



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

مرتضی مکننت جو<sup>۱</sup>، منوچهر امیدواری<sup>۲</sup>

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 خطرناکی و احتمال بروز حوادث در فرایند های ماشین کاری، 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 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 پرسش نامه، مصاحبه با خبرگان صنعت، بررسی اسناد و مدارک و به منظور تحلیل داده ها 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 شدند و همچنین زیرعامل های عدم استفاده از تجهیزات مناسب در هنگام انجام فعالیت و حمل و نقل، برای عامل میزان تماس و عدم وجود دستورالعمل مناسب انجام فعالیت برای عامل احتمال وقوع و شکل فیزیکی مواد بکار رفته در فعالیت برای عامل شدت پیامد، اثرگذارترین زیرعامل شناخته شدند.

**نتیجه گیری:** پژوهش 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

همکاران در ارزیابی خطرهای ایمنی و بهداشتی واحدهای مختلف کارخانه لوله سازی اهواز در سال ۸۶ و برای ارزیابی و مدیریت خطر ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی 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 می باشد [۱]. یکی از مسائل مهم در ارزیابی ریسک تأثیر قضاوت های شخصی ارزیاب ها در تعیین میزان ریسک است در سال ۲۰۱۰، یاکینگ و همکارانش برای آنالیز و ارزیابی ریسک ایمنی تونل های شناور غوطه ور در آب از تکنیک AHP<sup>۱</sup> در محیط فازی استفاده کردند و نشان دادند که پس از

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 حوادث 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 جوزی 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

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 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 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 تلقین روش FMEA و AHP برای بررسی و ارزیابی ریسک آتش‌سوزی در ایستگاه‌های پمپ‌بنزین 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. 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 اشاره شده 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 فرآورده‌های 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 و همکارش از تلفیق تکنیک DEMATEL<sup>۱۲</sup> با تکنیک پایه ریسک جهت آنالیز ریسک ایمنی پروژه‌های ساخت پل‌های دریایی و شناسایی 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)<sup>۲</sup> 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

<sup>۱۲</sup>- Decision Making Trial and Evaluation Laboratory

<sup>۲</sup>- Fuzzy Qualitative Risk Assessment Model

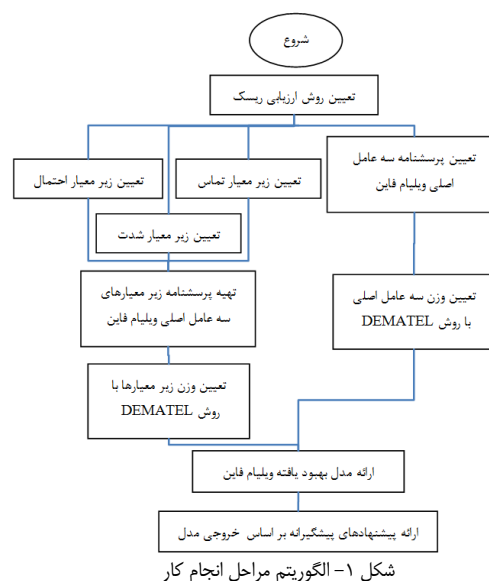
رتبه‌بندی زیر عوامل مؤثر بر عوامل اصلی انجام شده است. در واقع، ارائه الگوی دقیق تصمیم‌گیری در خصوص سطح ریسک با استفاده از مدل ویلیام فاین و تلفیق آن با مدل دیماتل فازی از جنبه‌های جدید پژوهش می‌باشد.

### روش بررسی

در این تحقیق با توجه به ماهیت ساختاری روش ویلیام-فاین که پایه و اساس آن بر پایه محاسبه ارزیابی ریسک ایمنی می‌باشد و همچنین قادر به ضرورت و موجه نمودن هزینه‌های حذف خطر (ریسک مالی) می‌باشد، به‌عنوان 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 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، تلفیق شده 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 اختلاف نظر 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 نادقیق و مبهم هستند، صورت‌بندی ریاضی ببخشد 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 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 از کارافتادگی 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 بر شناسایی و رتبه‌بندی عوامل اصلی، شناسایی و



شکل ۱- الگوریتم مراحل انجام کار

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) وقوع خطر به دست می‌آید:

$$R=C (\text{Consequence}) \times E (\text{Exposure}) \times P (\text{Probability})$$

