

## مدل ارزیابی عملکرد ایمنی بر اساس عوامل سازمانی مؤثر بر ایمنی صنایع با استفاده از سیستم استنتاج فازی

علیرضا خاکپور<sup>۱\*</sup>، عادل سمیعی زفرقندی<sup>۲</sup>۱. دانشجوی دکترای گروه مدیریت تحقیق در عملیات، دانشگاه فردوسی مشهد، پردیس بین الملل، مشهد، ایران  
۲. کارشناسی ارشد گروه مدیریت بازرگانی واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

## چکیده:

**سابقه و هدف:** با گسترش توجه به عوامل سازمانی در ایمنی کار، در سال های اخیر تحقیقات بسیاری در رابطه با بررسی رابطه بین عوامل سازمانی و عملکرد ایمنی در صنایع مختلف انجام شده است ولی تا به حال مدلی که بتواند به صورت نظام مند بر اساس عوامل سازمانی، عملکرد ایمنی را ارزیابی نماید، وجود نداشته است. بر همین اساس نیز هدف این تحقیق ارائه مدلی به منظور ارزیابی عملکرد ایمنی بر اساس سیستم استنتاج فازی می باشد. **روش بررسی:** این مطالعه با توجه به هدف تحقیق کاربردی و بر اساس روش انجام کار توصیفی مدل سازی می باشد. عوامل سازمانی مؤثر بر عملکرد ایمنی صنایع استخراج شد. سپس به منظور ارزیابی عملکرد ایمنی بر اساس عوامل سازمانی، سیستم استنتاجی تدوین شد. پس از تدوین مدل در شرکت قطعه ساز خودرو استان آذربایجان شرقی پیاده سازی شد.

**یافته ها:** یافته های تحقیق نشان داد که مدل تدوین شده قابلیت ارزیابی عملکرد ایمنی در صنایع را داشته و بر اساس آن می توان نمره ای که نشان دهنده عملکرد ایمنی صنایع باشد را محاسبه نمود. کاربرد مدل در یک شرکت به عنوان محل آزمایش مدل نشان می دهد که نمره عملکرد ایمنی برابر ۰/۶۰۷ محاسبه شد. این مقدار با درجه عضویت ۰/۵۲۸ تا حد مطلوب و با درجه عضویت ۰/۴۷۲ مطلوب می باشد. **نتیجه گیری:** سیستم ارائه شده در این مقاله، ابزاری جهت نمره دهی به شمار می رود و هنگامی مورد استفاده قرار می گیرد که بخواهیم از میزان توجه شرکت ها و سازمان های مختلف به عملکرد ایمنی آگاه شویم. با توجه به این که اندازه متغیرهای تعیین کننده نمره عملکرد ایمنی با متغیرهای کلامی بیان می گردند و از طرف دیگر این متغیرها تعاملات درونی باهم دارند به طوری که گاهی اوقات در کنار همدیگر اثر متفاوتی بر نمره عملکرد ایمنی صنایع دارند، بنابراین سیستم استنتاج فازی ابزار مناسبی برای نمره دهی خواهد بود. **واژگان کلیدی:** عملکرد ایمنی، عوامل سازمانی، سیستم استنتاج فازی

## مقدمه

از جوسازمانی است که رفتار ایمنی کارکنان را در سطوح مختلف سازمانی تحت تأثیر قرار می دهد (۷ و ۸). ادراک مشترک درباره عقاید، هنجارها، ارزش ها، اعمال و مقررات مربوط به ایمنی کارگران در محیط های کاری از نظر فنی جو ایمنی نامیده می شود (۹). از این منظر می توان چنین عنوان نمود که عوامل سازمانی به عنوان عوامل پنهان، به طور غیرمستقیم در عملکرد ایمنی محیط کار نقش آفرینی می نمایند (۱۰). با گسترش توجه به عوامل سازمانی در ایمنی کار، در سال های اخیر تحقیقات بسیاری در رابطه با بررسی رابطه بین عوامل سازمانی و رفتار ایمنی کارکنان انجام شده است (۵ و ۱۱-۱۴). در چند دهه گذشته نیز عوامل سازمانی به شاخص های پیشرو در تشریح عملکرد ایمنی شغلی و جو ایمنی در صنایع تبدیل شده اند (۵). با وجود تحقیقات مختلف در حوزه ایمنی، تا به حال سیستمی به منظور

در طول سالیان گذشته فرایند شناسایی علل ریشه ای حوادث و نقص سیستم ها مراحل مختلفی را پشت سر گذاشته است؛ که به ترتیب تحت عنوان مرحله تکنیکی، مرحله خطای انسانی، مرحله فنی- اجتماعی و مرحله سازمانی نامیده می شوند (۱). از شروع مرحله سازمانی که آغاز آن به حادثه چرنوبیل برمی گردد، عوامل سازمانی به عنوان علل مؤثر بر وقوع حوادث صنعتی مطرح گردیده است. برخی از بررسی های انجام گرفته نشان می دهد که ۳۰ تا ۴۰ درصد حوادث کار، ناشی از عوامل سازمانی است (۲).

مطالعات مختلفی نیز که در چند دهه گذشته در رابطه با جو ایمنی انجام شده است، بسیاری از عوامل سازمانی مؤثر بر عملکرد ایمنی را مشخص نموده اند (۳-۶). جو ایمنی فرم خاصی

ارائه نشده است. عملکرد ایمنی در سازمان با استفاده از سیستم استنتاج فازی سازمانی می‌باشد و از طرف دیگر ارزیابی عملکرد ایمنی موضوعی پیچیده است؛ این پیچیدگی از یکطرف حاصل تعداد متغیرهای دخیل در موضوع و از طرف دیگر به علت وجود واژه های زبانی است که مؤلفه ابهام را به تصمیم گیری می افزاید. بر همین اساس نیز در این مقاله تلاش شده است تا با طراحی و تدوین سیستم استنتاج فازی، چارچوبی نظاممند به منظور ارزیابی عملکرد ایمنی ارائه شود. طراحی چنین سیستمی در ضمن این که می تواند در ارائه تصویری شفاف از عملکرد ایمنی سودمند باشد، توان پشتیبانی از تصمیمات را در جهت ارائه توصیه هایی به مدیران به منظور اتخاذ تصمیمات مناسب بر اساس شناخت از وضعیت ایمنی را نیز دارد.

