ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از مدل ویلیام– فاین بهبودیافته با تلفیق DEMATEL در محیط فازی درفرایند ماشین‌کاری

مرتضی مکنت جو [۱]، منوچهر امیدواری [۲]

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۴ تاریخ ویرایش: ۹۴/۰۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۲۸

چکیده

زمینه و هدف: امروزه باپیشرفت فناوری و افزایش کاربرد ماشین آلات، به دلیل بکارگیری از تکنولوژی پیچیده و پرمخاطره، روند خطرزائی و احتمال بروز حوادث در فرایند های ماشین‌کاری، فزونی یافته و همواره بیم آن می رود، در اثر بروز حوادث ناشی از کار خسارت جبران ناپذیر به بار آید. بنابراین هدف از اجرای این پژوهش شناسایی عوامل و زیرعوامل اثرگذار و تأثیرپذیر در رتبه ریسک در مدل ویلیام-فاین با تلفیق آن با دیماتل فازی به‌منظور کاهش یا حذف ریسک در فرایند های ماشین‌کاری می‌باشد.

روش بررسی: مطالعه حاضر یک پژوهش ازنوع کاربردی است که در یکی از صنایع پرمخاطره اجراء ومورد ارزیابی و بهینه سازی قرار گرفت. برای جمع‌آوری اطلاعات لازم، از پرسش‌نامه، مصاحبه با خبرگان صنعت، بررسی اسناد و مدارک وبه‌منظور تحلیل دادها از تکنیک DEMATEL در محیط فازی و حل مدل با نرم‌افزار MATLAB استفاده‌شده است.

یافته ها: نتایج نشان می دهدکه عامل‌های میزان تماس و احتمال وقوع به ترتیب اثرگذارترین و تأثیرپذیرترین عامل درتعیین رتبه ریسک درمدل ویلیام فاین شناسایی شدند و همچنین زیرعامل‌های عدم استفاده از تجهیزات مناسب در هنگام انجام فعالیت و حمل‌ونقل، برای عامل میزان تماس و عدم وجود دستورالعمل مناسب انجام فعالیت برای عامل احتمال وقوع وشکل فیزیکی مواد بکار رفته در فعالیت برای عامل شدت پیامد، اثرگذارترین زیرعامل شناخته شدند.

نتیجه‌گیری:پژوهش حال حاضر نشان داد درصنایع پرمخاطره ماشین‌کاری می‌توان باانجام ارزیابی ریسک ایمنی بامدل ویلیام-فاین و تلفیق آن بادیماتل در محیط فازی از طریق کنترل هزینه وتخصیص بهینه منابع نسبت به رفع اقدامات اصلاحات یا کاهش سطوح ریسک بدون تأثیر قضاوت ارزیاب ها بر تعیین میزان درجه ریسک اقدام نمود.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی ریسک ایمنی، مدل ویلیام–فاین، تکنیک دیماتل فازی

مقدمه

امروزه می‌توان با استفاده از روش‌های شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، نقاط حادثه زا و بحرانی را قبل از وقوع حادثه مشخص و نسبت به پیشگیری از وقوع حوادث و کنترل اقدام نمود. روش‌های ارزیابی ریسک این قابلیت را دارند تا بتوانند قبل از وقوع یک حادثه احتمال وقوع آن را با شدتی مشخص تعیین نمایند. یکی از روش‌های ارزیابی ریسک که در قادر است ارزیابی دقیق از میزان ریسک با تلفیق سه پارامتر شدت، احتمال و احتمال تماس داشته باشد و همچنین قادر به‌ضرورت و موجه نمودن هزینه‌های حذف خطر (ریسک مالی) می‌باشد، روش ویلیام–فاین است. بطوریکه جوزی و همکاران در ارزیابی خطرهای ایمنی و بهداشتی واحدهای مختلف کارخانه لوله‌سازی اهواز در سال ۸۶ و برای ارزیابی و مدیریت خطر ایمنی، بهداشتی و زیست‌محیطی باهدف شناسایی مخاطرات احتمالی، تخمین میزان خطر،کنترل و کاهش سطح ریسک از روش ویلیام–فاین استفاده کرد و نتیجه گرفتند که روش ویلیام– فاین روشی مناسب می‌باشد [۱]. یکی از مسائل مهم در ارزیابی ریسک تأثیر قضاوت‌های شخصی ارزیاب‌ها در تعیین میزان ریسک است در سال ۲۰۱۰، یاکینگ و همکارانش برای آنالیز و ارزیابی ریسک ایمنی تونل‌های شناور غوطه‌ور در آب از تکنیک AHP[1] در محیط فازی استفاده کردند و نشان دادند که پس از

۱– دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده صنایع و مکانیک، قزوین، ایران
۲– (نویسنده مسئول) استادیار دانشکده مهندسی صنایع ومکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده صنایع و مکانیک، قزوین، ایران
omidvari88@yahoo.com

