



ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از مدل ویلیام - فاین بهبودیافته با تلفیق DEMATEL در محیط فازی در فرایند ماشین کاری

مرتضی مکنت جو^۱، منوچهر امیدواری^۲

تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۵/۲۸

تاریخ ویرایش: ۹۴/۰۴/۲۴

تاریخ دریافت: ۹۳/۱۱/۱۴

چکیده

زمینه و هدف: امروزه با پیشرفت فناوری و افزایش کاربرد ماشین آلات، به دلیل بکارگیری از تکنولوژی پیچیده و پرمخاطره، روند خطرزائی و احتمال بروز حوادث در فرایند های ماشین کاری، فزونی یافته و همواره بیم آن رو، در اثر بروز حوادث ناشی از کار خسارت جبران ناپذیر به باشد. 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 به منظور کاهش یا حذف ریسک در فرایند های ماشین کاری می باشد.

روش بررسی: مطالعه حاضر یک پژوهش از نوع کاربردی است که در یکی از صنایع پرمخاطره اجراء و مورد ارزیابی و بهینه سازی قرار گرفت. برای جمع آوری اطلاعات لازم، از پرسشنامه، مصاحبه با خبرگان صنعت، بررسی استند و مدارک و به منظور تحلیل دادها از تکنیک DEMATEL در محیط فازی و حل مدل با نرم افزار MATLAB استفاده شده است.

یافته ها: نتایج نشان می دهد که عامل های میزان تماس و احتمال وقوع به ترتیب اثرگذارترین و تأثیرپذیرترین عامل در تعیین رتبه ریسک در مدل ویلیام فاین شناسایی شدن و همچنین زیرعامل های عدم استفاده از تجهیزات مناسب در هنگام انجام فعالیت و حمل و نقل، برای اعمال میزان تماس و عدم وجود دستورالعمل مناسب انجام فعالیت برای اعمال احتمال وقوع و شکل فیزیکی مواد بکار رفته در فعالیت برای اعمال شدت پیامد، اثرگذارترین زیرعامل شناخته شدن.

نتیجه گیری: پژوهش حال حاضر نشان داد در صنایع پرمخاطره ماشین کاری می توان با انجام ارزیابی ریسک ایمنی با مدل ویلیام-فاین و تلفیق آن با دیماتل در محیط فازی از طریق کنترل هزینه و تخصیص بهینه منابع نسبت به رفع اقدامات اصلاحات یا کاهش سطوح ریسک بدون تأثیر قضاوت ارزیاب ها بر تعیین میزان درجه ریسک اقدام نمود.

کلیدواژه ها: ارزیابی ریسک ایمنی، مدل ویلیام-فاین، تکنیک دیماتل فازی

مقدمه

امروزه می توان با استفاده از روش های شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، نقاط حادثه زا و بحرانی را قبل از وقوع حادثه مشخص و نسبت به پیشگیری از وقوع حادث و کنترل اقدام نمود. روش های ارزیابی ریسک این قابلیت را دارند تا بتوانند قبل از وقوع یک حادثه احتمال وقوع آن را با شدتی مشخص تعیین نمایند. یکی از روش های 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 به ضرورت و موجه نمودن هزینه های حذف خطر (ریسک مالی) می باشد، روش ویلیام-فاین است. بطوریکه جزوی و

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده صنایع و مکانیک، قزوین، ایران

۲- (نویسنده مسئول) استادیار دانشکده مهندسی صنایع و مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، دانشکده صنایع و مکانیک، قزوین، ایران

