن‌ها در تعیین هدف بوده و وزن هر گزینه نسبت به معیارها سهم آن گزینه در معیار مربوطه می‌باشد؛ وزن نهایی هر گزینه از مجموع حاصل‌ضرب وزن هر معیار در وزن گزینه مربوطه از آن معیار به دست آمد که بیشترین وزن معرف گزینه مناسب‌تر خواهد بود. وزن نهایی گزینه‌ها و معرفی گزینه برتر در جدول (۸) نشان داده‌شده است.

جدول ۸. وزن مطلق تکنیک‌های سه‌گانه

W_{FMEA}	۰/۵۰۳۹۱۶	BEST ALTERNATIVE
W_{JSA}	۰/۳۷۱۵۵۴	
W_{FTA}	۰/۱۲۴۵۳	

با استفاده از گام‌های ۲ تا ۵ ذکرشده در بند قبل بردار سازگاری ماکزیمم، شاخص سازگاری و شاخص تصادفی هر ماتریس محاسبه شد که از ذکر جزئیات محاسبات در این مقاله خودداری شده است. سپس شاخص ناسازگاری هر ماتریس در وزن عنصر مربوط به آن ضرب شد و حاصل جمع آن‌ها به دست آمد ($I.I$) همچنین وزن عناصر در ($I.I.R$) ماتریس‌های مربوطه ضرب شد و حاصل جمع آن‌ها محاسبه شد ($I.I.R$)، که حاص تقسیم آن‌ها نرخ سازگاری است. جدول (۹) نرخ ناسازگاری تصمیم را نشان می‌دهد.

جدول ۹. محاسبه نرخ ناسازگاری

$\overline{I.I.}$	۰/۰۵۸۶۳
$\overline{I.I.R}$	۱/۷
نرخ ناسازگاری	۰/۰۳۴۴۸۸

با توجه به اینکه نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱ می‌باشد، نتیجه محاسبات منطقی و قابل استناد بوده و می‌توان FMEA را به‌عنوان گزینه بهینه از بین تکنیک‌های ارزیابی ریسک جهت استفاده در ارزیابی ریسک فعالیت‌های ساختمانی صنعت فولاد بیان نمود.

بحث

در تحقیقات مختلفی از روش AHP برای اولویت‌بندی روش‌های ارزیابی ریسک یا شاخص‌های ارزیابی ریسک استفاده‌شده است. تحقیقاتی نظیر Wang & Wang (۲۰۱۶) و Guneri و همکاران (۲۰۱۵) از روش AHP برای انتخاب روش ارزیابی ریسک استفاده نمودند. بدیهی است به دلیل آن‌که محیط مورد مطالعه این تحقیقات یکسان نیست، نتایج و اولویت‌بندی روش‌ها نیز یکسان نمی‌باشد. Podgórski (۲۰۱۵)، Xiang و همکاران (۲۰۱۰)، Zheng و همکاران (۲۰۱۲)، Wenkai و همکاران (۲۰۱۶) از تکنیک AHP برای انتخاب شاخص‌ها ارزیابی عملکرد سیستم ایمنی و بهداشت حرفه‌ای استفاده کردند. در این تحقیق برای اولین مرتبه سه روش ارزیابی ریسک در صنعت ساختمانی فولاد مقایسه شده‌اند و با کمک تکنیک AHP اولویت شده‌اند.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

بر اساس نتایج محاسبات و با کمک روش AHP، تکنیک FMEA در صنعت ساختمانی فولاد دارای اولویت بیشتری نسبت به تکنیک‌های JSA و FTA است.

نکته حائز اهمیت در معیارهای انتخابی این‌که ۳ مورد از ۵ شاخص مدنظر مربوط به ویژگی‌های تکنیک‌های ارزیابی ریسک می‌باشد، به‌عبارت‌دیگر نقاط ضعف و قوت مدل‌ها در حل مسئله و پاسخگویی به نیازهای سازمان در خصوص شناسایی، ارزشیابی، تخمین ریسک و حتی تعیین کنترل‌ها در انتخاب یا عدم یک تکنیک ارزیابی ریسک بسیار حائز اهمیت می‌باشد.

