پیش بینی حوادث شغلی پالایشگاه نفت تهران بر مبنای فاکتور های بهداشت، ایمنی و محیط زیست با استفاده از مدل منطق فازی

سیده سمیه حسینی کبریا[۱]، عمادالدین محمدی گل افشانی[۲]، مرتضی کاشفی الاصل[۳]، سید علی جوزی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۵/۱۷ تاریخ ویرایش: ۹۲/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۳/۰۸

چکیده

زمینه و هدف: تحقق اهداف صنایع نفت درحوزه رقابت‌پذیری، پرداختن به موضوعات بهداشت، ایمنی و محیطزیست را به یکی از اولویت‌های صنایع نفت در تجارت امروز تبدیل نموده است. در این تحقیق، از مدل منطق فازی برای ارزیابی عوامل موثر بر عملکرد HSE پالایشگاه نفت و تأثیر آنها بر حوادث شغلی در محیط کار استفاده شده است.

روش بررسی: داده های موردنیاز پژوهش با استفاده از تهیه پرسشنامه استاندارد شده، جمع آوری گردید. این پرسشنامه شامل ۳ بخش اصلی بهداشت، ایمنی و محیطزیست می باشد. در نهایت، ۱۴ گروه به عنوان عوامل تأثیرگذار بر حوادث شغلی تعیین شد. در مجموع، تعداد ۱۵۰ پرسشنامه در بین کارکنان پالایشگاه نفت تهران توزیع شده که تعداد ۱۳۶ پرسشنامه توسط ایشان تکمیل شد. از بین پرسشنامه های تکمیل شده، ۱۰۸ نمونه برای یادگیری مدل و ۲۸ نمونه برای آزمون مدل منطق فازی بکار گرفته شد.

یافته‌ها: با توجه به تطابق مناسب نتایج مدل پیشنهادی با داده های گردآوری شده از طریق پرسشنامه، این مدل می تواند حوادث شغلی ایجاد شده در محیط کار را با دقت مناسبی پیش بینی نماید.

نتیجه‌گیری: مزیت مهم استفاده از مدل منطق فازی پیشنهادی این است که می تواند به صورت یک روش تصمیم‌گیری سازمان یافته، به مدیران در تصمیم‌گیری در مورد حوادث شغلی در محیط کار که بر مبنای عقاید کارکنان و کارشناسان می باشد، کمک کرده و در نهایت با برنامه‌ریزی دقیق‌تر، کاهش حوادث و صرفه‌جویی های بیشتر (زمانی و مالی) را برای مدیران همراه خواهد داشت.

کلیدواژه‌ها: بهداشت، ایمنی و محیطزیست، منطق فازی، حوادث شغلی، پالایشگاه نفت.

مقدمه

صنایع نفت و گاز همواره برای بهبود عملکرد بهداشت و ایمنی، به منظور افزایش سلامت کارکنان، کاهش خطرات و حوادث در حال تلاش می باشند]۱[. HSE مخفف کلمات بهداشت، ایمنی و محیطزیست است و شامل عواملی از قبیل بهداشت شغلی محیط کار، محیطزیست، ایمنی و واکنش‌های ضروری می‌باشد. هدف اساسی سازمان‌ها در زمینه‌ی HSE، رسیدن به صدمات و خسارات صفر است [۲]. HSE در سطح عملیاتی همواره می کوشد تا جراحات، اثرات در تضاد با سلامت و آسیب ها به محیطزیست را حذف کند. با در نظر گرفتن بهداشت، ایمنی و محیطزیست، یک سازمان فعالیت هایش را به گونه ای مدیریت می کند که مفاهیم بهداشت و ایمنی در اولویت اول قرار گیرند. این امر کارکنان را تشویق می کند تا با یک چرخه ی زندگی ایمن و سالم سازگار شوند. یک سیستم بهداشت، ایمنی و محیطزیست زمانی می تواند موفق باشد که یک رویکرد پیشگیرانه به حوادث و بیماری های شغلی و خسارات محیطزیستی داشته باشد. تولید نفت و گاز با هدف بالا بردن سطح کیفی زندگی باید با سطح ضریب

۱- (نویسنده مسئول) کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- مهندسی محیطزیست، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده فنی و مهندسی، تهران، ایران.
s_hosseini_k@yahoo.com
۲- دکتری تخصصی مهندسی عمران- مدیریت ساخت، دانشگاه امیرکبیر، دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، تهران، ایران.
۳- استادیار، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده فنی و مهندسی، تهران، ایران.
۴- استاد، مرتبه علمی استادیار، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال، دانشکده فنی و مهندسی ، تهران، ایران.

بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست یکسان باشد. حضور واحدهای بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست در شرکت‌های اصلی، فرعی و پیمانکاری، زمینه ساز ایجاد فرهنگ کار در محیط های صنعتی و حرکتی نو در کشورمان بوده است که صنعت نفت در آن از الگوهای شاخص و قابل اطمینان به شمار می رود [۳]. از آغاز فعالیت پالایشگاه نفت تهران، سه واحد بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست به طور مجزا فعالیت داشته ولی از سال ۱۳۸۲ تا امروز، به منظور رسیدن به اهداف فوق، پالایشگاه نفت تهران بر آن شد که این سه واحد، به صورت یکپارچه تحت عنوان HSE به فعالیت خود ادامه دهد.

با وقوع انقلاب‌های صنعتی حوادث نیز مانند سایر پدیده‌های صنعت شکل تازه ای بخود گرفت [۸]. حوادث شغلی یکی از مشکلات مهم کشورها است که از نظر روان شناختی، سلامتی، اجتماعی، اقتصادی و سازمانی پیامدهای مهمی را به دنبال دارند [۴و۵]. صنعت نفت، گاز و پتروشیمی به علت ماهیت مواد، تجهیزات و فرآیندها بیش از همیشه صحنه بروز حوادث است. هر ساله ما می توانیم آماری از حوادث را در بخش هایی از پالایشگاه نفت مشاهده کنیم. این حوادث می توانند منجر به صدمات موقت یا دائم برای کارکنان و کشته شدن آنها، خساراتی بر روی تجهیزات و یا بر روی هر دو آنها شود. بنابراین مدیریت سازمان بوسیله ی ارزیابی و رتبه بندی خطرات قادر خواهد بود مشکلات را به شکل صحیحی مدیریت کند [۶]. در حال حاضر حوادث ناشی از کار به عنوان سومین عامل مرگ و میر در جهان، دومین عامل مرگ و میر در ایران بعد از تصادفات رانندگی و یکی از مهمترین ریسک فاکتورهای مهم بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی در جوامع صنعتی و در حال توسعه مطرح می باشند [۷]. با توجه خسارات و تلفات قابل توجه ناشی از حوادث شغلی، اهمیت پیشگیری از حوادث کاملاً روشن می‌گردد. یکی از مراحل اساسی در کنترل حوادث و کسب آمادگی‌های قبلی جهت مواجهه با حوادث، جمع آوری داده‌های مرتبط با آنها و تجزیه و تحلیل آنها می باشد. بدون آگاهی کامل از علل اساسی و اصلی بروز حادثه، نتایج و پیامدهای آن، مدیران نمی توانند تصمیمی آگاهانه در کنترل حوادث داشته باشند [۸].