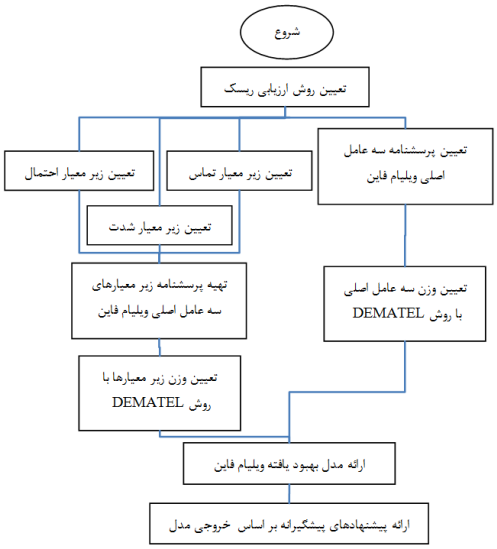
1 - Analytic Hierarchy Process

آنالیز و رتبه‌بندی ریسک‌ها، می‌توان با اندازه‌گیری معین و دقیق تعیین پارامترهای مؤثر بر ریسک، تأثیر قضاوت‌های شخصی ارزیاب‌ها 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 [۲]. در سال ۲۰۱۲ رضائیان و همکارش پس از شناسایی عوامل مؤثر بر ریسک دریکی از پالایشگاه‌های ایران، با استفاده از تکنیک AHP نسبت به وزن دهی آن عوامل و رتبه‌بندی آن‌ها پرداخت بر اساس رتبه‌بندی مهم‌ترین عامل شناسایی‌شده و برنامه‌های کنترلی برای کاهش یا حذف ریسک تهیه و اجرا شود [۳]. در سال ۲۰۱۳، امین بخش و همکارانش با استفاده از روش AHP برای برنامه‌ریزی و بودجه‌بندی ارزیابی ریسک ایمنی برای پروژه‌های ساختمانی استفاده کرده‌اند. آنان در این مقاله، عنوان داشتند که ارزیابی ریسک ایمنی مهم‌ترین گام برای شناسایی پتانسیل خطرات و کاهش نتایج حاصل از آن می‌باشد و با استفاده از تکنیک فوق عوامل کلیدی و اصلی مؤثر بر ریسک، شناسایی و با توجه به محدودیت سرمایه، هزینه برای از بین بردن آن عوامل کلیدی و مؤثر، تخصیص داده خواهد شد [۴]. در سال ۲۰۱۰ امیدواری و همکارانش از تلفین روش FMEA و AHP برای بررسی و ارزیابی ریسک آتش‌سوزی در ایستگاه‌های پمپ‌بنزین در شهر تهران استفاده نموده‌اند و در این تحقیق نشان دادندکه با تلفیق دو روش FMEA و AHP می‌توان در کاهش دادن اثرات قضاوت‌های شخصی ارزیاب‌ها را در ارزیابی ریسک مؤثر دانست و نشان دادند که حدود ۶۸٪ از ایستگاه‌ها دارای شرایط نامناسب زیر ساختاری بوده و در وضعیت بحرانی دارند [۵]. انواری و همکارانش در سال ۲۰۱۲ از روش ویلیام فاین برای بررسی توجیه‌پذیری هزینه در کنترل خسارت ناشی از حوادث استفاده نمودند. درواقع با استفاده از این روش می‌توان پرداخت خسارت ناشی از حادثه را مدیریت کرد [۶]. امیدواری و همکارانش در سال ۲۰۱۳ از تلفیق روش FMEA و AHP در ارزیابی میزان ریسک بهداشت حرفه‌ای و محیطزیست مربوط به مسیرهای تانکرهای حمل‌ونقل فرآورده‌های نفتی استفاده نموده‌اند. در این مقاله اشاره‌شده است که با تلفیق این دو تکنیک و با مدیریت کردن بر ریسک می‌توان با ارائه راهکارهای مناسب جهت کاهش میزان ریسک آلودگی در محیطزیست ناشی از حمل فراورده‌های نفتی توسط تانکرها در زمانی که منابع محدودی در دسترس می‌باشد، ارائه نمود [۷]. عدم قطعیت بسیاری از پارامترهای مؤثر بر ریسک یکی از مشکلات در فرایند ارزیابی ریسک است که در سال ۲۰۱۱، نایتو و همکارش با استفاده از تکنیک مجموعه‌های فازی(FAHP)، 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 [۸]. در سال ۲۰۱۲، سامانی وهمکارش از تلفیق تکنیک DEMATEL[۱۲] با تکنیک پایه ریسک جهت آنالیز ریسک ایمنی پروژه‌های ساخت پل‌های دریایی وشناسائی اثرگذارترین و تأثیرپذیرترین عامل در ایجاد ریسک استفاده کردند. آن‌ها اشاره نمودند که با استفاده از این الگو می‌توان به مؤثرترین روش برای کاهش سطح ریسک دست‌یافت [۹]. در سال ۲۰۱۴ آبل برای کاهش سطح ریسک شغلی پروژه‌های ساختمانی از روش ارزیابی کیفی توسعه‌یافته در محیط فازی یا (FQRAM)[2] استفاده نموده است. درواقع برای اعتبار بخشیدن و قطعی کردن داده‌های مبهم حاصل از تجربیات متخصصین که بر پایه دانش تجربی بوده و اغلب از نوع داده‌های غیرقطعی با ماهیت ترم زبانی است، استفاده نموده و با استفاده از تئوری مجموعه فازی عدم قطعیت داده‌های مربوط به روش QRAM را به حداقل رسید [۱۰]. روش دیماتل فازی یکی از تکنیک‌های کاربردی برای تعیین مهم‌ترین عامل اثرگذار

[2]- Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
[2]- Fuzzy Qualitative Risk Assessment Model

در سطح ریسک تعریف شده است که از مهم‌ترین مزایای آن توجه به وابستگی‌های درونی بین معیارها و گزینه‌های موردبررسی است این روش قادر است با تعیین میزان روابط درونی بین شاخص‌ها و وابستگی‌ها میزان اهمیت هر شاخص را تعیین نماید [۱۱].

یکی از صنایعی که در آن ریسک خطرات ایمنی بالا بوده و هر ساله تعداد زیادی از کارگران شاغل در آن را دچار آسیب و ازکارافتادگی می‌کند صنایع ماشین‌کاری است که وجود تنوع در ماشین‌آلات و نوع سفارش و کار سبب شده است که این صنعت را به‌عنوان یکی از صنایع خطرناک معرفی گردد. استفاده از دو روش ویلیام–فاین و دیماتل در محیط فازی در این پژوهش این فرصت را ایجاد می‌کند که با استفاده از الگوی پیشنهادی بتوان قضاوت‌های شخصی ارزیاب‌ها را به حداقل رساند. همچنین با استفاده از این الگو در محیط فازی می‌توان به نتایج دقیق‌تری در ارزیابی ریسک در صنعت ماشین‌کاری دست یافت. هدف اصلی این تحقیق، تعیین الگوی ارزیابی ریسک ایمنی در فرایند ماشین‌کاری با استفاده از روش ویلیام–فاین، با تلفیق دیماتل فازی می‌باشد تا با استفاده از نتایج آن بتوان اثربخش‌ترین روش کنترل ریسک تعیین گردد. که در پژوهش حاضر علاوه برشناسائی و رتبه‌بندی عوامل اصلی، شناسایی و رتبه‌بندی زیر عوامل مؤثر بر عوامل اصلی انجام‌شده است. درواقع، ارائه الگوی دقیق تصمیم‌گیری در خصوص سطح ریسک با استفاده از مدل ویلیام فاین و تلفیق آن با مدل دیماتل فازی از جنبه‌های جدید پژوهش می‌باشد.