omidvari88@yahoo.com

ریسک پهداشت حرفه‌ای و محیط‌زیست مربوط به مسیرهای تانکرهای حمل و نقل فراورده‌های نفتی استفاده نموده‌اند. در این مقاله اشاره شده است که با تلفیق این دو تکنیک و با مدیریت کردن بر ریسک می‌توان با ارائه راهکارهای مناسب جهت کاهش میزان ریسک آزادگی 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)، به عنوان یک متدولوژی برای ارزیابی ریسک اینمی 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 به منظور شناسایی و رتبه‌بندی عوامل مؤثر بر ریسک و ارائه راهکاری جهت کاهش سطح ریسک استفاده نمود [۸]. در سال ۲۰۱۲، سامانی و همکارش از تلفیق تکنیک DEMATEL^{۱۲} با تکنیک پایه ریسک جهت آنالیز ریسک اینمی پروژه‌های ساخت پل‌های دریایی و شناسائی 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 دست یافته [۹]. در سال ۲۰۱۴ آبل برای کاهش سطح ریسک شغلی پروژه‌های ساختمانی از روش ارزیابی کیفی توسعه یافته در محیط فازی یا FQRAM² استفاده نموده است. در واقع 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

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 بر افزایش سطح ریسک و میزان درجه تأثیرگذاری آن به صورت 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 شناسایی شده 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 اینمی برای پروژه‌های ساختمانی استفاده کردند. آنان در این مقاله، عنوان داشتند که ارزیابی ریسک اینمی 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 تلقین روش FMEA و AHP برای بررسی و ارزیابی ریسک آتش‌سوزی در ایستگاه‌های پمپ بنزین در شهر تهران استفاده نموده‌اند و در این تحقیق نشان دادند که 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. در واقع 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

^{۱۲}- Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
^۲- Fuzzy Qualitative Risk Assessment Model



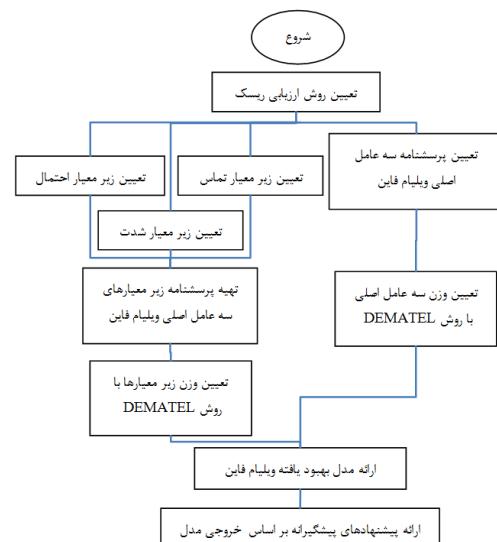
رتبه‌بندی زیر عوامل مؤثر بر عوامل اصلی انجام شده است. در واقع، ارائه الگوی دقیق تصمیم‌گیری در خصوص سطح ریسک با استفاده از مدل ویلیام فاین و تلفیق آن با مدل دیماتل فازی از جنبه‌های جدید پژوهش می‌باشد.

روش بررسی

در این تحقیق با توجه به ماهیت ساختاری روش ویلیام-فاین که پایه و اساس آن بر پایه محاسبه ارزیابی ریسک اینمنی می‌باشد و همچنین قادر به ضرورت و موجه نمودن هزینه‌های حذف خطر (ریسک مالی) می‌باشد، به عنوان یکی از روش‌های برتر انتخاب شده است و چون در این روش معیار تصمیم‌گیری مدیران برای سطح‌بندی ریسک و انجام اقدامات اصلاحی پیشگیرانه بر اساس نمره ریسک انجام می‌شود و محاسبه نمره ریسک از حاصل ضرب سه عامل شدت پیامد، احتمال وقوع و میزان تماس صورت می‌پذیرد، لذا اینکه بدانیم کدام عامل به عنوان 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، تلفیق شده است. از طرفی چون اساس کار در ارزیابی ریسک بر فکر و احساس انسان (ارزیاب‌ها) است، لذا با یک مفهوم مبهم و نادقيق موواجه 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 در روش فوق، نظریه فازی قادر است متغیرهای موردنیاز برای محاسبه نمره ریسک که نادقيق و مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی بیخشود و دستیابی به انتخاب قطعی را فراهم نماید، لذا تکنیک فوق با فازی تلفیق شده است. این تحقیق از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت، توصیفی است. در این تحقیق برای جمع‌آوری اطلاعات لازم برای بررسی عوامل مؤثر، از پرسشنامه استفاده شده است. جامعه آماری این تحقیق مدیران و کارشناسان