بر مبنای تحقیقات (۱۰ و ۱۵) عوامل سازمانی مؤثر بر عملکرد ایمنی در چهار طبقه معیارهای سطح سازمانی، سطح مدیریت ایمنی، سطح کار گروهی و معیارهای سطح فردی طبقه بندی می شوند. معیارهای سطح سازمانی را میتوان در چهار عامل تعهد مدیریت به ایمنی، بهبود مستمر ایمنی، روابط متقابل و توانمندسازی کارکنان خلاصه نمود (۱۰). در بین این چهار عامل، تعهد مدیریت به ایمنی از عوامل اصلی جو ایمنی محسوب می شود که از زیرمجموعه های عوامل سازمانی است (۱۶). جو ایمنی می تواند به صورت تصویر موقت و لحظه ای فرهنگ تلقی گردد که در ادراکات مشترک کارکنان از سازمان در یک زمان ویژه منعکس شده است (۱۷). تعهد مدیریت به ایمنی، دلالت بر نقش حمایتی مدیریت ارشد سازمان از برنامه های ایمنی در سطح سازمان دارد. زمانی که مدیران ارشد تعهد کافی به برنامه های ایمنی دارند، منابع کافی را در اختیار فعالیت های ایمنی قرار داده و به خوبی از آن فعالیت ها حمایت خواهند کرد (۱۵). سطح بالای تعهد، بر رفتار ایمنی کارکنان تأثیرگذار است (۱۸). در مطالعات انجام شده داخلی (۲۲-۱۹)، نیز بر تعهد مدیریت به ایمنی توجه بسیاری شده است. عامل بعدی در بین معیارهای سطح سازمانی بهبود مستمر است. بهبود مستمر را می توان به عنوان یک فرایند مستمر برنامه ریزی شده، سازمان یافته و نظام مند برای افزایش و بهبود عملکرد ایمنی سازمان تعریف نمود. هدف بهبود مستمر در ایمنی، تغییر و اصلاح مستمر رویه های موجود برای دستیابی به عملکردی بهتر از قبل می باشد (۲۳). عامل بعدی در این سطح، روابط متقابل می باشد. روابط متقابل در دستیابی به هدف های سازمانی نقش مهمی دارد. روابط متقابل تسهیل کننده ارتباطات بین کارکنان، سرپرستان و مدیران می باشد (۱۵). در تحقیقی نشان داده شده که حفظ روابط متقابل، کارکردی میان فرهنگی دارد و افراد را در هر سطحی از طبقه شغلی به هم نزدیک می کند (۲۴). در نهایت توانمندسازی کارکنان نیز اشاره به میزان توانایی کارکنان در حفظ مسائل ایمنی دارد؛ این توانایی غالباً از طریق مشارکت در تصمیم

گیری ها و شرکت در جلسات مربوط به مسائل ایمنی به دست می آید (۲۵). توانمندسازی کارکنان یکی از ابعاد کلیدی جو ایمنی نیز محسوب می شود (۱۵). توانمندسازی کارکنان باعث افزایش انگیزش کارکنان برای قبول مسئولیت های مربوط به ایمنی گردیده (۲۶) و باعث کاهش رفتار های حادثه ساز و آسیب رسان به کارکنان می شود (۲۷). معیارهای سطح مدیریت ایمنی: فعالیت های ایمنی، سیستم مدیریت ایمنی، سیستم پاداش و سیستم گزارش دهی، عواملی می باشند که نقش کنترلی و پشتیبانی از فرایندهای ایمنی سازمان را دارند (۶). فعالیت های ایمنی سازمان دلالت بر روش های ایجاد ارتباط سازمان با سیاست های ایمنی سازمان، تأمین دانش مورد نیاز و نهایتاً ترویج شیوه های و روش های ایمنی کار دارد. از جمله فعالیت های ایمنی سازمان، می توان به آموزش های ایمنی و مانورهای ایمنی اشاره نمود. سیستم مدیریت ایمنی نیز وظیفه سیاست گذاری های کلان و تدوین رویه های مربوط به ایمنی را بر عهده دارد (۲۶). چگونگی تشخیص مسائل ایمنی سازمان، ارزیابی، کنترل و حل آن ها در این بخش صورت می گیرد (۲۸).

سیستم پاداش عامل کلیدی در اثربخشی سیستم مدیریت ایمنی محسوب می شود. سیستم پاداش دلالت بر شیوه هایی دارد که به وسیله آن ها مدیریت ارشد سازمان رفتارهای ایمن را تشویق و مانع رفتارهای مخاطره آمیز کارکنان می شود. سیستم گزارش دهی نشان دهنده تمایل کارکنان به گزارش مسائل مربوط به ایمنی کار می باشد. سیستم گزارش دهی به عنوان یک حلقه بازخورد مؤثر، مدیریت را قادر می سازد تا شناخت و درک مناسبی از مشکلات ایمنی محل کار به دست آورد. این سیستم در حقیقت سیستم اطلاع رسانی سازمان در مسائل ایمنی محسوب می شود. این سیستم با ثبت و نگهداری گزارش های کارکنان، ابزاری برای یادگیری سازمانی در رابطه با حوادث اتفاق افتاده در کار و جلوگیری از تکرار حوادث مشابه در آینده هست (۲۸). معیارهای سطح کار گروهی شامل دو بعد نظارت سرپرستان و کار تیمی می شود. نظارت سرپرستان در این بخش معطوف به تلاش های آنان در آموزش و نظارت بر ایمنی کارکنان هست (۲۹). مطالعات نشان داده است، در مواقعی که سرپرستان در پی ارتقاء ایمنی بوده اند، عملکرد ایمنی کارکنان نیز غالباً افزایش یافته است (۳۰، ۳۱). علاوه بر این زمانی که سرپرستان زمان بیشتری را برای نظارت بر عملکرد ایمنی کارکنان صرف می کنند و بازخورد بیشتری به کارکنان در رابطه با عملکرد آن ها می دهند، عملکرد ایمنی نیز بهبود می یابد (۲۹). کارگروهی نشان دهنده ارتباطات، هماهنگی و همکاری در بین اعضای یک گروه کاری می باشد. کارگروهی نقش مهمی در عملکرد ایمنی دارد (۲۴).