ابزارهای هوشمند، با پیش بینی آینده، توانایی تغییر در وضعیت آینده را فراهم می سازند. هوش مصنوعی، برنامه هوشمندی می باشد که دانش و روشهای استنباط و استنتاج را بکار می‌گیرد تا مسائلی را حل کند که برای حل آنها به مهارتهای بالایی نیاز است [۹]. منطق فازی، به عنوان یکی از شاخه های هوش مصنوعی از خواص مهمی برخوردار است. منطق فازی اولین بار در پی تنظیم نظریه ی مجموعه‌های فازی به وسیله‌ی پروفسور لطفی زاده (۱۹۶۵ میلادی) در صحنه ی محاسبات نو ظاهر شد. کلمه Fuzzy به معنای غیر دقیق، ناواضح و مبهم است. این منطق، تکنولوژی جدیدی است که شیوه‌های مرسوم برای طراحی و مدل‌سازی یک سیستم را که نیازمند ریاضیات پیشرفته و نسبتاً پیچیده است، با استفاده از مقادیر و شرایط زبانی و یا به بیانی دیگر دانش فرد خبره و با هدف ساده‌سازی و کارآمدتر شدن طراحی سیستم، جایگزین و یا تا حدود زیادی تکمیل می‌کند. این نظریه، قادر است بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سیستم‌هایی را که نادقیق و مبهم هستند صورت بندی ریاضی کرده و زمینه را برای استدلال، استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان، فراهم آورد [۱۰]. سیستم منطق فازی، در شرایط ثابت، از قابلیت اطمینان بیشتری برخوردار است. در نهایت می توان گفت، دانش این سیستم که با استفاده از تجارب افراد خبره در زمینه بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست بدست آمده، همیشه ماندنی خواهد بود. به طور کلی، با توجه به اینکه اطلاع از عملکرد کارکنان و نظراتشان و مقایسه آنها با یکدیگر برای مدیریت مهم می باشد، لذا لازم است از راهکارهایی که بتواند این امر را میسر سازد، استفاده شود. مک کولی بل و همکاران در سال ۱۹۹۹ با استفاده از تئوری مجموعه های فازی، یک مدل پیش بینانه برای شناسایی ریسک بیماری ها و حوادث شغلی در محل کار ارائه دادند. اهداف مدل پیش بینی، حاکی از پیشگیری و کنترل حوادث، بیماری‌ها و در ادامه به حداقل رساندن تکرار و شدت این مشکلات

می‌باشد [۱۱]. مِر و همکاران در سال ۲۰۰۹ روندی را برای تعیین کمیت ریسک حوادث شغلی بر اساس روش منطق فازی به نام روند کاربرد فازی ارائه دادند که می‌تواند ریسک حوادث شغلی را برای صنایع مختلف و محل‌های فعال ارزیابی کمّی کند [۱۲]. اُرایی و همکاران در سال ۲۰۱۱ از روش شکست فازی و تحلیل اثرات آن، بر مبنای معیارهای HSE به ارزیابی خطرات، در معدن زغال سنگ پرداختند. روش ایشان می تواند شکست بالقوه یا معلوم را برای افزایش قابلیت اطمینان، سلامتی کارکنان و ایمنی سیستم های پیچیده شناسایی و حذف کند. همچنین می تواند اطلاعات تهیه شده را، برای تصمیم گیری مدیریت ریسک ارائه دهد [۶]. برایها و همکاران در سال ۲۰۱۲ با بکار گیری منطق فازی یک مدل طبقه بندی و پیش بینی شده را برای کمک و مساعدت به مدیران، به منظور آنالیز صدمات شغلی و تصمیم گیری آنها در زمینه ی هزینه های مالی در جهت بهبود عملکرد ایمن ارائه دادند. مدل پیش بینی شده ایشان به یک مدیر کارآمد، برای ساختن یک موتور استنتاج کمک می کند که بوسیله ی آن می تواند انواع مختلفی از موقعیت ها مانند سلامتی و ایمنی شغلی را بهبود بخشد [۱۳]. هدف اصلی این تحقیق بکارگیری مدل منطق فازی برای ارزیابی معیارهای بهداشت، ایمنی و محیط زیست و پیش بینی حوادث شغلی در پالایشگاه نفت تهران می باشد.