در سطح ریسک تعریف شده است که از مهم‌ترین مزایای آن توجه به وابستگی‌های درونی بین معیارها و گزینه‌های موردنبررسی 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 اینمنی بالا بوده و هر ساله تعداد زیادی از کارگران شاغل در آن را دچار آسیب و از کارافتادگی می‌کند صنایع ماشین‌کاری است که وجود تنوع در ماشین‌آلات و نوع سفارش و کار سبب شده است که این صنعت را به عنوان 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 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 اینمنی 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 بر شناسایی و رتبه‌بندی عوامل اصلی، شناسایی و



شکل ۱- الگوریتم مراحل انجام کار

حال با توجه به مشخصات بالا برای انجام این فرایند ۴ خبره (۲ مدیر و ۲ کارشناس) که بیشترین آگاهی و تسلط بر موضوع دارند و برای پاسخ به پرسش نامه انتخاب شدند. پرسش نامه اول ۶ سؤالی بوده و به منظور 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 آنان مصاحبه برای مشخص کردن عوامل مؤثر (زیر عوامل) بر هریک از عوامل‌های اصلی نمره ریسک به عمل آمد و پرسش نامه دوم برای هر معیار اصلی طراحی شد و در بین ۴ خبره توزیع و پاسخ‌نامه‌ها جمع‌آوری شد. در این نظرات خبرگان در مورد میزان تأثیر مستقیم هر عامل با انتخاب گزینه‌های زبانی به ترتیب زیر تعیین شد: بدون تأثیر، تأثیر کم، تأثیر متوسط، تأثیر زیاد و تأثیر خیلی زیاد که در قالب رتبه به ترتیب اعداد ۰ و ۱ و ۲ و ۳ و ۴ تبدیل شدند و نتایج به تفکیک هر خبره در ماتریس‌های جداگانه وارد شد و درنهایت به منظور کاربرد منطق فازی در مطالعه اعداد قطعی با اعداد فازی به شرح جدول ۱ که مقیاس کلامی فازی پیشنهادی (لی) می‌باشد جایگزین شد [۱۳].

روایی کلیه پرسشنامه‌ها بر اساس مدل دلفی اجماع خبرگان تأیید شد. وجهت پایایی پرسشنامه‌ها از روش آلفای کرونباخ با رویکرد کلی پرسشنامه استفاده گردید که نتایج آن نشان داد که میزان ضریب آلفای کلی پرسشنامه ۰/۷۸ بوده که پایایی پرسشنامه‌ها را نشان می‌دهد.

ضمناً در این تحقیق برای روایی توسط خبرگان و

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

اعداد فازی مثلثی	گزینه‌های زبانی	رتبه
(۰/۷۵ و ۱/۰)	تأثیر خیلی زیاد	۴
(۰/۵ و ۰/۷۵)	تأثیر زیاد	۳
(۰/۲۵ و ۰/۵ و ۰/۷۵)	تأثیر متوسط	۲
(۰/۰ و ۰/۲۵)	تأثیر کم	۱
(۰/۰ و ۰/۰)	بدون تأثیر	۰

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

گام اول - انتخاب روش ویلیام فاین برای ارزیابی ریسک ایمنی روش ارزیابی ریسک ویلیام فاین از حاصل ضرب شدت پیامد(C)، در میزان تماس(E) در میزان احتمال(P) و قوع خطر به دست می‌آید:

$$R = C \times E \times P$$

که به هر کدام از این عوامل، با توجه به شرایط موجود بر اساس جدول پیشنهادی ویلیام فاین توسط سازمان نمره داده می‌شود. پس از مشخص شدن نمره ریسک، میزان هزینه‌های قابل قبول از رابطه ^1CF محاسبه می‌گردد که در آن Z هزینه و R نمره ریسک و ^1CF فاکتور هزینه DC و ^1DC درجه تصحیح است که مقادیر عددی در جداول استاندارد روش عنوان شده است که می‌تواند توسط سازمان تعریف شود، ارزیابی می‌شود