شکل ۱– الگوریتم مراحل انجام کار

روش بررسی

در این تحقیق با توجه به ماهیت ساختاری روش ویلیام-فاین که پایه و اساس آن بر پایه محاسبه ارزیابی ریسک ایمنی می‌باشد و همچنین قادر به‌ضرورت و موجه نمودن هزینه‌های حذف خطر (ریسک مالی) می‌باشد، به‌عنوان یکی از روش‌های برتر انتخاب‌شده است و چون در این روش معیار تصمیم‌گیری مدیران برای سطح‌بندی ریسک وانجام اقدامات اصلاحی پیشگیرانه بر اساس نمره ریسک انجام می‌شود و محاسبه نمره ریسک از حاصل‌ضرب سه عامل شدت پیامد، احتمال وقوع و میزان تماس صورت می‌پذیرد، لذا اینکه بدانیم کدام عامل به‌عنوان اثرگذارترین عامل در تعیین سطح ریسک است می‌تواند بسیار مؤثر باشد. لذا در این پژوهش روش ویلیام-فاین با تکنیک دیماتل که یکی از مدل‌های تصمیم‌گیری نوین MCDM است، تلفیق‌شده است. از طرفی چون اساس کار در ارزیابی ریسک بر فکر و احساس انسان (ارزیاب‌ها) است، لذا با یک مفهوم مبهم و نادقیق مواجه می‌شویم. که نمی‌توان یک مقدار کمی دقیق برای عامل‌ها در نظر گرفت و غالباً اختلاف‌نظر محسوسی در محاسبات به وجود می‌آید. حال با توجه به لزوم تصمیم‌گیری نهائی در مورد انجام اقدامات اصلاحی فوری و پیشگیرانه درروش فوق، نظریه فازی قادر است متغیرهای موردنیاز برای محاسبه نمره ریسک که نادقیق و مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی ببخشد و دستیابی به انتخاب قطعی را فراهم نماید، لذا تکنیک فوق با فازی تلفیق‌شده است. این تحقیق ازنظر هدف کاربردی و ازنظر ماهیت، توصیفی است. در این تحقیق برای جمع‌آوری اطلاعات لازم برای بررسی عوامل مؤثر، از پرسش‌نامه استفاده‌شده است. جامعه آماری این تحقیق مدیران و کارشناسان

ایمنی می‌باشد که فرایند تحقیق در شکل ۱ نشـان داده شده است.

گام اول - انتخاب روش ویلیام فاین برای ارزیـابی ریسک ایمنی

روش ارزیابی ریسک ویلیام فاین از حاصل‌ضرب شدت پیامد(C)، در میزان تماس(E) در میزان احتمال(P) وقوع خطر به دست می‌آید:

R=C (Consequence) ×E (Exposure) ×P (Probability)

که به هرکدام از این عوامل، با توجه به شرایط موجود بر اساس جدول پیشنهادی ویلیام فاین توسـط سـازمان نمره داده می‌شود. پس از مشخص شدن نمـره ریسـک، میزان هزینه‌های قابل‌قبول از رابطه ۱[3]محاسبه می‌گردد که در آن j هزینه وR نمره ریسک وCF[1] فاکتور هزینـه و DC[2] درجه تصحیح است که مقادیر عـددی CFوDC در جداول استاندارد روش عنوان‌شده است که می‌توانـد توسط سازمان تعریف شود، ارزیابی می‌شود (۱

$$J = \frac{R}{CF \times DC}$$

روش ویلیام-فاین پیشنهاد مـی‌کنـد درصـورتی‌کـه j بزرگ‌تر یا مساوی عدد ۱۰ باشد، هزینه‌های کنترلـی یـا حذف خطر قابل‌قبول می‌باشد و اگر j کوچک‌تر از عـدد ۱۰ شد، هزینه‌های کنترلی یـا حـذف خطـر قابـل‌قبـول نمی‌باشد [۱۲].

گام دوم - تهیه پرسشنامه و مصاحبه با افراد خبره

برای اینکه بتوانیم به جواب قابل‌قبولی برسیم، در ابتدا باید تعریف درستی از فرد خبره داشـته باشـیم. در ایـن تحقیق فرد خبره برای پاسخ گـوئی بـه پرسـش‌نامـه و مصاحبه کسی است که دارای ویژگی‌های ذیل باشد

۱-آشنایی با مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره.

۲- آشنایی با ریسک (روش ویلیام-فاین)

۳- آشنایی با سیستم تولید (صنعت ماشین‌کاری)

حال با توجه به مشخصات بالا برای انجام این فراینـد ۴ خبره (۲ مدیر و ۲ کارشناس) که بیشـترین آگـاهی و تسلط بر موضوع دارند و بـرای پاسـخ بـه پرسـش‌نامـه انتخاب شدند. پرسش‌نامه اول ۶ سؤالی بوده و به‌منظور مشخص کردن اینکه کدام‌یک از سه عامل اثرگذارتر بر عوامل دیگر است، طراحی و در بین آن‌ها توزیع گردید و پس از تکمیل، جمع‌آوری شد و سپس از آنـان مصـاحبه برای مشخص کردن عوامل مؤثر (زیر عوامل) بر هریک از عامـل‌هـای اصـلی نمـره ریسـک بـه عمـل آمـد و پرسش‌نامه دوم برای هر معیار اصلی طراحـی شـد و در بین ۴ خبره توزیع و پاسخ‌نامه‌ها جمع‌آوری شـد. در ایـن نظرات خبرگان در مورد میزان تأثیر مستقیم هر عامل با انتخاب گزینه‌های زبانی به ترتیب زیر تعیین شد: بـدون تأثیر, تاثیرکم، تاثیرمتوسط، تأثیر زیاد و تأثیر خیلی زیـاد که در قالب رتبه به ترتیب اعداد ۰و ۱و ۲و ۳و ۴ تبـدیل شدند و نتایج بـه تفکیـک هـر خبـره در مـاتریس‌هـای جداگانه وارد شد و درنهایت به‌منظور کاربرد منطق فازی در مطالعه اعداد قطعی با اعداد فازی به شـرح جـدول ۱ که مقیـاس کلامـی فـازی پیشـنهادی (لـی) مـی‌باشـد جایگزین شد [۱۳].

روایی کلیه پرسشنامه‌ها بر اساس مـدل دلفـی اجمـاع خبرگان تأیید شد. و جهت پایایی پرسشـنامه‌هـا از روش آلفای کرونباخ با رویکرد کلی پرسشنامه اسـتفاده گردیـد که نتایج آن نشان داد کـه میـزان ضـریب آلفـای کلـی پرسشنامه ۰/۷۸ بوده که پایایی پرسشـنامه‌هـا را نشـان می‌دهد.

ضمناً در این تحقیق بـرای روایـی توسـط خبرگـان و

جدول ۱- تبدیل گزینه ای زبانی به اعداد فازی مثلثی [۱۴]

گزینه های زبانی	رتبه	اعداد فازی مثلثی
تاثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷۵و۱و۱)
تاثیر زیاد	۳	(۰/۵ و۰/۷۵و۱)
تاثیر متوسط	۲	(۰/۲۵و۰/۵و۰/۷۵)
تاثیر کم	۱	(۰و۰/۲۵و۰/۵)
بدون تاثیر	۰	(۰و۰و۰/۲۵)

[1]-Cost Factor
[2]-Degree of Correction

پایائی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد و با به‌کارگیری از نرم‌افزار SPSS مشخص گردید، پرسشنامه‌ها از پایایی مناسب برخوردار است (α=>۰,۷).