نهایتاً معیارهای سطح فردی شامل، خودکارآمدی ایمنی، دانش و آگاهی از ایمنی و رفتارهای ایمنی می شود. در خودکارآمدی ایمنی اعتقاد بر این است که کارکنان شایستگی و صلاحیت کافی در رعایت الزامات

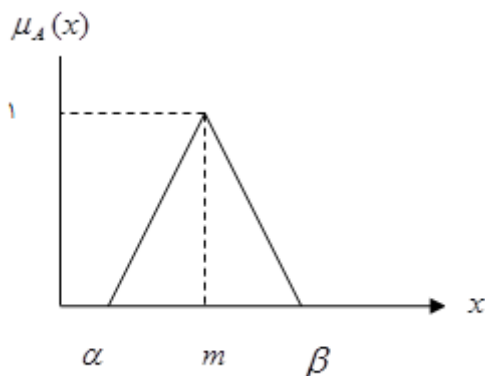
## فازی سازی

در این مرحله متغیرهای کلامی فازی سازی می شوند. برای فازی سازی متغیرها از تابع مثلثی رابطه ۱ استفاده شده است. شکل ۲ نمایش اعداد مثلثی را در بازه ( $\alpha$  و  $\beta$ ) نشان می دهد.

در این مقاله، اعداد فازی مثلثی مربوط به هر متغیر کلامی با نماد نشان داده می شود. در این مقاله، اعداد فازی مثلثی مربوط به هر متغیر کلامی با نماد نشان داده می شود.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-\alpha}{m-\alpha} & \alpha < x < m \\ 1 & x = m \\ \frac{\beta-x}{\beta-m} & m < x < \beta \\ 0 & \text{others} \end{cases}$$

رابطه ۱. ضابطه تابع مثلثی



شکل ۲. نمایش اعداد مثلثی

در این مقاله، اعداد فازی مثلثی مربوط به هر متغیر کلامی با نماد ( $\alpha \ m \ \beta$ ) نشان داده می شود.

مرحله فازی سازی از دو گام تشکیل شده است. گام‌های فازی سازی در زیر توضیح داده می شود.

## گام اول: فازی سازی متغیرهای ورودی

برای فازی سازی معیارهای سطح سازمانی، سطح مدیریت، سطح کار گروهی و معیارهای سطح فردی از یک طیف سه گزینه ای بافاصله‌های یکسان استفاده شده است. اعداد فازی معادل معیارهای اخیر به صورت جدول ۱ در نظر گرفته شده است.

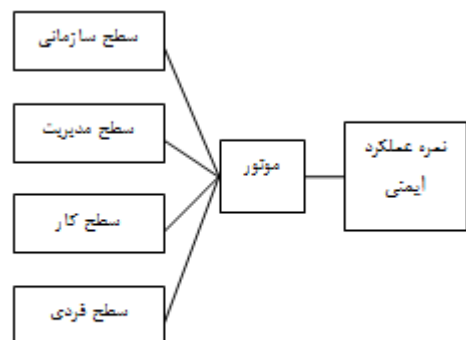
ایمنی را داشته و بر اساس اعتقاد به این شایستگی در بسیاری از موارد همکاران را نیز در رعایت موارد ایمنی کنترل می نمایند (۳۱). آگاهی از ایمنی نیز نشان دهنده ادراک کارکنان از خطر در محل کار می باشد. رفتار ایمنی کارکنان اشاره به رفتار ریسک پذیر کارکنان و تطابق آن رفتار با رویه ها و قوانین ایمنی سازمان دارد (۱۰).

## مواد و روش ها

پژوهش حاضر از لحاظ هدف تحقیق از نوع تحقیقات مدل سازی- کاربردی بوده و از لحاظ روش انجام کار توصیفی می باشد. در این پژوهش بر اساس ادبیات تحقیق و مجموعه های فازی، سیستم استنتاج فازی به منظور ارزیابی عملکرد ایمنی بر اساس عوامل سازمانی طراحی شده است. در طراحی و مدل سازی سیستم استنتاج فازی، دانش مربوط به تعیین ورودی ها و خروجی سیستم و همچنین قوانین استنتاج از ادبیات تحقیق و از طریق مطالعات کتابخانه ای به دست آمده است. روش های تجزیه تحلیل با توجه به مرسوم بودن، کارایی و سهل بودن در به کارگیری انتخاب شدند. بنابراین برای فازی سازی از تابع مثلثی، برای میانگین فازی از روش مرکز ناحیه و برای استنتاج فازی روش مددانی به کار گرفته شده است. تمام عملیات ریاضی توسط نرم افزار متلب انجام گردیده است. پس از تدوین مدل و اطمینان از صحت مدل، سیستم تدوین شده به صورت مطالعه موردی به منظور ارزیابی عملکرد ایمنی بکار گرفته شده است. در ادامه مراحل طراحی سیستم استنتاج فازی به صورت گام به گام توضیح داده می شود.

## طراحی سیستم

در این مرحله، ورودی ها و خروجی ها تعیین می گردند. بر مبنای تحقیقات (۱۰ و ۱۵) عوامل سازمانی مؤثر بر عملکرد ایمنی در چهار طبقه معیارهای سطح سازمانی، سطح مدیریت، سطح کار گروهی و معیارهای سطح فردی طبقه بندی می شوند که این چهار معیار به عنوان ورودی های سیستم و نمره عملکرد ایمنی صنایع، به عنوان تنها متغیر خروجی سیستم تعیین گردید. شکل ۱ این سیستم را نشان می دهد.



شکل ۱. سیستم استنتاج فازی تحقیق

جدول ۱. افراز بندی متغیرهای کلامی و عدد فازی معادل هر متغیر کلامی

عدد فازی	فردی	کار گروهی	مدیریت ایمنی	سازمانی
$(\alpha \ m \ \beta)$				
(۰ ۰/۵)	نامناسب	نامناسب	نامناسب	نامناسب
(۰ ۰/۵ ۱)	تا حدی مناسب	تا حدی مناسب	تا حدی مناسب	تا حدی مناسب
(۰/۵ ۱ ۱)	مناسب	مناسب	مناسب	مناسب

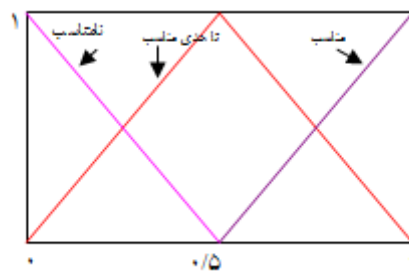
**گام دوم: فازی سازی متغیر خروجی**

خروجی سیستم خبره همان طور که بیان گردید نمره اختصاص یافته به عملکرد ایمنی صنایع می باشد. اعداد فازی معادل متغیرهای زبانی خروجی به صورت جدول ۲ می باشد.