$$(1) J = \frac{R}{CF \times DC}$$

روش ویلیام-فاین پیشنهاد می‌کند در صورتی که J بزرگ‌تر یا مساوی عدد ۱۰ باشد، هزینه‌های کنترلی یا حذف خطر قابل قبول می‌باشد و اگر J کوچک‌تر از عدد ۱۰ شد، هزینه‌های کنترلی یا حذف خطر قابل قبول نمی‌باشد [۱۲].

گام دوم - تهیه پرسشنامه و مصاحبه با افراد خبره برای اینکه بتوانیم به جواب قابل قبولی برسیم، در ابتدا باید تعریف درستی از فرد خبره داشته باشیم. در این تحقیق فرد خبره برای پاسخ گوئی به پرسش نامه 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 ماشین کاری)

¹-Cost Factor

²-Degree of Correction



قطعی انجام شد (سه ماتریس بر اساس کران‌های پائین X_l که در آن i_{ij} درایه گزینه پائین نام و معیار پائین نام، کران میانی X_m که در آن m_{ij} درایه گزینه وسط نام و معیار وسط نام و کران بالا X_u که در آن u_{ij} درایه گزینه بالای نام و درایه معیار بالای نام بود).

(5)

$$\tilde{X}_l = \begin{bmatrix} 0 & l'_{12} & \dots & l'_{1n} \\ l'_{21} & 0 & \dots & l'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ l'_{n1} & l'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}; \quad \tilde{X}_m = \begin{bmatrix} 0 & m'_{12} & \dots & m'_{1n} \\ m'_{21} & 0 & \dots & m'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m'_{n1} & m'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}; \quad \tilde{X}_u = \begin{bmatrix} 0 & u'_{12} & \dots & u'_{1n} \\ u'_{21} & 0 & \dots & u'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u'_{n1} & u'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

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

(6)

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

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

که در آن t_{ij} معکوس اعداد فازی می‌باشد

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

۶. تشکیل ماتریس فازی R (مجموع ستون‌های سه ماتریس معکوس شده).

۷. تشکیل ماتریس D+R

۸. تشکیل ماتریس D-R

۹. فازی زدایی با استفاده از فرمول اپریکویچ (تبديل اعداد فازی مثلثی به اعداد قطعی به روش Centroid). [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.

پایایی پرسشنامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد و با به کارگیری از نرم‌افزار SPSS مشخص گردید، پرسشنامه‌ها از پایایی مناسب برخوردار است ($\alpha=0.7$).

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

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

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

(2)

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

مطابق رابطه ۳ روی ماتریس میانگین به صورت سطحی درایه‌های کران بالای هر عامل را باهم جمع می‌کنیم و سپس بین آن‌ها عدد ماکریم را انتخاب می‌کنیم.

(3)

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

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

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

(4)

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

که در آن x_{ij} گزینه نام در معیار نام می‌باشد

۳. مطابق رابطه ۵ تبدیل ماتریس فازی به ماتریس

مقرن به صرفه و نیاز به منابع کم مالی و اجرای این روش با حداقل تجهیزات و امکانات و با مطالعه دقیق و بر اساس توانایی افراد انجام دهنده بوده است [۱۵].

یافته‌ها

مطابق جدول ۲ مشاهده می‌شود در بررسی ارزیابی دو فرایند سنگزنانی و فرزکاری با در نظر گرفتن نمره ریسک مطابق روش ویلیام فاین در هردو فرایند حالت ریسک غیرقابل قبول 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 $DC=3$ در نظر گرفته است، مقدار هزینه کنترلی قابل توجیه می‌باشد، چون مقادیر ز برای فرایند سنگزنانی ($j=22/5$) و برای فرزکاری ($j=37/5$) بزرگ‌تر از عدد ۱۰ می‌باشد.