همچنین ویژگی بسیار مهم ذکرشده در خصوص انتخاب مدل ارزیابی ریسک، سهولت کاربرد و عدم نیاز به آموزش‌های خاص می‌باشد. چرا که اصولاً مفاهیم ارزیابی و مدیریت ریسک و پروسه انجام آن وابسته به کار گروهی و تیمی و حضور کلیه افراد و گروه‌ها جهت انجام دقیق و صحیح آن می‌باشد.

لذا مدل‌های ساده‌تر و مفهومی‌تر که البته کارکرد مؤثری هم در بخش‌های مختلف ارزیابی ریسک دارند بسیار مورد توجه بوده و می‌تواند کارآمدی بیشتری داشته باشد.

نتیجه‌گیری

در واقع در این مطالعه به‌خوبی نمایان می‌سازد که FMEA ویژگی منحصربه‌فردی در پوشش همه مراحل ارزیابی ریسک شامل شناسایی، تحلیل، تخمین و برخورد با ریسک داشته و پاسخگوی مناسبی به نیازهای کلی در همه این زمینه‌ها می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر FMEA روشی است که می‌تواند به‌تنهایی در پروسه ارزیابی ریسک وارد شود و نیازی به روش مکمل نخواهد داشت.

همچنین چارچوب این روش به‌گونه‌ای برنامه‌ریزی‌شده که قابلیت راستی آزمایی و بازنگری در مراحل مختلف را فراهم می‌سازد. ویژگی‌های فوق‌الذکر را می‌توان بارزترین ویژگی‌های FMEA در مقایسه با روش‌های JSA و FTA نامید که سبب برتری این مدل در فرایند این پژوهش شده و بالاتر از روش JSA که ویژگی‌های منحصربه‌فردی در زمینه شناسایی مخاطرات، سهولت کار آسان و حتی هزینه‌های انجام پایین دارد، قرارگرفته است.

در این پژوهش با توجه به تعدد تکنیک‌های ارزیابی ریسک، مشخص نمودن تکنیک‌های پرکاربرد یکی از محدودیت‌ها بود و جمع‌آوری تیم خبرگان که سابقه مناسبی در زمینه پژوهش داشتند را می‌توان از مهم‌ترین محدودیت‌های دیگر این تحقیق برشمرد. لیکن مهم‌ترین محدودیت این مطالعه مربوط به هماهنگی و زمان‌بندی مناسب به‌منظور حضور خبرگان پژوهش جهت ایجاد طوفان ذهنی در خصوص مهم‌ترین معیارهای انتخاب یک تکنیک و پیگیری لازم جهت دریافت نظرات کارشناسانه ایشان بود.

References:

1. Pinto A. QRAM, ***A Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets***. Safety Science, 2014;63:57–76
2. Kokangul A, Polat U, Dagsuyu C. ***A new approximation for risk assessment using the AHP and fine Kinney methodologies***. Safety Science91 2017:24-32.
3. Rausand M. ***Risk Assessment: Theory, Methods, and Applications***. vol. 115 John Wiley & Sons., 2013.
4. Ilbahara E, Karaşanb A, Cebia S, Kahrama C. ***Anovel approachtoriskassessment foroccupational health andsafetyusing Pythagorean fuzzy AHP & fuzzy inference system***. Safety Science, 2018:103:124-136.
5. Huang GQ, Nie M, Mak KL. ***Web-based failure mode and effect analysis (FMEA)***. Computers & industrial engineering. 1999 Oct 1; 37(1-2):177-80.
6. Juonala M, Magnussen CG, Berenson GS, Venn A, Burns, TL, Sabin MA, Srinivasan SR, Daniels SR, Davis PH, Chen W, Sun C. ***Childhood adiposity, adult adiposity, and cardiovascular risk factorsm***. 2011, 17; 365:1876-85.
7. William V. ***Fault Tree Handbook with Aerospace Applications. National Aeronautics and Space Administration***, 2010, 01-17.