جدول ۲. واژه های زبانی عملکرد ایمنی صنایع

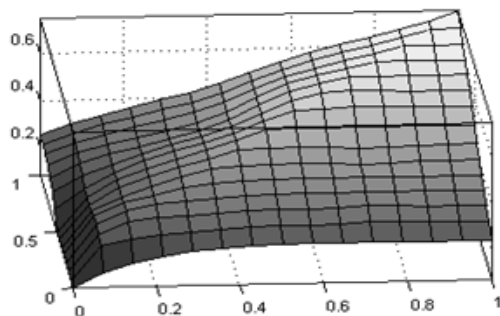
نمره فعالیت	عدد فازی
خیلی نامطلوب	(۰ ۰/۲۵)
نامطلوب	(۰ ۰/۲۵ ۰/۵)
تا حدی مطلوب	(۰/۲۵ ۰/۵ ۰/۷۵)
مطلوب	(۰/۵ ۰/۷۵ ۱)
خیلی مطلوب	(۰/۷۵ ۱ ۱)

هر کدام از متغیرهای کلامی را می توان به شکل یک نمودار نیز نشان داد. با توجه به اینکه هر یک از ورودی ها با سه متغیر کلامی افراز بندی شده اند، عدد فازی معادل هر یک از سه متغیر کلامی، به صورت شکل ۳ نشان داده می شود.



شکل ۳. تبدیل واژه های زبانی ورودی به اعداد فازی معادل

پس از انتخاب خبرگان و ارائه قوانین اولیه تدوین شده به آن ها، بر اساس اظهار نظرات افراد خبره، قوانین هر جا که نیاز بوده اصلاح شده و قوانین اصلاح شده و مورد تأیید خبرگان وارد موتور استنتاج سیستم طراحی شده، گردیدند. به عنوان مثال در یکی از قوانین داریم: «اگر معیارهای سطح سازمانی در وضعیت نامناسب، معیارهای سطح مدیریت ایمنی نامناسب، سطح کار گروهی تا حدی مناسب و معیارهای سطح فردی نیز تا حدی مناسب باشد، آنگاه عملکرد ایمنی سازمان مذکور نامطلوب خواهد بود». در این مرحله همچنین رفتار سیستم استنتاج بر اساس نمودارها نیز از طرف خبرگان بررسی شد تا از صحت قوانین تدوین شده اطمینان بیشتری حاصل گردد. نمودارهای رسم شده در شکل های ۴ و ۵ رفتار ورودی های مختلف را بر اساس خروجی های مختلف را نشان می دهند.

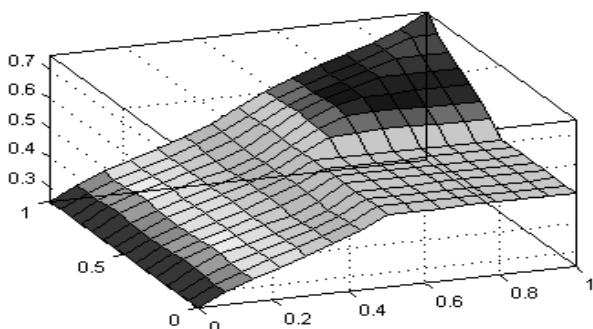


شکل ۴. نمره (رفتار) عملکرد ایمنی در ارتباط با دو ورودی معیارهای سازمانی و مدیریت ایمنی

**تدوین قوانین استنتاج (موتور استنتاج)**

با توجه به وجود چهار متغیر ورودی که هر کدام از آن ها به سه متغیر زبانی افراز بندی شده اند، در حالت ایده آل  $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$  قانون قابل تبیین است. در این مرحله، ابتدا قوانین اولیه ای تدوین شد. سپس این قوانین به ده فرد خبره سپرده شد. خبرگان تحقیق از بین کارشناسان مدیریت ایمنی و اساتید دانشگاه انتخاب شده اند. خبرگان انتخاب شده دارای مشخصات زیر بوده اند:

- سابقه تدریس دروس مرتبط با موضوع مدیریت ایمنی را داشته باشند
- حداقل ۵ سال سابقه کار در زمینه مدیریت ایمنی را داشته باشند
- حداقل آشنایی با سیستم های استنتاج و قوانین اگر- آنگاه را داشته باشند



شکل ۵. نمره (رفتار) عملکرد ایمنی در ارتباط با دو ورودی معیارهای فردی و کار گروهی

## مطالعه موردی

پس از اطمینان از صحت مدل تدوین‌شده، در این قسمت از مدل طراحی‌شده به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد ایمنی در شرکت‌های قطعه ساز عضو انجمن قطعه سازان خودرو تبریز استفاده شده است. بدین منظور یک از شرکت‌های قطعه ساز به‌عنوان محل اجرای مدل انتخاب شده است. جامعه آماری این تحقیق را کارکنان و مدیران این شرکت تشکیل داده‌اند. با استفاده از فرمول تعیین حجم نمونه تعداد ۵۰ نفر به‌عنوان حجم نمونه آماری مشخص گردیده است. به‌منظور تعیین اندازه ورودی‌های سیستم که سطح سازمانی، سطح مدیریت ایمنی، سطح کار گروهی و معیارهای سطح فردی می‌باشد از پرسشنامه استفاده شده است.

روایی پرسشنامه، به‌صورت صوری تعیین شده است. به‌این‌ترتیب که ابزار اندازه‌گیری در اختیار همان خبرگانی که در تدوین قوانین حضور داشتند قرار گرفته و از آنان خواسته شده است پس از مطالعه، نظرات خود را در مورد روایی پرسشنامه اعلام نمایند. پس از جمع‌آوری اظهارنظرهای اعلام‌شده و اصلاح برخی سؤالات نتیجه گرفته شد که پرسشنامه موردنظر از روایی بالایی برخوردار می‌باشد. برای اندازه‌گیری پایایی پرسشنامه نیز از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شده است. مقدار این ضریب ۰/۹۰۷ محاسبه شده است. با توجه به مقدار ضریب آلفای کرونباخ محاسبه‌شده، نتیجه گرفته می‌شود که پرسشنامه طراحی‌شده از پایایی بالایی برخوردار می‌باشد.

## یافته‌ها

پس از توزیع و جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، پاسخ‌های هرکدام از اعضای نمونه آماری به هرکدام از پرسش‌های پرسشنامه با استفاده از تابع مثلثی به عدد فازی تبدیل شده‌اند. سپس میانگین فازی (مثلثی) برای هر پاسخنامه محاسبه شده است. این میانگین نشان‌دهنده نظر یک فرد به یک پرسشنامه است. درنهایت میانگین نظرات پنجاه نفر از اعضای نمونه آماری در خصوص هر معیار محاسبه شده است. بدین ترتیب برای هر معیار عددی که نشان‌دهنده نظرات پنجاه نفر است به‌دست آمده است. اعداد فازی به‌دست آمده با استفاده از رابطه ۲ به اعداد قطعی تبدیل شده‌اند.

$$COA = \frac{(\beta - \alpha) + (m - \alpha)}{3} + \alpha$$

رابطه ۲.