حال با توجه به اینکه برای هردو فرایند وضعیت سطح ریسک بالا، وجود داشته و باستی 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 ۲ پرسشنامه 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 داده‌ای مندرج در پرسشنامه‌ها به تفکیک در نرم‌افزار مطلب ورود اطلاعات شد. بر اساس داده‌های استخراج شده از تجمعی نظر خبرگان به روش دلفی و با استفاده از تکنیک دیماتل فازی و حل مدل توسط نرم‌افزار مطلب نتایج ذیل استخراج گردید:

بر اساس جداول ۲ 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 R-D به عنوان اثرگذارترین عامل انتخاب گردید و به صورت مشابه عامل شدت پیامد

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

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

گام چهارم - ارائه مدل بهبود یافته ویلیام-فاین در ارزیابی ریسک

بر اساس خروجی نرم‌افزار مطلب 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 اتخاذ شده، 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 مورد مطالعه موردي قرار گرفت، در این صنایع در کارگاه ماشین کاری خطرات مربوط به دو فرایند فرزکاری و سنگزنانی به روش آنالیز ایمنی شغل (JSA)^۳ که ساختار آن بر اساس روش توصیه شده در استاندارد OSHA^۳ باشد مطابق جدول ۸ شناسایی شدند. درواقع روش آنالیز ایمنی شغل، یکی از روش‌های پیشگیری از حادثه و آنالیز خطر و ابزارهای مهم مدیریتی در زمینه 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، هزینه اقتصادی بسیار



مدل ویلیام فاین تأثیر دارند، با استفاده از نظر 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 انتهای 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 داده شده 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 وقوع بر اساس خروجی برنامه متلب بر اساس داده‌های مندرج در جدول ۵ زیرعامل P_2 به عنوان 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.

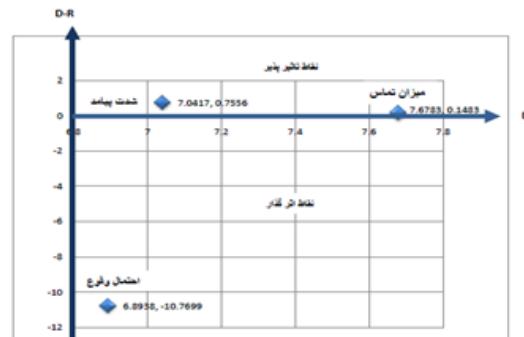
✓ و همین‌طور به طور مشابه زیرعامل‌های P_4 و P_1 به عنوان اثرگذارترین زیرعامل و زیرعامل‌های P_3 و P_5 به ترتیب تأثیرپذیرترین زیرعامل شناسایی شدند که این موارد در شکل ۳

جدول ۲- عوامل تأثیرگذار به ترتیب شدت تأثیر گذاری در مدل ویلیام فاین

کد	عامل	وزن
E	میزان تماس/میزان مواجهه	۱/۰۶۳۷
C	شدت پیامد	۹/۴۳۰۲
P	احتمال وقوع	۹/۲۶۳۹

جدول ۳- عوامل موثر در در ارزیابی ریسک اینمنی به تفکیک تأثیرگذاری و تأثیرپذیری در مدل 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

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

حال مدیریت با توجه خروجی مدل و منابع موجود، تصمیم‌گیری لازم را به عمل آورده و نسبت به اقدام اصلاحی/پیشگیرانه فرایند ماشین کاری که دارای بیشترین مقدار میزان تماس می‌باشد، اقدام می‌نماید. مادامی که 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