روش بررسی

جمع آوری داده‌ها: روش گردآوری داده‌ها، استفاده از پرسشنامه بوده است. در این تحقیق، تعدادی از کارکنان واحدهای مختلف پالایشگاه به عنوان مطالعه موردی در نظر گرفته شده‌اند. در مجموع تعداد ۱۵۰ پرسشنامه در بین کارکنان پالایشگاه نفت تهران توزیع شده که به دلایلی مانند کامل نشدن پرسشنامه توسط تعدادی از کارکنان، ۱۳۶ پرسشنامه تکمیل شد. برای مطالعات آماری و با توجه به ارتقای ضریب کیفیت، نظرات ۱۳۶ نفر مورد بررسی قرار گرفت. پرسشنامه با مشورت با اساتید راهنما، مشاور و کارشناسان خبره پالایشگاه طراحی شد. در این پرسشنامه کلیه مفاهیم مرتبط با HSE پوشش داده شده و به طور مؤثری از کارکنان، راجع به نحوه اجرای HSE در پالایشگاه پرسش شده است. پرسشنامه طراحی شده شامل۳ بخش اصلی بهداشت، ایمنی و محیطزیست (HSE) می باشد. پرسشنامه اولیه شامل ۷۹ سؤال ۵ گزینه ای بوده که در این سؤالات از مقیاس درجه بندی لیکرت استفاده گردیده است. پاسخ‌های گزینه‌ای مربوط به بخش HSE به صورت داده های کیفی بوده که به شکل خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم بیان شده اند که در مرحله بعد، این داده ها به اعداد ا تا ۵ (۵: خیلی زیاد، ۱: خیلی کم) کمّی شدند. سپس سؤال‌های که اهداف مشخص و مشابهی را پوشش می دادند در یک گروه قرار گرفتند. بدین صورت که ۳ فاکتور کلی سؤالات شامل بهداشت، ایمنی و محیطزیست (HSE) به ۱۴ قسمت فرعی شامل هوای محیط کار، روشنایی، صدا، تجهیزات حفاظت فردی، اقدامات ایمنی، آلارم ها و مسیرهای خروجی، پاکیزگی و ساماندهی محیط کار، آلاینده های زیست محیطی و مواد شیمیایی مخرب، بهداشت فردی و تناسب با کار، رضایت مندی شغلی، شرایط کاری، ارتباط با همکاران و مدیران، دستورالعمل ها و آموزش‌ها گروه بندی شدند. در مرحله بعد به بررسی پایایی (قابلیت اطمینان) و روایی (اعتبار) پرسشنامه پرداخته شد که با استفاده از نرم افزار SPSS صورت گرفت. تجزیه و تحلیل پایایی (قابلیت اطمینان) پرسشنامه، توانایی آن را برای تولید نتایج مشابه در موقعیت های متفاوت تعیین می کند و روایی (اعتبار) پرسشنامه به ارتباط منطقی، بین پرسش‌های آزمون و مطلب مورد سنجش اشاره دارد. به منظور ارزیابی پایایی (قابلیت اطمینان)، آلفای کرونباخ برای معیارهای گوناگون سؤال های پرسشنامه اندازه گیری می شود و شاخص قابلیت اطمینان، رسیدن به مینیمم آلفای کرونباخ یعنی ۶۰٪ می باشد. در این تحقیق برای سنجش پایایی پرسشنامه، پرسشنامه بین گروه ده نفره ای از پاسخ دهندگان که در جایگاه مشابهی با پاسخ دهندگان اصلی قرار دارند، توزیع شده و پس از تکمیل پرسشنامه توسط آنها، آلفای کرونباخ