شکل ۴، در حالت سه‌بعدی رفتار دو ورودی، معیارهای سطح سازمانی و سطح مدیریت ایمنی را در رابطه با عملکرد ایمنی سازمان نشان می‌دهد. بر اساس ادبیات تحقیق و مصاحبه‌های انجام‌گرفته هرگاه معیارهای سطح سازمانی و معیارهای سطح فردی افزایش یابد و به حد مناسب برسد، عملکرد ایمنی نیز در سازمان افزایش داشته و به حالت مطلوب نزدیک می‌شود. در شکل ۵، دیده می‌شود که بر اساس قوانین تدوین‌شده، با افزایش دو بعد معیارهای سطح سازمانی و سطح مدیریت ایمنی، عملکرد ایمنی نیز افزایش می‌یابد که این مطابق انتظارات ما می‌باشد. در شکل ۵، نیز رفتار دو متغیر دیگر یعنی معیارهای سطح فردی و سطح کار گروهی در ارتباط با عملکرد ایمنی به‌منظور اطمینان بیشتر از صحت قوانین تدوین‌شده، بررسی شده است.

شکل ۵ در حالت سه‌بعدی رفتار دو ورودی، معیارهای کار گروهی و سطح فردی را در رابطه با عملکرد ایمنی سازمان نشان می‌دهد. در این شکل دیده می‌شود که بر اساس قوانین تدوین‌شده، با افزایش دو بعد معیارهای کار گروهی و سطح فردی، عملکرد ایمنی نیز افزایش می‌یابد که این مطابق انتظارات ما می‌باشد. به‌منظور اطمینان بیشتر از اعتبار مدل، از تست تمام قوانین نیز به‌منظور اعتبار سنجی مدل استفاده شده است. در روش تست تمام قوانین ورودی‌های موتور استنتاج (طرف مقدم هر قانون) یک‌به‌یک به سیستم خبره مربوطه وارد شد. موتور استنتاج به ازای ورودی‌های هر قانون، خروجی متناظر با آن قانون را تولید کرد. خروجی به‌دست‌آمده از قانون با خروجی مورد انتظار مقایسه شد. منظور از خروجی مورد انتظار، خروجی است که بر اساس قوانین تدوین‌شده، انتظار داریم به دست آید. این خروجی همان است که در طرف دوم قوانین، به آن‌ها اشاره شده است. میانگین مجزورات خطای خروجی‌های به‌دست‌آمده از نرم افزار با خروجی‌های مورد انتظار محاسبه گردید. مجموع خطاها ۰/۰۰۲۹۶ به دست آمد. با توجه به دیدگاه افراد خبره<sup>۱</sup> این مقدار خطا قابل‌اغماض است. خلاصه محاسبات مربوط به تست خطای موتور استنتاج با این روش در جدول ۳، نشان داده شده است.  $SO^* =$  نمره مورد انتظار بر اساس هر قانون خروجی نرم افزار به ازای هر ورودی

جدول ۳. خلاصه محاسبات مربوط به دقت موتور استنتاج نمره عملکرد ایمنی

شماره قانون	$SO^*$	$SO$	$\sqrt{(SO^* - SO)^2}$
۱	۰	-۱۰۸	-۱۰۸
۲	۰	-۱۰۸	-۱۰۸
۳	-۱۲۵	-۱۲۵	۰
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
۸۰	-۱۷۵	-۱۷۵	۰
۸۱	۱	-۱۹۲	-۱۰۸
جمع			۰/۰۰۲۹۶

۱ افراد خبره افرادی هستند که در مورد قوانین استنتاج نیز اظهار نظر کرده‌اند.

جدول ۴. خلاصه اطلاعات مربوط به معیارهای سطح سازمانی

شماره فرد	معیارهای سطح سازمانی				میانگین فازی
	تعهد مدیریت به ایمنی	بهبود مستمر ایمنی	روابط متقابل	توانمندسازی	
۱	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰ ۰/۵)	(۰/۱۲۵ ۰/۵ ۰/۸۷۵)
۲	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۱۲۵ ۰/۶۲۵ ۱)
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
۴۹	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۲۵۰ ۰/۷۵۰ ۱)
۵۰	(۰ ۰ ۰/۵)	(۰ ۰ ۰/۵)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰/۲۵۰ ۰/۷۵۰)
میانگین فازی					(۰/۲ ۰/۷ ۰/۹۵)
میانگین ها پس از فازی زدایی					۰/۶۲

جدول ۵. خلاصه اطلاعات مربوط به معیارهای سطح مدیریت ایمنی

شماره فرد	معیارهای سطح کار گروهی				میانگین فازی
	فعالیت های ایمنی	سیستم مدیریت ایمنی	سیستم پاداش	سیستم گزارش دهی	
۱	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۳۷۵ ۰/۸۷۵ ۱)
۲	(۰ ۰ ۰/۵)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰ ۰/۵)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۲۵۰ ۰/۵۰۰ ۰/۷۵۰)
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
۴۹	(۰ ۰ ۰/۵)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۱۲۵ ۰/۲۵۰ ۰/۸۷۵)
۵۰	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۳۷۵ ۰/۸۷۵ ۱)
میانگین فازی					(۰/۲۳۵ ۰/۶۸۶ ۰/۹۰۷)
میانگین میانگین ها پس از فازی زدایی					۰/۶۱

جدول ۶. خلاصه اطلاعات مربوط به معیارهای سطح کار گروهی

شماره فرد	معیارهای سطح کار گروهی		میانگین فازی
	نظارت سرپرستان	کار گروهی	
۱	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۲۵۰ ۰/۷۵۰ ۱/۰۰۰)
۲	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۵۰۰ ۱/۰۰۰ ۱/۰۰۰)
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
۴۹	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۰۰۰ ۰/۵۰۰ ۱/۰۰۰)
۵۰	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۲۵۰ ۰/۷۵۰ ۱/۰۰۰)
میانگین فازی			(۰/۲۵۰ ۰/۶۷۵ ۰/۹۷۵)
میانگین میانگین ها پس از فازی زدایی			۰/۶۴