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

کد	زیر عوامل اثر گذار بر احتمال (C)	کد	زیر عوامل اثر گذار بر میزان تماس(E)	کد	زیر عوامل اثر گذار بر احتمال وقوع(P)
C ₁	شکل فیزیکی مواد (گاز، مایع، بخار، جامد...)	E ₁	مدت زمان فعالیت	P ₁	آموزش کارکنان (ناقص یا عدم آموزش)
C ₂	خاصیت شیمیائی موادی که کارگران از آن استفاده نموده با با آن در تماس هستند	E ₂	دفعات انجام فعالیت	P ₂	عدم وجود دستورالعمل مناسب
C ₃	دفعات و مدت زمان انجام فعالیت	E ₃	عدم استفاده از تجهیزات مناسب (حمل و نقل و انجام فعالیت)	P ₃	عدم وجود تجهیزات مناسب
C ₄	عدم استفاده از تجهیزات مناسب حمل و نقل	E ₄	عدم آموزش صحیح انجام فرایند	P ₄	عدم توجه کارگر به دستورات ایمنی
				P ₅	نامناسب بودن محل انجام فعالیت

جدول ۵- رتبه بندی زیرعوامل به ترتیب شدت تاثیر گذاری و شدت تاثیر پذیری بر معیار اصلی احتمال وقوع در مدل ویلیام فاین

کد	زیرعامل (زیر معیار)	وزن مربوط به شدت زیرعامل	وزن تعیین کننده زیرعامل اثرگذار و تاثیر گذار برای رتبه بندی
P ₂	عدم وجود دستورالعمل 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

متلب (۴ خبره و ۴ زیرمعیار).

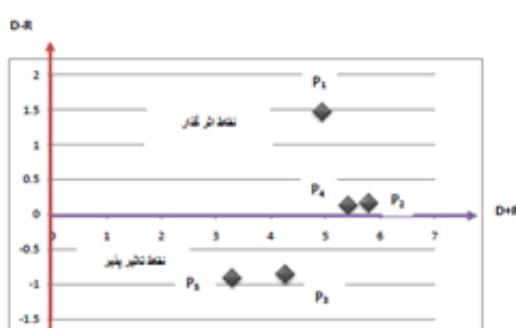
طبق داده های جدول ۷ زیرعامل E₄ و بعداز آن زیرعامل های E₂ و E₁ باید اثرگذارترین زیرعامل باشد، اما به دلیل اینکه میزان وزن تاثیر پذیری آن منفی

ارائه شده است.

بررسی زیرعامل های مربوط به عامل اصلی شدت پیامد بر اساس خروجی برنامه متلب (۴ خبره و ۴ زیرمعیار)

بر اساس داده های مندرج در جدول ۶ زیرعامل C₄ و بعداز آن زیرعامل C₂ باید اثرگذارترین زیرعامل باشد، اما به دلیل اینکه وزن تعیین کننده آن منفی می باشد، نمی تواند اثرگذارترین باشد بلکه به عنوان تاثیر پذیرترین زیرعامل ها می باشد، لذا زیرعامل های C₁ و بعداز آن C₃ به عنوان اثرگذارترین زیرعامل بر معیار اصلی شدت پیامد و زیرعامل های C₄ و C₂ به عنوان تاثیر پذیرترین زیرعامل در مدل ویلیام فاین می باشند که این موارد در شکل ۴ ارائه شده است.

-۳- بررسی زیرعامل های مربوط به عامل اصلی میزان تماس / میزان مواجهه بر اساس خروجی برنامه



شکل ۳- نمودار علی برای زیر معیار های احتمال وقوع

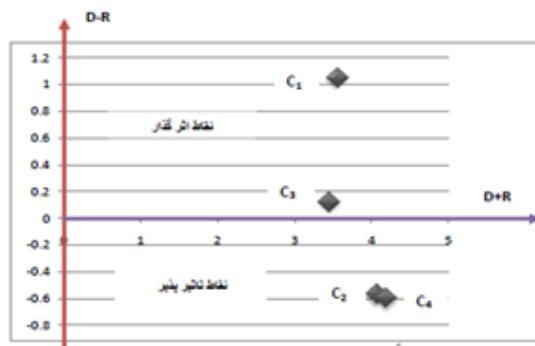


جدول ۶ - زیرعوامل تاثیرگذار به ترتیب شدت تاثیر گذاری و تاثیر پذیری بر معیار اصلی شدت پیامد در مدل ویلیام فاین