برای کل پرسشنامه محاسبه شد که مقدار آن برابر ۹۴/۴٪ بدست آمد، بنابراین پرسشنامه این پژوهش پایایی قابل قبولی دارد. همچنین آلفای کرونباخ برای هر گروه نیز محاسبه شد که در همه گروه ها از مقدار مینیمم بیشتر بوده است و بدین ترتیب پایایی گروه ها نیز بررسی شد. پس از محاسبه ی پایایی برای هر یک از گروه ها، نوبت به اعتبارسنجی هر گروه می رسد. برای تعیین اعتبار پرسشنامه علاوه بر تحلیل محتوایی یعنی تکیه بر نظر خبرگان، از تحلیل ساختاری نیز استفاده شده است. تحلیل محتوایی قابلیت اندازه گیری عددی ندارد بلکه کاملا ذهنی و بر مبنای قضاوت فرد است و بررسی اعتبارسنجی ساختاری پرسشنامه از طریق تجزیه و تحلیل فاکتورها (آنالیز فاکتورها) می‌باشد. جهت تجزیه و تحلیل فاکتورها، پس از جمع‌آوری و ورود داده‌ها به نرم افزار SPSS ابتدا آزمون شاخص کفایت نمونه‌گیری با KMO بررسی می شود و با توجه به قابل قبول بودن میزان آن، تحلیل عامل بر اساس ماتریس همبستگی انجام می گردد. تست Bartlett's و معیار KMO دو معیار برای ارزیابی همبستگی سؤالات قبل از انجام فاکتور آنالیز هستند. اگر معیارKMO از ۰/۶ به بالا باشد، یعنی روابط همبستگی بین متغیرها برای انجام فاکتور آنالیز قابل قبول است. اگر این عدد ۰/۸ باشد، یعنی فاکتور آنالیز در تحلیل پرسشنامه جواب خواهد داد؛ اما اگر کمتر از ۰/۵ باشد یعنی همبستگی متغیرها به اندازه ای نیست که بتوان فاکتور آنالیز انجام داد و بهتر است یک بازنگری مجدد صورت گرفته و داده های پرت را کنار بگذاریم. در این تحقیق بعد از بررسی وجود همبستگی، هر یک از گروه سؤال ها به عنوان ساختار مجزا در نظر گرفته شدند و شاخص آنالیز فاکتورها که با مقدار Eigenvalue بزرگتر از یک بیان می شود، بررسی شد و در نهایت می توان گفت، با کمک آنالیز فاکتورها صحت گروه بندی انجام پذیرفت. همانطور که قبلا اشاره کردیم، پرسشنامه اولیه شامل ۷۹ سؤال بود و از آنجائیکه تعدادی از این سؤال‌ها موجب رد تست اعتبارسنجی پرسشنامه بود، این سؤالات را حذف (در نهایت ۵۸ سؤال بررسی شد) و دسته بندی به گونه ای انجام شد که تمامی سؤال های مرتبط با هر معیار در گروه مناسب خود قرار گرفتند تا روایی پرسشنامه همراه با در نظر گرفتن پایایی هر گروه بدست آید.

نتایج تجزیه و تحلیل های آمار توصیفی مربوط به هر گروه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه و تحلیل های آمار توصیفی مربوط به هر گروه

متغیرهای ورودی و خروجی	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
تهویه هوا	۱	۴	۲/۲۶۴۷	۰/۶۹۱۰۶
روشنایی	۱	۵	۳/۳۴۵۶	۰/۹۹۹۱۰
صدا	۱	۵	۲/۵۲۲۱	۰/۸۳۴۱۵
تجهیزات حفاظت فردی	۱	۵	۳/۰۷۳۵	۰/۸۸۳۰۳
اقدامات ایمنی	۱	۵	۳/۶۲۵۰	۰/۹۰۲۱۶
آلارم ها و مسیرهای خروجی	۱	۵	۳/۴۶۳۲	۰/۹۵۷۶۸
پاکیزگی و ساماندهی محیط کار	۱	۵	۳/۴۴۸۵	۰/۸۲۳۹۰
آلاینده های زیست محیطی و مواد شیمیایی مخرب	۱	۵	۳/۱۱۰۳	۰/۷۹۵۱۰
بهداشت فردی و تناسب با کار	۱	۵	۲/۸۶۷۶	۰/۸۱۴۷۶
شرایط کاری	۱	۵	۳/۴۷۰۶	۰/۹۰۲۱۹
رضایت مندی شغلی	۱	۴	۳/۲۵۰۰	۰/۷۲۷۷۶
ارتباط با مدیران و همکاران	۱	۵	۲/۵۰۰۰	۰/۸۹۴۴۳
آموزش ها	۱	۵	۳/۵۶۶۲	۰/۸۴۰۶۵
دستورالعمل ها	۱	۵	۳/۵۵۱۵	۰/۸۳۲۸۴
حوادث شغلی	۱	۵	۱/۳۵۲۹	۰/۸۲۱۳

ارائه مدل منطق فازی: در این بخش، یک روش تصمیم گیری جدید با منطق فازی طراحی شده است. تئوری مجموعه فازی، مسائل را تحت عنوان مفهوم زبان شناختی با مرز مبهم و غیر دقیق که از طریق توابع عضویت تعریف شده، بیان می کند[۱۴]. مدلسازی فازی، یک سیستم قاعده بنیان فازی می باشد که در آن برای تصمیم گیری، محتوای منطق فازی با استدلال تقریبی تلفیق شده است [۱۵]. ساختار یک مدل فازی شامل چهار قسمت اصلی می باشد که عبارتند از پایگاه دانش، واحد فازی ساز، واحد غیر فازی ساز و واحد تصمیم گیری [۱۶]. همانطوریکه در شکل (۱) مشاهده می کنید.