گام سوم - تعیین وزن عوامل (معیارها)و زیر عوامل (زیرمعیارها) بر اساس روش دیماتل فازی

با بهره‌گیری از تحقیق ارائه‌شده توسط Lin و Wu در سال ۲۰۰۴برای انجام روش دیماتل در محیط فازی, گام سوم انجام می‌شود که با تکنیک دیماتل فازی به‌صورت جداگانه برای سه عامل اصلی و زیر عوامل هریک از عامل‌ها, محاسبه خواهد شد که شامل گام‌های ذیل می‌باشد [۱۱].

۱. مطابق رابطه ۲ ماتریس میانگین فازی خبرگان را تشکیل می‌دهیم.

(۲

$$\tilde{\mathbf{Z}} = \frac{(\tilde{\mathbf{Z}}^1 \oplus \tilde{\mathbf{Z}}^2 \oplus \cdots \oplus \tilde{\mathbf{Z}}^P)}{p}$$

مطابق رابطه ۳ روی ماتریس میانگین به‌صورت سطری درایه‌های کران بالای هر عامل را باهم جمع می‌کنیم و سپس بین آن‌ها عدد ماکزیمم را انتخاب می‌کنیم.

(۳

$$\tilde{a}_i = \sum_{j=1}^{n} \tilde{z}_{ij} = \left(\sum_{j=1}^{n} \ell_{ij},\ \sum_{j=1}^{n} m_{ij},\ \sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right) \text{ and } r = \max_{1\le i\le n}\left(\sum_{j=1}^{n} u_{ij}\right)$$

که در آن، l_{ij}: درایه پایین، m_{ij}: درایه وسط و u_{ij}: درایه بالا می‌باشد.

۲. مطابق رابطه ۴ نرمال‌سازی ماتریس فوق از طریق تقسیم عدد ماکزیمم به تک‌تک درایه‌های ماتریس میانگین.

(۴

$$\tilde{\mathbf{X}} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{n1} & \tilde{x}_{n2} & \cdots & \tilde{x}_{nn} \end{bmatrix} \text{where } \tilde{x}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{\ell_{ij}}{r}, \frac{m_{ij}}{r}, \frac{u_{ij}}{r}\right)$$

که در آن xij گزینه i ام در معیار jام می‌باشد

۳. مطابق رابطه ۵ تبدیل ماتریس فازی به ماتریس قطعی انجام شد (سه ماتریس بر اساس کران‌های پائین X_l که در آن l_{ij} درایه گزینه پایین iام و معیار پایین jام،کران میانی X_m که در آن m_{ij} درایه گزینه وسط iام و معیار وسط Jام و کران بالا X_u که در آن u_{ij} درایه گزینه بالای iام و درایه معیار بالای jام بود.

(۵

$$\mathbf{X}_\ell = \begin{bmatrix} 0 & \ell'_{12} & \cdots & \ell'_{1n} \\ \ell'_{21} & 0 & \cdots & \ell'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \ell'_{n1} & \ell'_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix};\ \mathbf{X}_m = \begin{bmatrix} 0 & m'_{12} & \cdots & m'_{1n} \\ m'_{21} & 0 & \cdots & m'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m'_{n1} & m'_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix};\ \mathbf{X}_u = \begin{bmatrix} 0 & u'_{12} & \cdots & u'_{1n} \\ u'_{21} & 0 & \cdots & u'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u'_{n1} & u'_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

۴. مطابق رابطه ۶ کسر ماتریس یکه از تک‌تک ماتریس‌های کرآن‌های پائین ,میانی و بالا و محاسبه وارون یا معکوس سه ماتریس.

(۶

$$\tilde{\mathbf{T}} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{11} & \tilde{t}_{12} & \cdots & \tilde{t}_{1n} \\ \tilde{t}_{21} & \tilde{t}_{22} & \cdots & \tilde{t}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{n1} & \tilde{t}_{n2} & \cdots & \tilde{t}_{nn} \end{bmatrix};\ \text{where } \tilde{t}_{ij} = (\ell''_{ij},\ m''_{ij},\ u''_{ij}),\ \text{then}$$

$$[\ell''_{ij}] = \mathbf{X}_\ell \times (\mathbf{I} - \mathbf{X}_\ell)^{-1},\ [m''_{ij}] = \mathbf{X}_m \times (\mathbf{I} - \mathbf{X}_m)^{-1},\ [u''_{ij}] = \mathbf{X}_u \times (\mathbf{I} - \mathbf{X}_u)^{-1}$$

که در آن t_{ij} معکوس اعداد فازی می‌باشد

۵. تشکیل ماتریس فازی D (مجموع سطرهای سه ماتریس معکوس شده).

۶. تشکیل ماتریس فازیR(مجموع ستون‌های سه ماتریس معکوس شده).

۷. تشکیل ماتریس D+R

۸. تشکیل ماتریس D-R

۹. فازی زدایی با استفاده از فرمول اپریکویچ (تبدیل اعداد فازی مثلثی به اعداد قطعی به روشCentroid)[۱۴].

$$x_{crisp} = (i + m + r)/3$$

۱۰. انتخاب تأثیرگذارترین معیار یا عامل و زیر معیار مربوط به آن (به ترتیب تأثیرگذاری) بر اساس ماتریس قطعی D+R.

۱۱. انتخاب معیارها و زیر معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر از ماتریس D-R.

و در انتها از نرم‌افزار Excel برای نشان دادن معیارهای تأثیرگذار و تأثیرپذیر در قالب نمودار علی و با استفاده از نمودارScatter استفاده می‌شود.

گام چهارم - ارائه مدل بهبودیافته ویلیام-فاین در ارزیابی ریسک

بر اساس خروجی نرم‌افزار متلب و اکسل عوامل تأثیرگذار در محاسبه نمره و رتبه‌بندی ریسک شناسایی می‌شود و علاوه بر آن زیر عوامل مؤثر بر هر عامل اصلی نیز شناسایی می‌گردد تا مدیران بتوانند با در نظر گرفتن هزینه‌های موجه حذف یا کاهش سطح ریسک خطر از طریق اولویت‌بندی آن و با برنامه‌ریزی دقیق کنترلی، در راستای حذف یا کاهش سطح ریسک به نحو شایسته در سازمان اقدام نمایند.