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 ۱ محاسبه می‌گردد که در آن Z هزینه و R نمره ریسک و CF<sup>۱</sup> فاکتور هزینه و DC<sup>۲</sup> درجه تصحیح است که مقادیر عددی CF و DC در جداول استاندارد روش عنوان شده است که می‌تواند توسط سازمان تعریف شود، ارزیابی می‌شود

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

روش ویلیام-فاین پیشنهاد می‌کند در صورتی که Z بزرگ‌تر یا مساوی عدد ۱۰ باشد، هزینه‌های کنترلی یا حذف خطر قابل قبول می‌باشد و اگر Z 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 پرسش‌نامه 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 فرایند ۴ خبره (۲ مدیر و ۲ کارشناس) که بیشترین آگاهی و تسلط بر موضوع دارند و برای پاسخ به پرسش‌نامه انتخاب شدند. پرسش‌نامه 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 هر یک از عامل‌های اصلی نمره ریسک به عمل آمد و پرسش‌نامه 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 در نهایت 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. و جهت 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 گزینه ای زبانی به اعداد فازی مثلثی [۱۴]

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

<sup>۱</sup>-Cost Factor

<sup>۲</sup>-Degree of Correction

قطعی انجام شد (سه ماتریس بر اساس کران‌های پائین  $X_1$  که در آن  $I_{ij}$  درایه گزینه پایین  $\bar{a}_m$  و معیار پایین  $\bar{a}_m$ ، کران میانی  $X_m$  که در آن  $m_{ij}$  درایه گزینه وسط  $\bar{a}_m$  و معیار وسط  $\bar{a}_m$  و کران بالا  $X_u$  که در آن  $u_{ij}$  درایه گزینه بالای  $\bar{a}_m$  و درایه معیار بالای  $\bar{a}_m$  بود.

(۵)

$$X_l = \begin{bmatrix} 0 & \ell'_{12} & \dots & \ell'_{1n} \\ \ell'_{21} & 0 & \dots & \ell'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \ell'_{n1} & \ell'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}; X_m = \begin{bmatrix} 0 & m'_{12} & \dots & m'_{1n} \\ m'_{21} & 0 & \dots & m'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m'_{n1} & m'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}; X_u = \begin{bmatrix} 0 & u'_{12} & \dots & u'_{1n} \\ u'_{21} & 0 & \dots & u'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ u'_{n1} & u'_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

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

(۶)

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

$$[\ell'_{ij}] = X_l \times (I - X_l)^{-1}, [m'_{ij}] = X_m \times (I - X_m)^{-1}, [u'_{ij}] = X_u \times (I - X_u)^{-1}$$

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 اپریکویج (تبدیل 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  $D+R$ .

پایائی پرسش‌نامه از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد و با به‌کارگیری 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 ارائه‌شده توسط  $Wu$  و  $Lin$  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 عامل‌ها، محاسبه خواهد شد که شامل گام‌های ذیل می‌باشد [۱۱].

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

(۲)

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

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

(۳)

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

که در آن،  $i, j$ : 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)

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

که در آن  $x_{ij}$  گزینه  $i$  ام در معیار  $j$  ام می‌باشد

۳. مطابق رابطه ۵ تبدیل ماتریس فازی به ماتریس

مقرون 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 سنگ‌زنی و فرزکاری با در نظر گرفتن نمره ریسک مطابق روش ویلیام فاین در هر دو 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 هر دو فرایند به ترتیب  $CF=4$  و  $DC=3$  در نظر گرفته است، مقدار هزینه کنترلی قابل توجه می‌باشد، چون مقادیر  $j$  برای فرایند سنگ‌زنی ( $j=22/5$ ) و برای فرزکاری ( $j=37/5$ ) بزرگ‌تر از عدد ۱۰ می‌باشد.