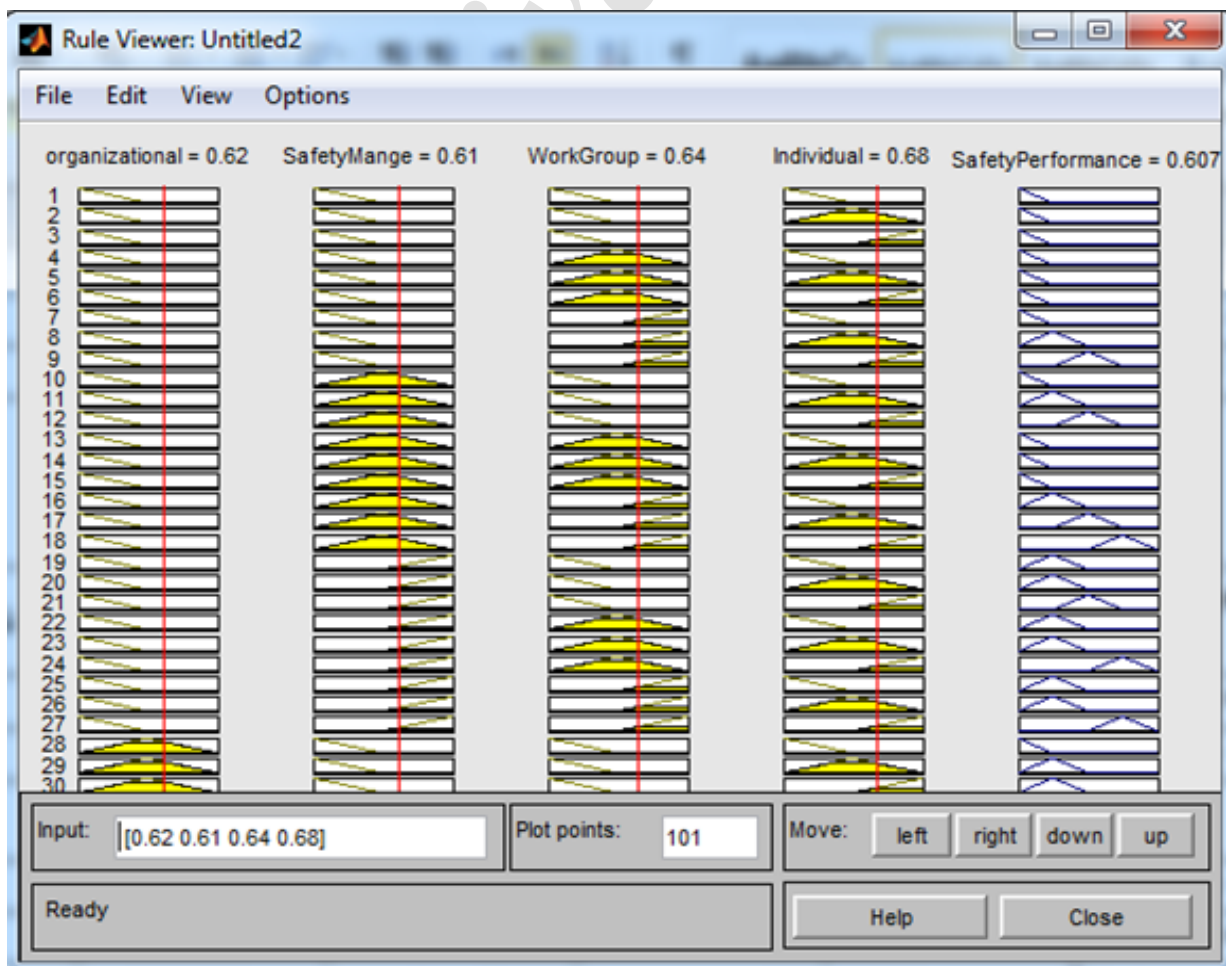


جدول ۷. خلاصه اطلاعات مربوط به معیارهای سطح فردی

شماره فرد	معیارهای سطح فردی			میانگین فازی
	رفتار ایمنی	دانش و آگاهی از ایمنی	خودکارآمدی ایمنی	
۱	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۳۳۳ ۰/۸۳۳ ۱/۰۰۰)
۲	(۰ ۰ ۰/۵)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۰۰۰ ۰/۳۳۳ ۰/۸۳۳)
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
۴۹	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۱۶۷ ۰/۶۶۷ ۱/۰۰۰)
۵۰	(۰ ۰/۵ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۵ ۱ ۱)	(۰/۳۳۳ ۰/۸۳۳ ۱/۰۰۰)
میانگین فازی				(۰/۲۶۸ ۰/۷۸۸ ۰/۹۷۵)
میانگین میانگین ها پس از فازی زدایی				۰/۶۸

همان‌طور که در شکل ۶، نشان داده شده است، نمره عملکرد ایمنی شرکت عدد ۰/۶۰۷ به دست آمده است. درجه عضویت نمره عملکرد ایمنی در واژه های زبانی با استفاده از رابطه ۱ نیز نشان می دهد که عملکرد ایمنی در شرکت با درجه عضویت ۰/۵۷۲ تا حدی مطلوب و با درجه عضویت ۰/۴۲۸ مطلوب می باشد.

اعداد قطعی به دست آمده در نهایت وارد سیستم استنتاج تدوین شده در نرم افزار متلب گردیده و خروجی سیستم استنتاج به دست آمده است. این خروجی نشان دهنده نمره عملکرد ایمنی در شرکت مورد نظر بر اساس عوامل سازمانی مؤثر بر عملکرد ایمنی می باشد. در شکل ۶ نمرات ورودی و خروجی به دست آمده نشان داده شده است.