گام پنجم- انجام اقدامات اصلاحی فوری /پیشگیرانه بر اساس خروجی مدل

با تصمیم‌گیری اتخاذشده، اقدامات اصلاحی فوری برای ریشه‌کن کردن علل بالفعل و اقدامات پیشگیرانه برای جلوگیری از به وقوع پیوستن علل بالقوه به بالفعل در راستای حذف یا کاهش سطح ریسک خطر، انجام می‌شود. لذا در این خصوص یکی از صنایع پرمخاطره موردمطالعه موردی قرار گرفت، در این صنایع در کارگاه ماشین‌کاری خطرات مربوط به دو فرایند فرزکاری و سنگ‌زنی به روش آنالیز ایمنی شغل(JSA)[۲]که ساختار آن بر اساس روش توصیه‌شده در استاندارد OSHA[3]3071[۳] می‌باشد مطابق جدول ۸ شناسایی شدند. درواقع روش آنالیز ایمنی شغل، یکی از روش‌های پیشگیری از حادثه و آنالیز خطر و ابزارهای مهم مدیریتی درزمینه حذف خطرات و کاهش جراحت و حوادث محیط کار و افزایش راندمان و بهره‌وری از طریق بازآموزی کارگران و آموزش کارگران جدید و بررسی علل حوادث اتفاق افتاده، می‌باشد. دلیل انتخاب این روش برای شناسایی خطرات، هزینهٔ اقتصادی بسیار مقرون‌به‌صرفه و نیاز به منابع کم مالی و اجرای این روش با حداقل تجهیزات و امکانات و با مطالعهٔ دقیق و بر اساس توانایی افراد انجام دهنده بوده است[۱۵].

یافته‌ها

مطابق جدول ۲ مشاهده می‌شود در بررسی ارزیابی دو فرایند سنگ‌زنی و فرزکاری با در نظر گرفتن نمره ریسک مطابق روش ویلیام فاین در هردو فرایند حالت ریسک غیرقابل‌قبول وجود دارد، لذا اصلاحات فوری نیاز است، از طرفی با در نظر گرفتن فرمول رابطه ۱، با توجه به اینکه ضریب هزینه و درجه تصحیح بر اساس نظر خبرگان برای خطرات احتمالی در هردو فرایند به ترتیب CF=4 و DC=3 درنظرگرفته است، مقدار هزینه کنترلی قابل توجیه می‌باشد، چون مقادیر j برای فرایند سنگ‌زنی (j=۲۲/۵) و برای فرزکاری (j=۳۷/۵) بزرگ‌تر از عدد ۱۰ می‌باشد.

حال با توجه به اینکه برای هردو فرایند وضعیت سطح ریسک بالا، وجود داشته و بایستی اقدامات اصلاحی فوری انجام شود، مدیریت با توجه به محدود بودن مقدار منابع در دسترس قادر به تصمیم‌گیری صحیح نخواهد بود، لذا با تلفیق مدل ویلیام فاین با دیماتل فازی این مشکل حل خواهد شد.در این راستا ۲پرسش‌نامه به ترتیب برای عامل‌های اصلی و زیر عوامل مربوط به هر زیر عامل اصلی طراحی شد و بین خبرگان توزیع و پس از تکمیل شدن جمع‌آوری گردید و سپس داده‌های مندرج در پرسشنامه‌ها به تفکیک در نرم‌افزارمتلب ورود اطلاعات شد. بر اساس داده‌های استخراج‌شده از تجمیع نظر خبرگان به روش دلفی و با استفاده از تکنیک دیماتل فازی و حل مدل توسط نرم‌افزارمتلب نتایج ذیل استخراج گردید:

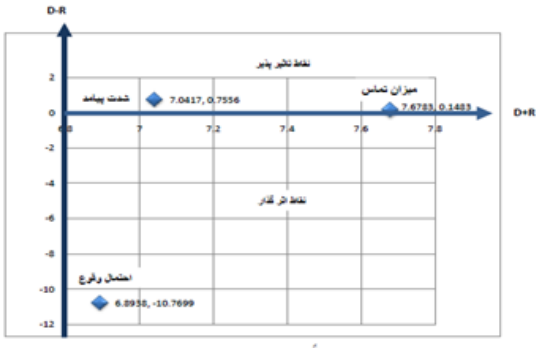
بر اساس جداول۲ و ۳ از سه عامل مهم در محاسبه نمره ریسک به روش ویلیام فاین (احتمال وقوع خطر، شدت پیامد حاصل از آن خطر و میزان تماس)، عامل میزان تماس با توجه به بالا بودن مقدار ماتریس D+R و نامنفی بودن مقدار ماتریس D-R به‌عنوان اثرگذارترین عامل انتخاب گردید و به‌صورت مشابه عامل شدت پیامد

جدول ۲- عوامل تاثیرگذار به ترتیب شدت تاثیر گذاری درمدل ویلیام فاین

کد	عامل	وزن
E	میزان تماس/میزان مواجهه	۱۰/۲۶۳۷
C	شدت پیامد	۹/۴۳۰۲
P	احتمال وقوع	۹/۲۶۳۹

جدول۳- عوامل موثر در در ارزیابی ریسک ایمنی به تفکیک تاثیرگذاری و تاثیر پذیری درمدل ویلیام فاین

کد	عامل	وزن
C	شدت پیامد	۰/۹۴۲۰
P	احتمال وقوع	۱/۱۰۵۳
E	میزان تماس/میزان مواجهه	۰/۱۶۳۳



شکل ۲- نمودار علی برای سه عامل اصلی ویلیام-فاین

به‌عنوان عامل تأثیرگذار بعدی انتخاب شد و احتمال وقوع خطر به دلیل اینکه مقدار عددی D-R مربوط به آن منفی شده است، به‌عنوان تأثیرپذیرترین عامل انتخاب می‌شود.

حال مدیریت با توجه خروجی مدل و منابع موجود، تصمیم‌گیری لازم را به عمل‌آورده و نسبت به اقدام اصلاحی/پیشگیرانه فرایند ماشین‌کاری که دارای بیشترین مقدار میزان تماس می‌باشد، اقدام می‌نماید. مادامی‌که دو فرایند عدد میزان تماس آن‌ها یکی شود، فرایندی که دارای بیشترین شدت پیامد می‌باشد، انتخاب می‌شود.