پایگاه دانش: این پایگاه شامل مجموعه قواعد و همچنین یک پایگاه داده جهت تعریف توابع عضویت مجموعه های فازی بکار گرفته شده در قواعد می باشد. رایج ترین شکل ارائه عبارت های زبانی برای بیان دانش و معلومات بشری، استفاده از عبارت های شرطی به صورت قواعد اگر- آنگاه می باشد [۱۵].

با در نظر گرفتن یک سیستم استنتاج فازی نوع سوگنو درجه اول، یک مدل فازی دو قانون زیر را در بردارد [۱۷و۱۸].

$$\text{Rule}_1\text{: If } x \text{ is } A_1 \text{ and } y \text{ is } B_1,$$
$$\text{then } z_1 = p_1x + q_1y + r_1. \quad (1$$
$$\text{Rule}_2\text{: If } x \text{ is } A_2 \text{ and } y \text{ is } B_2,$$
$$\text{then } z_2 = p_2x + q_2y + r_2. \quad (2$$

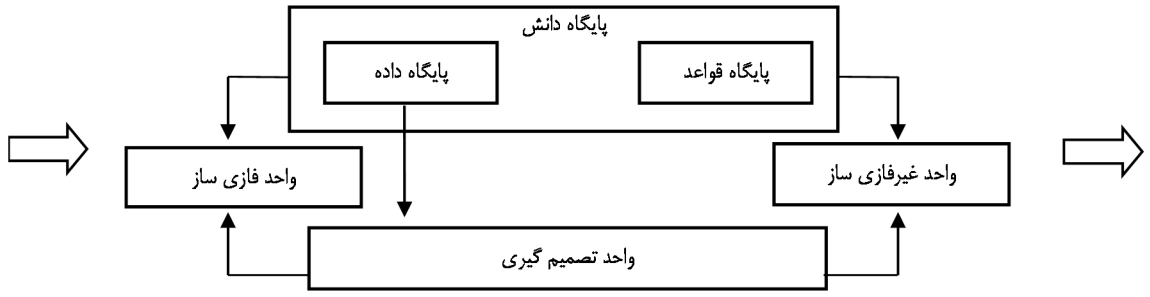
اگر z_1 و z_2 بجای معادلات خطی، عدد ثابت باشند، سپس ما یک مدل فازی سوگنو یا TSK (تاکاگی، سوگنو و کنگ) درجه اول داریم شکل (۲) [۱۷و۱۹و۲۰].

واحد فازی ساز: در این بخش از طریق جستجو در توابع عضویت مختلف، یک درجه عضویت به هر داده ورودی تخصیص داده می شود.

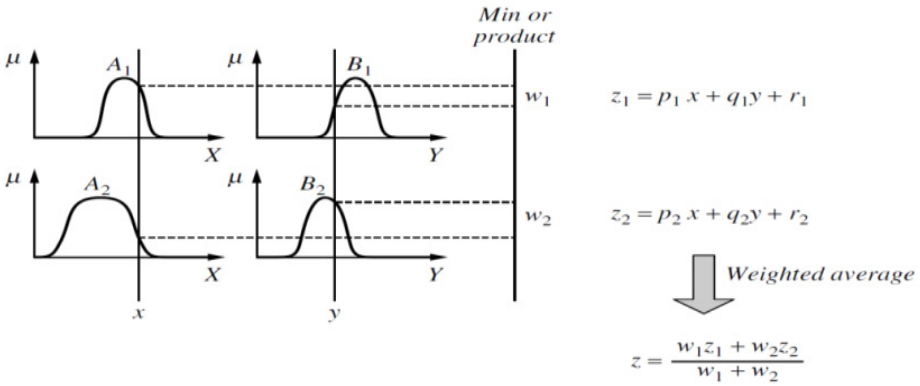
واحد غیر فازی ساز: این بخش نتایج خروجی مدل فازی را از سیستم استنتاج فازی به عدد تبدیل می کند. روش های مختلفی برای غیرفازی سازی وجود دارد همانند متوسط وزنی یا جمع وزنی.