حال با توجه به اینکه برای هر دو 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 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 داده‌های مندرج در پرسشنامه‌ها به تفکیک در نرم‌افزار متلب ورود اطلاعات شد. بر اساس داده‌های استخراج شده از تجمیع نظر خبرگان به روش دلفی و با استفاده از تکنیک دیماتل فازی و حل مدل توسط نرم‌افزار متلب 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  $D-R$  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 انتها 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 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 مورد مطالعه موردی قرار گرفت، در این صنایع در کارگاه ماشین‌کاری خطرات مربوط به دو فرایند فرزکاری و سنگ‌زنی به روش آنالیز ایمنی شغل (JSA) که ساختار آن بر اساس روش توصیه‌شده در استاندارد  $OSHA^{33071}$  می‌باشد مطابق جدول ۸ شناسایی شدند. در واقع روش آنالیز ایمنی شغل، یکی از روش‌های پیشگیری از حادثه و آنالیز خطر و ابزارهای مهم مدیریتی در زمینه حذف خطرات و کاهش جراحات 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 هر یک از عامل‌های اصلی به شناسایی زیر عوامل پرداخته و با استفاده از روش دیماتل فازی اثرگذارترین و تأثیرپذیرترین زیرعامل را برای هر یک 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 هر یک 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 وقع بر اساس خروجی برنامه متلب بر اساس داده‌های مندرج در جدول ۵ زیرعامل P<sub>2</sub> 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.

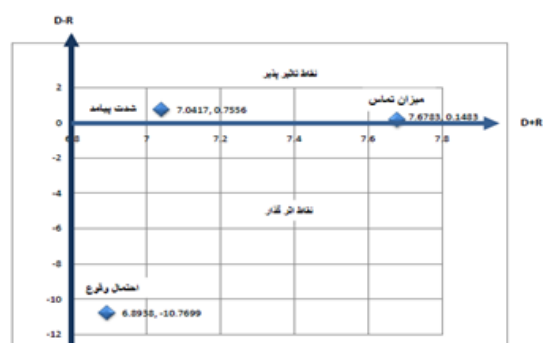
✓ و همین‌طور به‌طور مشابه زیرعامل‌های P<sub>4</sub> و P<sub>1</sub> به عنوان اثرگذارترین زیرعامل و زیرعامل‌های P<sub>3</sub> و P<sub>5</sub> به ترتیب تأثیرپذیرترین زیرعامل شناسایی شدند که این موارد در شکل ۳

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

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

جدول ۳- عوامل مؤثر در در ارزیابی ریسک ایمنی به تفکیک تأثیر گذاری و تأثیر 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 عمل آورده 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

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 <sub>1</sub>	آموزش کارکنان (ناقص یا عدم آموزش)	C <sub>1</sub>	شکل فیزیکی مواد (گاز، مایع، بخار، جامد و...)	E <sub>1</sub>	مدت زمان فعالیت
P <sub>2</sub>	عدم وجود دستورالعمل مناسب	C <sub>2</sub>	خاصیت شیمیایی مواد ی که کارگران از آن استفاده نموده یا با آن در تماس هستند	E <sub>2</sub>	دفعات انجام فعالیت
P <sub>3</sub>	عدم وجود تجهیزات مناسب	C <sub>3</sub>	دفعات و مدت زمان انجام فعالیت	E <sub>3</sub>	عدم استفاده از تجهیزات مناسب (حمل و نقل و انجام فعالیت)
P <sub>4</sub>	عدم توجه کارگر به دستورات ایمنی	C <sub>4</sub>	عدم استفاده از تجهیزات مناسب حمل و نقل	E <sub>4</sub>	عدم آموزش صحیح انجام فرایند
P <sub>5</sub>	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	وزن تعیین کننده زیرعامل اثر گذار و تاثیر گذار برای
P <sub>2</sub>	عدم وجود دستورالعمل مناسب انجام فعالیت	۵/۷۹۰۲	رتبه بندی ۰/۱۶۹۳
P <sub>4</sub>	عدم توجه اپراتور به دستورات ایمنی در طول انجام فعالیت	۵/۴۳۹۲	۰/۱۲۷۴
P <sub>1</sub>	ناقص بودن یا عدم آموزش صحیح به اپراتور	۴/۹۳۹۳	۱/۴۶۶۶
P <sub>3</sub>	عدم وجود تجهیزات مناسب	۴/۲۷۷۰	-۰/۸۵۹۰
P <sub>5</sub>	نامناسب بودن محیط کار	۳/۳۰۹۵	-۰/۹۰۴۳

ارائه شده است.