کد	زیرعامل (زیر معیار)	وزن تعیین کننده شدت اثرگذاری و اثرگذاری زیرعامل	وزن شدت	وزن تعیین کننده شدت اثرگذاری و تاثیر پذیری زیرعامل
C ₄	عدم استفاده از تجهیزات مناسب در حمل و نقل	-۰/۶۰۱۵	۴/۱۹۷۳	
C ₂	خاصیت شیمیائی مواد مورد استفاده در فرایند تولید	-۰/۵۷۱۷	۴/۰۶۸۷	
C ₁	شکل فیزیکی مواد بکار رفته در فعالیت (گاز، مایع، جامد)	۱/۰۵۱۳	۳/۵۵۷۳	
C ₃	دفعات و مدت زمان انجام فعالیت	۰/۱۲۱۸	۳/۴۴۹۵	

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 اینمنی در مدل ویلیام-فاین انجام نشد [۱]. در سال ۲۰۱۱، نایتو و همکارش با استفاده از تکنیک AHP در محیط فازی، به عنوان یک الگو به منظور 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 روشهای را به عنوان روش رتبه‌بندی انتخاب نموده که دارای این محدودت نبوده است [۸]. در پژوهشی که در سال ۲۰۱۳ توسط لیو چنگ انجام گرفت مهم‌ترین عامل افزایش ریسک اینمنی در صنایع فلز و ماشین‌کاری را مشکلات مدیریت نامبرده که با نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر همخوانی دارد در این از روش FMEA و تلفیق آن با FTA مطالعه را انجام داده است که وجه تفاوت با مطالعه 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

می‌باشد، نمی‌تواند اثرگذارترین باشد بلکه به عنوان



شکل ۴- نمودار علی برای زیر عوامل‌های شدت پیامد

تأثیرپذیرترین زیرعامل‌ها می‌باشد لذا زیرعامل E₃ به عنوان اثرگذارترین زیرعامل و زیرعامل‌های E₁ و E₂ 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 به وضوح قابل روئیت می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به سوابق پژوهش‌های انجام‌شده توسط دیگران در خصوص ارزیابی ریسک اینمنی مشخص است که تاکنون پژوهشی در خصوص ارزیابی ریسک اینمنی 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 استفاده شده

فرایندها می‌باشد. در خصوص شدت پیامد، زیر معیار شکل فیزیکی مواد بکار رفته در فعالیت و عدم استفاده از تجهیزات مناسب در حمل و نقل و نحوه انجام فعالیت اثرگذارترین و تأثیرپذیرین 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, Fanavarjan Andishe Publisher, 2005,56-61.[Persian]
7. Omidvari M, Nouremohammadi 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, Shahbodaghlu F. Risk A Fuzzy Systematic Approach to Construction Risk Analysis. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2012;

مطالعه‌ای که جوان و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام دادند مهم‌ترین ریسک در صنایع فلزی را پرتتاب 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 انجام شده است [۱۷].

در مطالعه‌ای که اکیو و سلیک در سال ۲۰۱۵ انجام دادند اشاره نمودند که استفاده از روش دیمال 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 اشاره شده 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 [۲۰ و ۱۹].

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که از بین سه عامل اصلی موجود درروش ویلیام-فاین عامل میزان تماس به عنوان اثرگذارترین عامل و عامل احتمال وقوع به عنوان تأثیرپذیرترین عامل تعیین گردید که مهم‌ترین علت آن ماهیت خطرات در صنعت مطالعه بوده است که از نوع مکانیکی است. از بین زیر معیارهای عامل تماس عدم استفاده از تجهیزات مناسب جهت انجام فعالیت و حمل و نقل و مدت‌زمان انجام فعالیت به عنوان 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



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.. Fanavararan publisher, Iran,Tehran, 2011:115-118.[Persian]
13. Opricovic S, Tzeng G. Fuzziness and knowledge Based System, *International Journal of uncertainty, 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 Meknatjoo¹, Manouchehr Omidvari²

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