مدیریت ارشد با توجه به منبع مالی در اختیار خود، ابتدا اقدام به حذف یا کاهش سطح ریسک در فرایند فرزکاری و باهدف کاهش میزان تماس می‌نماید، لذا برای اینکه بدانیم چه زیر عواملی بر عامل‌های اصلی مدل ویلیام فاین تأثیر دارند، با استفاده ازنظر خبرگان ابتدا زیرعامل‌های مؤثر بر هر یک از عامل‌های اصلی شناسایی می‌شوند که این زیر عوامل می‌تواند در هر سازمان بر اساس خبرگان آن سازمان متفاوت باشد و سپس در قالب پرسش‌نامه‌های جداگانه برای هریک از عامل‌های اصلی به شناسایی زیر عوامل پرداخته و با استفاده از روش دیماتل فازی اثرگذارترین و تأثیرپذیرترین زیرعامل را برای هریک از عامل‌های اصلی شناسایی می‌کنیم و در انتها پس از مشخص شدن آن، نسبت به رفع اقدامات اصلاحی فوری در فرایند می‌پردازیم. پس از جمع‌آوری خرد جمعی خبرگان، زیرعامل‌های اثرگذار بر هریک از عامل‌های اصلی در مدل ویلیام فاین، به شرح جدول ۴ شناسایی شد. در این تحقیق با توجه به جدول ۴ پس از تکمیل پرسش‌نامه، برای هر عامل اصلی و نظرسنجی از خبرگان، داده‌ها در نرم‌افزار متلب ثبت شد و پس از پردازش برنامه بر اساس دیماتل فازی اثرگذارترین و تأثیرپذیرترین زیرعامل برای هر عامل اصلی مشخص گردید که نمودار علی آن در شکل ۲ نشان داده‌شده است به شرح ذیل می‌باشد.

- ✓ در این تحقیق با توجه به جدول ۴ پس از تکمیل پرسش‌نامه، برای هر عامل اصلی و نظرسنجی از خبرگان، داده‌ها در نرم‌افزار متلب ثبت شد و پس از پردازش برنامه بر اساس دیماتل فازی اثرگذارترین و تأثیرپذیرترین زیرعامل برای هر عامل اصلی به شرح ذیل مشخص گردید.
- ✓ بررسی زیرعامل‌های مربوط به عامل اصلی احتمال وقع بر اساس خروجی برنامه متلب بر اساس داده‌های مندرج در جدول۵ زیرعامل P_2 به‌عنوان اثرگذارترین زیرعامل بر معیار اصلی احتمال وقوع خطر در مدل ویلیام فاین است چون وزن آن در جدول ۵ از همه بزرگ‌تر است و از طرفی میزان تأثیرپذیری آن نیز مثبت است.
- ✓ و همین‌طور به‌طور مشابه زیرعامل‌های P_4 وP_1 به‌عنوان اثرگذارترین زیرعامل و زیرعامل‌های P_3 و P_5 به ترتیب تأثیرپذیرترین زیرعامل شناسایی شدند که این موارد در شکل ۳

جدول ۴- جدول زیر عوامل های مربوط به عامل های اصلی در مدل ویلیام-فاین

کد	زیر عوامل اثر گذار بر احتمال وقوع(P)	کد	زیر عوامل اثر گذار بر شدت پیامد(C)	کد	زیر عوامل اثر گذار بر میزان تماس(E)
P_1	آموزش کارکنان(ناقص یا عدم آموزش)	C_1	شکل فیزیکی مواد (گاز،مایع،بخار،جامدو...)	E_1	مدت زمان فعالیت
P_2	عدم وجود دستورالعمل مناسب	C_2	خاصیت شیمیائی مواد ی که کارگران از آن استفاده نموده یا با آن در تماس هستند	E_2	دفعات انجام فعالیت
P_3	عدم وجود تجهیزات مناسب	C_3	دفعات و مدت زمان انجام فعالیت	E_3	عدم استفاده از تجهیزات مناسب (حمل و نقل و انجام فعالیت)
P_4	عدم توجه کارگر به دستورات ایمنی	C_4	عدم استفاده از تجهیزات مناسب حمل و نقل	E_4	عدم آموزش صحیح انجام فرایند
P_5	نامناسب بودن محل انجام فعالیت				

جدول۵- رتبه بندی زیرعوامل به ترتیب شدت تاثیر گذاری و شدت تاثیر پذیری برمعیاراصلی احتمال وقوع درمدل ویلیام فاین

کد	زیرعامل(زیر معیار)	وزن مربوط به شدت زیرعامل	وزن تعیین کننده زیرعامل اثرگذار و تاثیر گذاربرای رتبه بندی
P_2	عدم وجوددستورالعمل مناسب انجام فعالیت	۵/۷۹۰۲	۰/۱۶۹۳
P_4	عدم توجه اپراتور به دستورات ایمنی در طول انجام فعالیت	۵/۴۳۹۲	۰/۱۲۷۴
P_1	ناقص بودن یا عدم آموزش صحیح به اپراتور	۴/۹۳۹۳	۱/۴۶۶۶
P_3	عدم وجود تجهیزات مناسب	۴/۲۷۷۰	**-۰/۸۵۹۰**
P_5	نامناسب بودن محیط کار	۳/۳۰۹۵	**-۰/۹۰۴۳**

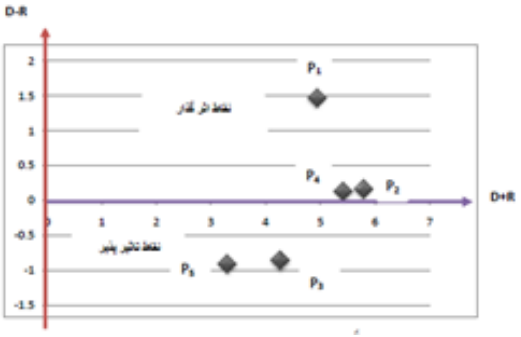
ارائه‌شده است.

- ✓ بررسی زیرعامل‌های مربوط به عامل اصلی شدت پیامد بر اساس خروجی برنامه متلب (۴خبره و ۴ زیرمعیار)

بر اساس داده‌های مندرج در جدول ۶ زیرعامل C4 و بعدازآن زیرعامل C2 باید اثرگذارترین زیرعامل باشد، اما به دلیل اینکه وزن تعیین‌کننده آن منفی می‌باشد، نمی‌تواند اثرگذارترین باشد بلکه به‌عنوان تأثیرپذیرترین زیرعامل‌ها می‌باشد، لذا زیرعامل‌های C1 و بعدازآنC3 به‌عنوان اثرگذارترین زیرعامل بر معیار اصلی شدت پیامد و زیرعامل‌های C_4 و C_2 به‌عنوان تأثیرپذیرترین زیرعامل در مدل ویلیام فاین می‌باشند که این موارد در شکل ۴ ارائه‌شده است.

-۳- بررسی زیرعامل‌های مربوط به عامل اصلی میزان تماس /میزان مواجهه بر اساس خروجی برنامه متلب (۴خبره و ۴ زیرمعیار).