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

8. Podgórski D. ***Measuring operational performance of osh management system–a demonstration of ahp-based selection of leading key performance indicators***. Saf. Sci. 2015;73: 146–166.
9. Joozi S. ***Management & assessment of OH&S risks in Ahwaz pipe CO using wiliam fine method***. Ilam university of medical sciences paper, 1389;8:18-25 [persian].
10. Xiang Y, Liu C, Chao C, Liu H. ***Risk analysis and assessment of public safety of submerged floating tunnel***. Procedia engineering, 4, 2010, 117-125
11. Zheng G, Zhu N, Tian Z, Chen Y, Sun B. ***Application of a trapezoidal fuzzy ahp method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments***. Saf. Sci2012; 50 (2): 228–239.
12. Wang Q, Wang H, Qi Z, ***An application of nonlinear fuzzy analytic hierarchy process in safety evaluation of coal mine***. Saf. Sci. 2016;86: 78–87.
13. Guneri AF, Gul M, Ozgurler S. ***A fuzzy ahp methodology for selection of risk assessment methods in occupational safety***. Int. J. Risk Assess. Manage. 2015;18 (3–4): 319–335.
14. Wenkai.K, Showhui S, Wenjui T ***Evaluating the risk of operational safety for dangerous goods in airfreights – a revised risk matrix based on fuzzy AHP***. Transportation Research part D 48; 2016:235-247.
15. Nieto-Morote A, Ruz-Vila F. ***A fuzzy approach to construction project risk assessment***. International Journal of project Management, 2011;29: 220–231.
16. Zeng J, An M, Smith NJ. ***Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment***. Int. J. Project Manage. 2007;25 (6): 589–600.
17. Kokangül A, Polat U, Dağsuyu C. ***A new approximation for risk assessment using the ahp and Fine Kinney methodologies***. Saf. Sci. 2017;91:24–32.
18. Fera M, Macchiaroli R. ***Use of analytic hierarchy process and fire dynamics simulator to assess the fire protection systems in a tunnel on fire***. Int. J. Risk Assess. Manage.2010;14 (6): 504–529.
19. Vidal LA, Sahin E, Martelli N, Berhoune M, Bonan B. ***Applying AHP to select drugs to be produced by anticipation in a chemotherapy compounding unit***. Expert Systems with Applications. 2010 Mar 1; 37(2):1528-34.

Determining optimal risk assessment model in construction projects (Case study: steel plant construction project)

Salajegheh S[1], Akhavan A*[2], Hajihosseini A[3]

[1] Master of Safety Engineering, Science and arts University, Yazd, Iran.
[2] PHD Candidate of Occupational Health, Industrial Engineering Department, Science and Arts University, Yazd, Iran.
[3] Assistant Professor, Industrial Engineering Department, Science and Arts University, Yazd, Iran

Downloaded from tkj.ssu.ac.ir at 14:41 IRDT on Monday July 6th 2020

Abstract

***Introduction*:** Identifying occupational hazards and managing occupational safety and health risks has been the most important mission and responsibility of the health and safety management system in organizations and adopting coded plans to achieve this is the key to continuously improving this system and promoting it. The aim of the present study was to determine the optimal risk assessment methodology in development projects.

Materials and Methods: This was a descriptive-analytic research In this research, using previous research studies and collecting expert opinions, the most important criteria for selecting a specific risk assessment methodology, and then using one of the three most-used techniques is an important activity in the steel making industry and risk assessment. Then, the decision matrix is based on the strengths and weaknesses of the models. The prioritization of these three methods is done using the hierarchical analysis decision method.

Results: In this paper, five key factors, the degree of application in identifying hazards, usability in different stages of risk assessment, reliability, ease of use, and training needs and costs, are identified as the most important criteria for choosing a risk assessment technique and the FMEA method was considered as the best Risk Assessment Method.

Conclusion: FMEA methodhas been introduced with regard to its capabilities as an optimal risk assessment method for contruction projects.

keywords: Risk assessment, Construction projects, Hazard, FMEA, JSA, AHP.

This paper should be cited as:
Salajegheh S, Akhavan A, Hajihosseini A. ***Determining optimal risk assessment model in construction projects (Case study: steel plant construction project***). Occupational Medicine Quarterly Journal 2020:12(1): 24-33.

**Corresponding Author:*
Email: akhavan@sau.ac.ir
Tel: +98 35 38264080
Received: 08.08.2018 *Accepted: 9.08.2019*