واحد تصمیم گیری: این قسمت در واقع واحد استنتاج مدل فازی بشمار می‌آید. وظیفه فرآیند استنتاج، نگاشت ورودی های فازی دریافت شده از فرآیند فازی سازی به پایگاه قوانین و تولید خروجی فازی برای هر قانون است. روابط بین مجموعه های ورودی، براساس عملگرهای منطقی، تعریف شده که مجموعه ها را در مقدم با یکدیگر ترکیب می نمایند. سپس مجموعه های فازی خروجی، در تالی های قواعد با یکدیگر ترکیب شده تا تابع عضویت نهایی را برای خروجی نهایی تشکیل دهد. سه روش رایج استنتاج برای سیستم های فازی شامل سیستم های ممدانی، مدل های سوگنو و تسوکاموتو می باشد.

در این تحقیق، جهت مدلسازی عوامل مؤثر بر عملکرد HSE پالایشگاه نفت تهران، از ابزار xfdm در محیط Xfuzzy 3 استفاده شد. این نرم افزار می تواند قوانین فازی را از داده های عددی استخراج کرده و به کاربر در بکارگیری الگوریتم یادگیری سیستم های فازی پیچیده کمک کند. همچنین از الگوریتم مبتنی بر شبکه ثابت برای استخراج پایگاه قوانین فازی استفاده شد [۲۱]؛ ضمناً به منظور تیونینگ، صحت سنجی و ساده سازی مدل های فازی، روش پس انتشار با ممنتوم و



شکل ۱- اجزای تشکیل دهنده مدل فازی



شکل ۲- مدل فازی سوگنو

روش های ساده سازی بکار گرفته شد[۲۲].

اساس مجموعه های فازی را توابع عضویت تشکیل می دهد. این توابع می تواند دارای انواع مختلفی از قبیل توابع عضویت مثلثی، ذوزنقه ای، گوسین و ... باشد. در این تحقیق به دلیل مشتق پذیر بودن توابع عضویت گوسین، از این توابع استفاده شده است. توابع عضویت پارامترهای ورودی برای مدل منطق فازی در شکل ۱ نشان داده شده است.

همانطوریکه قبلاً اشاره شد سه روش رایج استنتاج برای سیستم های فازی وجود دارد. در یک مدل سوگنو هر قانونی دارای یک خروجی صریح بوده که توسط یک تابع مشخص می شود. به همین دلیل خروجی نهایی توسط متوسط وزنی غیر فازی شده مطابق شکل ۲ تعیین می شود. این فرایند از روش‌های زمانبر غیر فازی سازی مورد استفاده در مدل ممدانی اجتناب می کند. همچنین، به دلیل ماهیت ویژه توابع عضویت خروجی مورد نیاز در روش تساکاموتو، این روش برای کلیه کاربردهای عملی چندان مفید نبوده و تنها برای موارد ویژه قابل استفاده است. به همین دلیل در این تحقیق از روش استنتاج سوگنو استفاده شده است. ضمناً، با توجه به ماهیت طبقه بندی مسئله، خروجی سیستم استنتاج فازی نوع سوگنو، به نزدیک ترین عدد واقعی گرد شده و این عدد به عنوان خروجی مدل بکار برده شده است.

برای بررسی کردن پیش بینی حوادث شغلی در محیط کار بر مبنای معیارهای HSE، چهار شاخص برای ارزیابی عملکرد مدل انتخابی بکار گرفته شده است که شامل متوسط خطای مطلق (MAE)، متوسط درصد خطای مطلق (MAPE)، ریشه‌ی متوسط مربعات خطا (RMSE)، کسر مطلق واریانس (R2) می باشد. معادلات این شاخص ها به ترتیب در ذیل بیان شده اند. مقادیر آماری خروجی مدل پیشنهادی در جدول (۲) نشان داده شده است.

$$MAE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|O_i - t_i| \quad (3$$

$$MAPE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{|O_i - t_i|}{t_i} \times 100 \quad (4$$