طبق داده‌های جدول ۷ زیرعامل E_4 و بعدازآن زیرعامل‌های E_2 و E_1 باید اثرگذارترین زیرعامل باشد، اما به دلیل اینکه میزان وزن تأثیرپذیری آن منفی



شکل ۳- نمودار علی برای زیر معیارهای احتمال وقوع

جدول ۶ – زیرعوامل تاثیرگذار به ترتیب شدت تاثیر گذاری و تاثیر پذیری برمعیاراصلی شدت پیامد درمدل ویلیام فاین

کد	زیرعامل(زیر معیار)	وزن شدت اثرگذاری زیرعامل	وزن تعیین کننده شدت اثرگذاری و تاثیر پذیری زیرعامل
C_4	عدم استفاده از تجهیزات مناسب در حمل و نقل	۴/۱۹۷۳	-۰/۶۰۱۵
C_2	خاصیت شیمیائی مواد مورد استفاده در فرایندتولید	۴/۰۶۸۷	-۰/۵۷۱۷
C_1	شکل فیزیکی مواد بکار رفته درفعالیت(گاز، مایع ، جامد)	۳/۵۵۷۳	۱/۰۵۱۳
C_3	دفعات و مدت زمان انجام فعالیت	۳/۴۴۹۵	۰/۱۲۱۸

می‌باشد، نمی‌تواند اثرگذارترین باشد بلکه به‌عنوان

شکل ۴– نمودار علی برای زیر معیارهای شدت پیامد

تأثیرپذیرترین زیرعامل‌ها می‌باشد لذا زیرعامل E_3 به‌عنوان اثرگذارترین زیرعامل و زیرعامل‌های E2و E1 و E4 به ترتیب تأثیرپذیرترین زیرعامل برای عامل اصلی میزان تماس در مدل ویلیام-فاین بر اساس خروجی متلب بر اساس تکنیک دیماتل فازی در این تحقیق می‌باشد. که این موارد در شکل ۴ به‌وضوح قابل‌رؤیت می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به سوابق پژوهش‌های انجام‌شده توسط دیگران در خصوص ارزیابی ریسک ایمنی مشخص است که تاکنون پژوهشی در خصوص ارزیابی ریسک ایمنی در فرایندهای ماشین‌کاری با استفاده از مدل ویلیام فاین با تلفیق دیماتل در محیط فازی انجام‌نشده است که این از جنبه‌های نوآوری پژوهش است. در مطالعات مختلفی از روش ویلیام فاین جهت ارزیابی ریسک استفاده‌شده است ولی در تمامی آن‌ها به تعیین میزان وزن تأثیر پارامترهای مؤثر بر ریسک نپرداخته و به عبارتی وزن پارامترهای ریسک را یکسان در نظر گرفته‌اند که در عمل به نظر می‌رسد که این مسئله با خطا مواجه است. این مسئله از مهم‌ترین جنبه‌های تفاوت این تحقیقات با تحقیق حاضر است بطوریکه در هیچ‌کدام، مطالعات در دسترس به شناسایی عوامل و زیر عامل‌های اثرگذار و تأثیرپذیر بر میزان ریسک ایمنی در مدل ویلیام-فاین انجام نشد[۱]. در سال ۲۰۱۱، نایتو و همکارش با استفاده از تکنیک AHPدر محیط فازی، به‌عنوان یک الگو به‌منظور شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک و ارائه راهکاری جهت کاهش سطح ریسک استفاده نمود این با توجه به وابستگی عناصر ریسک به نظر می‌رسد که روش AHP نتواند روش مناسب در رتبه‌بندی و تعیین وزن عناصر ریسک باشد که در این تحقیق این مسئله مدنظر محقق قرار داشت و روشی را به‌عنوان روش رتبه‌بندی انتخاب نموده که دارای این محدودت نبوده است[۸]. در پژوهشی که در سال ۲۰۱۳ توسط لیوو چنگ انجام گرفت مهم‌ترین عامل افزایش ریسک ایمنی در صنایع فلز و ماشین‌کاری را مشکلات مدیریت نام‌برده که با نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق حاضر همخوانی دارد در این از روش FMEA و تلفیق آن با FTA مطالعه را انجام داده است که وجه تفاوت بامطالعه حاضر است. در این مطالعه وزن پارامترهای ریسک یکسان فرض شده است که در مطالعه حاضر با استفاده از مدل تصمیم‌گیری وزن پارامترها را نسبت به هم تعیین گردید است که از نکات مثبت پژوهش حاضر نسبت به مطالعه لیو چنگ بوده است[۱۶]. در

مطالعه‌ای که جوآن و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام دادند مهم‌ترین ریسک در صنایع فلزی را پرتاب جرقه و پلیسه اشاره نموده است که در این مقاله اشاره به عوامل مؤثر بر میزان ریسک نشده است و فقط به نوع خطر اشاره نموده است که وجه تفاوت با تحقیق حاضر است. در پژوهش حاضر علاوه بر شناسایی و رتبه‌بندی عوامل اصلی، شناسایی و رتبه‌بندی زیر عامل‌های مؤثر بر عوامل اصلی انجام‌شده است [۱۷].

در مطالعه‌ای که اکیو و سلیک در سال ۲۰۱۵ انجام دادند اشاره نمودند که استفاده از روش دیماتل در محیط فازی می‌تواند ارزیابی دقیق‌تری را در ارزیابی ریسک داشته باشد. بطوریکه در مطالعه خود ترکیب این دو روش با ریسک را یک روش هوشمند در ارزیابی ریسک قلمداد نمود [۱۸].

یکی از مزایایی که در بسیاری از تحقیقات در ارتباط با تلفیق مدل‌های تصمیم‌گیری با ابزارهای ریسک به آن اشاره‌شده است بحث مرتبط با کنترل ریسک است که در صورت انجام این تلفیق روش‌های پیشنهادی در خصوص کاهش ریسک هدفمند شده و اثربخشی روش‌های کنترل ریسک را افزایش خواهد داد [۱۹و۲۰].