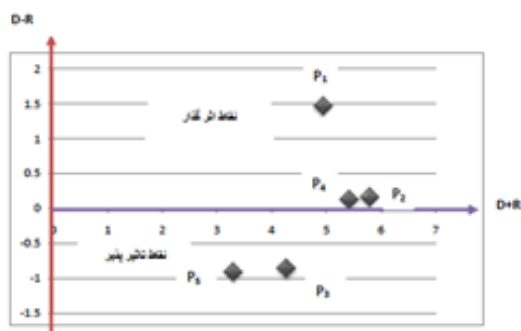
✓ بررسی زیرعامل های مربوط به عامل اصلی شدت پیامد بر اساس خروجی برنامه متلب (خبره ۴ و ۴ زیر معیار)

بر اساس داده های مندرج در جدول ۶ زیرعامل C<sub>4</sub> و بعد از آن زیرعامل C<sub>2</sub> باید اثر گذارترین زیرعامل باشد، اما به دلیل اینکه وزن تعیین کننده آن منفی می باشد، نمی تواند اثر گذارترین باشد بلکه به عنوان تأثیر پذیرترین زیرعامل ها می باشد، لذا زیرعامل های C<sub>1</sub> و بعد از آن C<sub>3</sub> به عنوان اثر گذارترین زیرعامل بر معیار اصلی شدت پیامد و زیرعامل های C<sub>2</sub> و C<sub>4</sub> به عنوان تأثیر 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

متلب (خبره ۴ و ۴ زیر معیار).

طبق داده های جدول ۷ زیرعامل E<sub>4</sub> و بعد از آن زیرعامل های E<sub>1</sub> و E<sub>2</sub> باید اثر گذارترین زیرعامل باشد، اما به دلیل اینکه میزان وزن تأثیر پذیری آن منفی



شکل ۳- نمودار علی برای زیر معیارهای احتمال وقوع

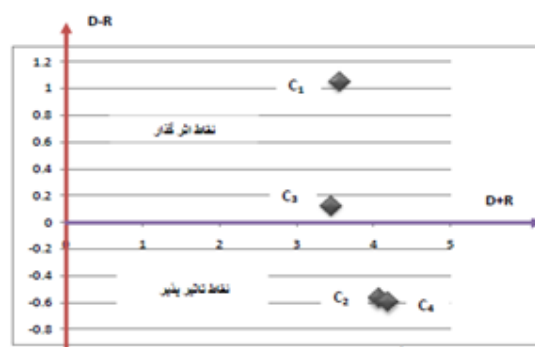


جدول ۶ - زیرعوامل تاثیرگذار به ترتیب شدت تاثیر گذاری و تاثیر پذیری بر معیار اصلی شدت پیامد در مدل ویلیام فاین

کد	زیرعامل(زیر معیار)	وزن شدت اثرگذاری زیرعامل	وزن تعیین کننده شدت اثرگذاری و تاثیر پذیری زیرعامل
C <sub>4</sub>	عدم استفاده از تجهیزات مناسب در حمل و نقل	۴/۱۹۷۳	-۰/۶۰۱۵
C <sub>2</sub>	خاصیت شیمیایی مواد مورد استفاده در فرایند تولید	۴/۰۶۸۷	-۰/۵۷۱۷
C <sub>1</sub>	شکل فیزیکی مواد بکار رفته در فعالیت(گاز، مایع ، جامد)	۳/۵۵۷۳	۱/۰۵۱۳
C <sub>3</sub>	دفعات و مدت زمان انجام فعالیت	۳/۴۴۹۵	۰/۱۳۱۸

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 نشده [۱]. در سال ۲۰۱۱، نایتو و همکارش با استفاده از تکنیک AHP در 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 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 لیوو چنگ بوده است [۱۶]. در

می‌باشد، نمی‌تواند اثرگذارترین باشد بلکه به‌عنوان



شکل ۴- نمودار علی برای زیر معیارهای شدت پیامد

تأثیرپذیرترین زیرعامل‌ها می‌باشد لذا زیرعامل E<sub>3</sub> به‌عنوان اثرگذارترین زیرعامل و زیرعامل‌های E<sub>1</sub> و E<sub>2</sub> و E<sub>4</sub> 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 قابل‌رویت 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

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;

مطالعه‌ای که جوآن و همکارانش در سال ۲۰۱۱ انجام دادند مهم‌ترین ریسک در صنایع فلزی را پرتاب جرکه 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 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 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 [۱۹ و ۲۰].

### نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که از بین سه عامل اصلی موجود در روش 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 مورد مطالعه 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



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. *Industrial Safety*, 4<sup>th</sup> 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. *Research 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. Mentés 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<sup>1</sup>, Manouchehr Omidvari<sup>2</sup>

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](mailto:omidvari88@yahoo.com)