اکثر مطالعات انجام شده در رابطه با ارزیابی عملکرد ایمنی، مانند مطالعات ( )، ( )، ( ) به دلیل استفاده از تکنیک های استنباطی قطعی، فرض مدل را مبتنی بر روابط خطی قرار می دهند؛ حال آن که در موضوعاتی مانند عملکرد ایمنی که با واژه های زبانی سروکار داریم و این واژه های زبانی در اغلب موارد مؤلفه ابهام را به تصمیم گیری میافزایند، نگاه خطی و استنباطی به موضوع منطقی به نظر نمی رسد. از طرف دیگر وجود واژه های زبانی، باعث شده است تا تصمیم گیری در زمینه ارزیابی عملکرد ایمنی پیچیده تر شود؛ این پیچیدگی سبب می شود که تصمیم گیری در موضوعاتی مانند ارزیابی عملکرد ایمنی به دانش افراد خبره وابسته شود. دانش افراد خبره موضوعی نیست که به سادگی بتوان آن را به مدلی برای تصمیم گیری تبدیل کرد؛ مدلهای مرسوم در تصمیم گیری در مواجهه با واژه های زبانی و دانش افراد خبره از منطق باینری استفاده میکنند، حال آنکه این گونه تصمیمات از طبیعت پیوسته (درجه یا میزان تعلق) برخوردارند. برای مواجهه با چنین موقعیت هایی ابزارهای تصمیم گیری مناسب با این شرایط مورد نیاز است. چنین به نظر می رسد که در این گونه موارد ریاضیات فازی ابزار مناسبی برای مدل سازی خواهد بود. در مواردی که مجبور هستیم دانش افراد خبره را به مدل های ریاضی تبدیل کنیم، به علت ماهیت دانش - که با استفاده از واژه های زبانی بیان می شود - به کارگیری تئوری و منطق فازی مناسب خواهد بود. در این مقاله بر مبنای استدلال انجام شده ابتدا یک سیستم خبره فازی به منظور ارزیابی عملکرد ایمنی بر اساس عوامل سازمانی مؤثر بر عملکرد ایمنی تدوین شد. بر مبنای تحقیقات (۱۵ و ۱۰) عوامل سازمانی مؤثر بر عملکرد ایمنی در چهار طبقه معیارهای سطح سازمانی، سطح مدیریت ایمنی، سطح کار گروهی و معیارهای سطح فردی طبقه بندی می شوند که این چهار معیار به عنوان ورودی های سیستم و نمره عملکرد ایمنی صنایع، به عنوان تنها متغیر خروجی سیستم تعیین گردید. پس از تعیین متغیرهای ورودی و خروجی سیستم، بر اساس ادبیات تحقیق و نظرخواهی از خبرگان، قوانین استنتاج تدوین شد. در نهایت برای اطمینان از این که خطای سیستم استنتاج فازی تدوین شده در محدوده قابل قبول است یا نه تست مدل انجام گردید. نتیجه تست مدل در دو حالت تست تمام قوانین و تحلیل رفتار نشان داد که سیستم استنتاج فازی تدوین شده از اعتبار بالایی برخوردار است. در حالت تست تمام قوانین، خطای مدل ۰/۰۰۲۹۶ محاسبه شد که این مقدار خطا از نظر افراد خبره، بسیار کم و قابل اغماض هست. همچنین این مقدار خطا، بیان گر تدوین مناسب قوانین استنتاج نیز بوده است. تحلیل رفتار انجام گرفته بر روی هر چهار متغیر ورودی و برآورد تأثیر آن ها بر نمره عملکرد ایمنی نیز که با استفاده از نظرات افراد خبره و نرم افزار متلب انجام گرفت، نشان دهنده قابل قبول بودن سیستم استنتاج فازی تدوین شده، بوده است. در ادامه با توجه به هدف تحقیق سیستم

طراحی شده در یکی از شرکتهای قطعه ساز خودرو استان آذربایجان شرقی مورد آزمون قرار گرفت. نتیجه ارزیابی نمره عملکرد ایمنی نیز نشان داد که نمره عملکرد ایمنی در شرکت مورد نظر با مقدار ۰/۵۷۲ تا حدی مطلوب و با درجه عضویت ۰/۴۲۸ مطلوب می باشد. سیستم استنتاج طراحی شده در این تحقیق، این مزیت را دارد که میتواند به طور سامان مند و با در نظر گرفتن نوع متغیرهای عملکرد ایمنی که در اغلب اوقات با واژه های زبانی بیان می گردند، نسبت به اندازه گیری عملکرد ایمنی در سازمان اقدام و مدیریت را در تصمیم گیری ها یاری رساند. مطالعه دارای محدودیت هایی به شرح زیر بود:

- در این تحقیق از پرسشنامه استفاده شده بود؛ بر همین اساس نیز با توجه به محدودیتهای پرسشنامه در تشخیص وضعیت واقعی و موجود پاسخ دهندگان، پیشنهاد می گردد تا در تحقیقات بعدی ضمن استفاده از پرسشنامه، از مشاهده مستقیم و چک لیست نیز استفاده شده و امتیازات ابزارهای مختلف جمع آوری داده ها با یکدیگر تلفیق و ارزیابی مبتنی بر داده های تلفیقی صورت گیرد.
- افزایش متغیرهای ورودی باعث می گردد که تعداد قوانین قابل تدوین افزایش یابد؛ این امر هم باعث ابهام بیشتر در تحلیل قوانین و هم بسیار وقتگیر خواهد بود؛ بر همین اساس پیشنهاد می گردد تا محققان با افزایش ورودی ها، به منظور دستیابی به قوانین کمتر و بهینه تر، تلفیقی از سیستم استنتاج و الگوریتم های فرا ابتکاری را بکار گرفته و تعداد بهینه قوانین را با استفاده از الگوریتم های فرا ابتکاری تعیین نمایند.
- در این تحقیق در تدوین قوانین استنتاج، هیچ گونه وزنی برای ورودی های سیستم در نظر گرفته نشده است، شاید بتوان یکی از نقاط ضعف سیستم های استنتاج تدوین شده در این تحقیق را به این نکته نسبت داد؛ بنابراین پیشنهاد می گردد تا در تحقیقات بعدی، محققان ضمن تعیین وزن های هر یک از ورودی ها، قوانین تدوین شده را نیز بر پایه وزن ها ورودی ها، وزن دار نموده و سیستم ها را بر اساس قوانین موزون طراحی نمایند. هر چند ذکر این نکته نیز ضروری است که در طراحی و تدوین سیستم های استنتاج این تحقیق، قوانین تدوین شده در مراحل مختلفی مورد بررسی قرار گرفته است، پس می توان اعتماد بیشتری به نتایج به دست آمده داشت.