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که از بین سه عامل اصلی موجود درروش ویلیام–فاین عامل میزان تماس به‌عنوان اثرگذارترین عامل و عامل احتمال وقوع به‌عنوان تأثیرپذیرترین عامل تعیین گردید که مهم‌ترین علت آن ماهیت خطرات در صنعت موردمطالعه بوده است که از نوع مکانیکی است. از بین زیر معیارهای عامل تماس عدم استفاده از تجهیزات مناسب جهت انجام فعالیت و حمل‌ونقل و مدت‌زمان انجام فعالیت به‌عنوان مهم‌ترین زیر معیارها معرفی گردید که تأثیرپذیرترین عامل از مشکلات سیستم مدیریت می‌باشد. در خصوص احتمال وقوع، زیرمعیار عدم وجود دستورالعمل مناسب انجام فعالیت و نامناسب بودن محیط کار از زیرمعیارهای تأثیرگذار در احتمال بروز یک شکست می‌باشد که از مهم‌ترین علل آن سیستم مدیریت نامناسب در این فرایندها می‌باشد. در خصوص شدت پیامد، زیر معیار شکل فیزیکی مواد بکار رفته در فعالیت و عدم استفاده از تجهیزات مناسب در حمل‌ونقل و نحوه انجام فعالیت اثرگذارترین و تاثیرپذیرین زیرعامل شناسایی شدند که این مسئله به دلیل ماهیت کار در صنایع فلزکاری می‌باشد.

تقدیر و تشکر

از آقای مهندس جواد نعیمی بابت همکاری در محاسبات ریاضی تشکر و قدردانی می‌گردد. از دانشگاه آزاد اسلامی قزوین به دلیل شرایط و امکانات لازم جهت انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Joazi SA, khahabzadeh S, IranKha M. Safety, Health & Environmental Risk Assessment and Management of Ahwaz Pipe Manufacturing Company via "William Fine Method". Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences, 2010;18(1):1-8.[Persian]

2. Yiqiang X, Chengxi L, Chunfeng C, Huishi L. Risk analysis and assessment of public safety of Submerged Floating Tunnel. Procedia Engineering, 2010;4: 117–125.

3. Rezaiana S, Jozib S. Health- Safety and Environmental Risk Assessment of Refineries Using of Multi Criteria Decision Making Method. APCBEE Procedia , 2012;3:235–238.

4. Aminbakhsh S, Gunduz M, Sonmez R. A Safety risk assessment using analytic hierarchy process (AHP) during planning and budgeting of construction projects. Journal of Safety Research, 2013;46:99–105.

5. Omidvari M, Nouri J, Tehrani S M. Risk Assessment and Crisis Management in Gas Stations", International Journal of Environ, 2010; 4(1):143-152.

6. Allahyari T. Hazard analysis and risk assessment in chemical processes. 1st ed, Iran, Tehran, Fanavaran Andishe Publisher, 2005,56-61.[Persian]

7. Omidvari M, Nouremohammahdi H, Nouri J, Shamaie A. Presentation of pattern of occupational and environmental health risk assessment in oil products transportation. Journal of Health System Research, 2013;9(2):1-11. [Persian]

8. Nieto-Morote A, Ruz-Vila F. A fuzzy approach to construction project risk assessment. International Journal of project Management, 2011;29: 220–231.

9. Samani B, Shahbodaghlou F. Risk A Fuzzy Systematic Approach to Construction Risk Analysis. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2012;

2(4):275-284.
10. Abel P. 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.
11. Lin CJ, Wu WW. A Fuzzy Extension of the DEMATEL Method for Group Decision-Making. Department of Industrial Engineering and Management, Ta Hwa Institute of Technology, 2004.
12. Habibi A, Alizadeh M. Industrail Safety, 4th ed.. Fanavaran publisher, Iran,Tehran, 2011:115-118.[Persian]
13. Opricivic S, Tzeng G. Fuzziness and knowledge Based System, International Journal of uncertainly, Fuzziness and Knowledge Based Systems, 2003;11(5):635-652.
14. Li R. Fuzzy method in group decision making. Computers and Mathematics with Applications, 1999;38(1):91-101.
15. Shirazi J, Barkhordari A, Helvani G. Identification of Hazardous and Risk Assessment of Tunneling Process Using JSA Method in the Dam & Power plant site. Reseach Scientific Journal of Yazd University of Health, 2012;11(3):103-112.[Persian]
16. Leu SS, Chang CM. Bayesian-network-based safety risk assessment for steel construction projects. Accident Analysis & Prevention, 2013;54:122–133.
17. Juan CC, Emilio R, Ana I, García FC. Occupational accidents model based on risk–injury affinity groups. Safety Science, 2011;49(2):306–314.
18. Akyuz E, Celik E. A fuzzy DEMATEL method to evaluate critical operational hazards during gas freeing process in crude oil tankers. Journal of Loss Prevention in the Process Industries;2015; 38: 243–253.
19. Mentes A, Akyildiz H, Yetkin M, Turkoglu N, A FSA based fuzzy DEMATEL approach for risk assessment of cargo ships at coasts and open seas of Turkey. Safety Science, 2015;79:1-10.
20. Ou Yang YP, How-Ming Shieh HM, Tzeng GH. A VIKOR technique based on DEMATEL and ANP for information security risk control assessment. Information science; 2013; 232: 482-500.

Safety Risk Assessment using William–Fine Method with Compilation Fuzzy DEMATEL in Machining Process

Morteza Meknatjoo[1], Manouchehr Omidvari [2]

Received: 2015/02/03 Revised: 2015/07/15 Accepted: 2015/08/19

Abstract

Background and aims: Today with the progressing technology and the increasing use of machinery, due to the use of sophisticated and high risk technology, the hazards and potential accidents in machinery processes have increased and even they are feared. Therefore, the purpose of this study was to identify risk factors and influencing sub-factors on ranking of risk levels in the William-Fine model via combining with fuzzy DEMATEL technique, aiming to reduce or eliminate the risk in machining processes.

Methods: This research is a kind of applied research which is conducted, evaluated and optimized in one of the high-risk industries. Necessary data to be used in the fuzzy DEMATEL technique are collected by the questionnaires and interviews with industrial experts. The developed model was then solved in MATLAB software.

Results: By solving the William-Fine model, the results show that the exposure and the probability factors are the most effective and the most influential parameters, respectively. For the exposure factor, the "lack of utilization of proper operational and transformational equipment" is the most influencing sub-factor, while the lack of proper operational procedure is the main sub-factor of the probability factor. Finally, the physical shape of the materials used in operating activities is the key sub-factor for the consequence factor.

Conclusion: Resent study shows that in high risk machinery industries, the application of the William-Fine model combined with the fuzzy DEMATEL technique is an effective method to reduce or mitigate the risk levels, and consequently identify the corrective actions using cost control and optimal resource allocations.

Keywords: Safety risk assessment, William-Fine, Fuzzy DEMATEL technique

1. MSc, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran

2. (**Corresponding author**) Assistant Professor, Faculty of Industrial and Mechanical Engineering, Qazvin Branch, Islamic Azad University, Qazvin, Iran. omidvari88@yahoo.com