## References

1. Fu G, Zhang J, Xie X, Zhang Z. Design For Safety Climate Questionnaire Framework. National Science Foundation Of China. 2006.
2. Hollnagel E, Woods DD. Joint cognitive systems: Foundations of cognitive systems engineering: CRC Press; 2005.
3. Hofmann DA, Stetzer A. A cross-level investigation of factors influencing unsafe behaviors and accidents. *Personnel Psychology*. 1996;49(2):307-39.
4. Tomás JM, Melia JL, Oliver A. A cross-validation of a structural equation model of accidents: organizational and psychological variables as predictors of work safety. *Work & Stress*. 1999;13(1):49-58.
5. Flin R, Mearns K, O'Connor P, Bryden R. Measuring safety climate: identifying the common features. *Safety Science*. 2000;34(1):177-92.
6. Lee T, Harrison K. Assessing safety culture in nuclear power stations. *Safety Science*. 2000;34(1):61-97.
7. Zohar D. Safety climate in industrial organizations: theoretical and applied implications. *Journal of Applied Psychology*. 1980;65(1):96-102.
8. Cooper MD, Phillips RA. Exploratory analysis of the safety climate and safety behavior relationship. *Journal of Safety Research*. 2004;35(5):497-512.
9. Silva S, Lima ML, Baptista C. OSCI: an organisational and safety climate inventory. *Safety Science*. 2004;42(3):205-20.
10. Hsu SH, Lee C-C, Wu M-C, Takano K. A cross-cultural study of organizational factors on safety: Japanese vs. Taiwanese oil refinery plants. *Accident Analysis & Prevention*. 2008;40(1):24-34.
11. Tomás JM, Melia JL, Oliver A. A cross-validation of a structural equation model of accidents: organizational and psychological variables as predictors of work safety. *Work & Stress*. 1999;13(1):49-58.
12. Neal A, Griffin MA, Hart PM. The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior. *Safety Science*. 2000;34(1):99-109.
13. Oliver A, Cheyne A, Tomas JM, Cox S. The effects of organizational and individual factors on occupational accidents. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*. 2002;75(4):473-88.
14. Seo D-C. An explicative model of unsafe work behavior. *Safety Science*. 2005;43(3):187-211.
15. Al-Refaie A. Factors affect companies' safety performance in Jordan using structural equation modeling. *Safety Science*. 2013;57:169-78.
16. Zohar D. The effects of leadership dimensions, safety climate, and assigned priorities on minor injuries in work groups. *Journal of Organizational Behavior*. 2002;23(1):75-92.
17. Jafari MJ, Sadighzadeh A, Sarsangi V, Zaeri F, Yegani F. Safety Climate Survey in Iran's Uranium Mines in 2013. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2014;2(3):148-54.
18. Barling J, Zacharatos A, editors. High performance safety systems: Management practices for achieving optimal safety performance. 25th annual meeting of the Academy of Management, Toronto; 1999.

19. Adl J, Shokoohi Y, Kakooei H. Safety Climate as an Indicator to Evaluate the Performance of Occupational Health and Safety Management System. *j.health*. 2012; 3 (1):32-40
20. Adl J, Jahangiri M, Rismanchian M, Mary Oriad H, Karimi A, Ghaderi M. Safety climate in a steel-manufacturing plant. *sjsph*. 2011; 9 (1):23-34
21. Heidari M, Farshad A, Arghami S. A study on relationship between production link worker's safety attitude and their safe act in of arak metal industry. *Iran Occupational Health*. 2007;4(3):1-9.
22. Hajaghazadeh M, Adl J, Zare M. Safety assessment by using Nordic occupational safety climate questionnaire in one of the commercial ports in 1389. *tkj*. 2014; 6 (1):17-28.
23. Oliver J. Continuous improvement: role of organisational learning mechanisms. *International Journal of Quality and Reliability Management*. 2009; 26 (6), 546-563.
24. Helmreich RL, Merritt AR. Culture at work in aviation and medicine: National, organizational and professional influences 2001.
25. Geller Es. Ten Principles For Achieving A Total Safety Culture (Tsc). *Professional Safety*. 1994;39(9):18-24.
26. Geller ES. Working Safe: How to People Actively Care for Health and Safety. 2, editor: Boca Raton: CRC Press; 2001.
27. Hechanova-Alampay R, Beehr TA. Empowerment, span of control, and safety performance in work teams after workforce reduction. *Journal of Occupational Health Psychology*. 2001;6(4):275-82.
28. Reason JT. Managing the risks of organizational accidents: Ashgate Aldershot; 1997.
29. Mattila M, Hyttinen M, Rantanen E. Effective supervisory behaviour and safety at the building site. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 1994;13(2):85-93.
30. Simard M, Marchand A. The behaviour of first-line supervisors in accident prevention and effectiveness in occupational safety. *Safety Science*. 1994;17(3):169-85.
31. Huang Y-H, Ho M, Smith GS, Chen PY. Safety climate and self-reported injury: Assessing the mediating role of employee safety control. *Accident Analysis & Prevention*. 2006;38(3):425-33.
32. Hsu SH, Lee C-C, Wu M-C, Takano K. The influence of organizational factors on safety in Taiwanese high-risk industries. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2010;23(5):646-53.

## Model for safety performance evaluation based on organizational factors affecting safety industries using Fuzzy Inference System

Khakpour, AR<sup>1\*</sup>, Samiei Zafarghandi A<sup>2</sup>

### Abstract

**Background and Objective:** With a growing interest in organizational factors in occupational safety, many researches have been carried out in relation to a study of the relationship between organizational factors and safety performance in different industries in recent years. According to this, the purpose of the research is to introduce a model for safety performance assessment according to a fuzzy inference system.

**Materials and Methods:** The study is an applied study with respect to purpose and it is a descriptive-modelling study in terms of methodology. In this paper, reviewing research literature, organizational factors affecting the safety performance of industries has been extracted. Subsequently, in order to assess the safety performance in accordance with organizational factors, an inference system was developed according to research literature and experts' views. Having been developed, the model was implemented in an auto spare part corporation of East Azerbaijan Province.

**Results:** The findings of the research indicate that the developed model is capable of assessing safety performance in industries, based on which the score of safety performance of industries can be calculated. The application of the model in a cooperation as an experiment site exhibits that the score of safety performance is equal to 0.607; the value is desirable with the membership degree 0.528 and desirable with the membership degree 0.472.

**Conclusion:** The system of interest in the present study is an instrument to score and can be applied when we want to know the level of company's and organization's interest in safety performance. Given the fact that the size of determining factors in safety performance score can be expressed by verbal variables, and on the other hand the variables have internal interactions with one another in that they exert different effect on the score of safety performance at times, the fuzzy inference system is an appropriate instrument for scoring.

**Keywords:** *Safety performance, Organizational factors, Fuzzy inference system*

1 . PhD Student of Management- Operation research, Ferdowsi University of Mashhad, International Pardis, Mashhad, Iran

2. Department of Business Management, Yazd Branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran

\*Corresponding Author: alireza\_khakpour@yahoo.com