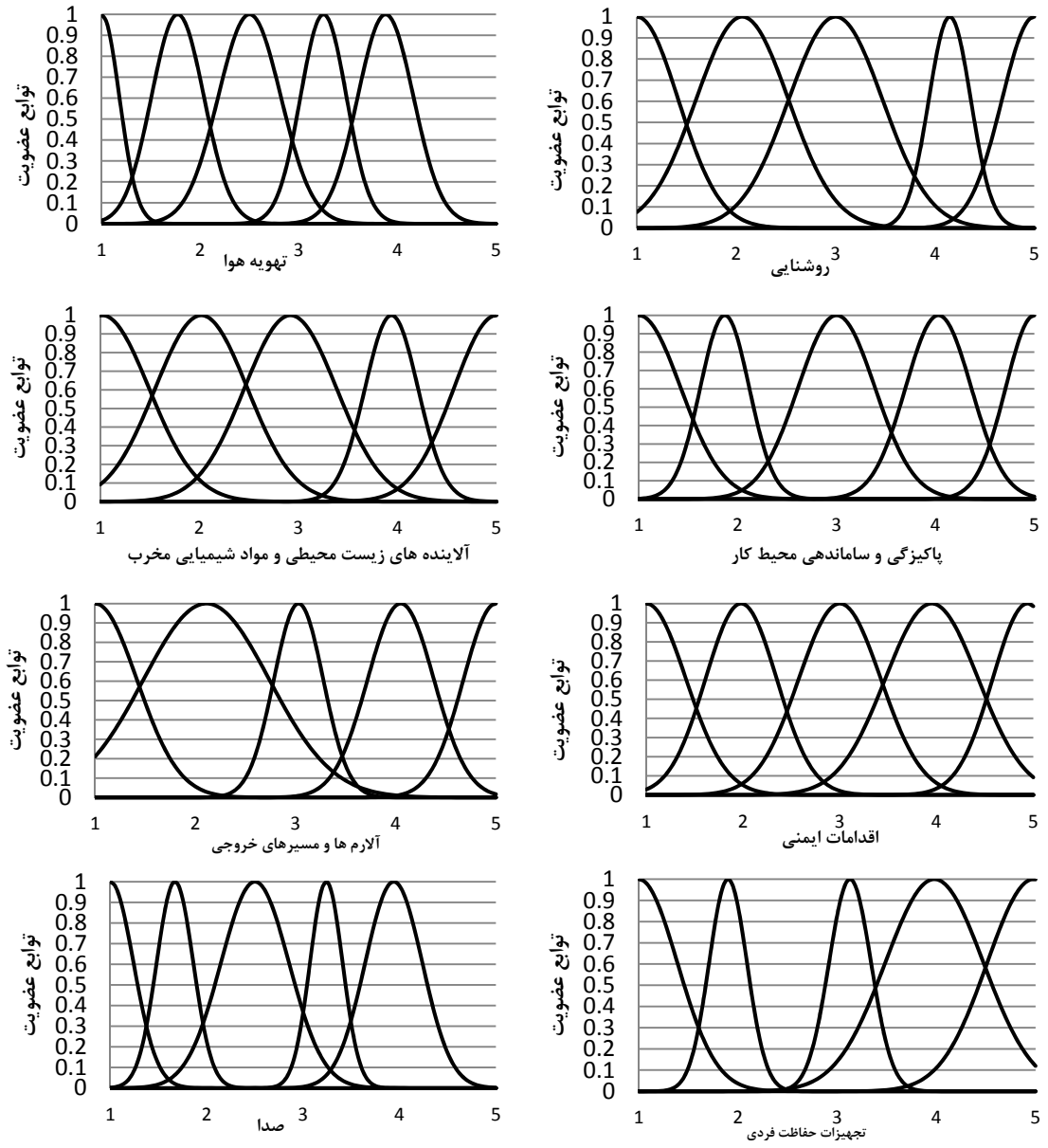
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(O_i - t_i)^2} \quad (5$$

$$R^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{N}(O_i - t_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}(O_i)^2}\right) \quad (6$$

یافته ها

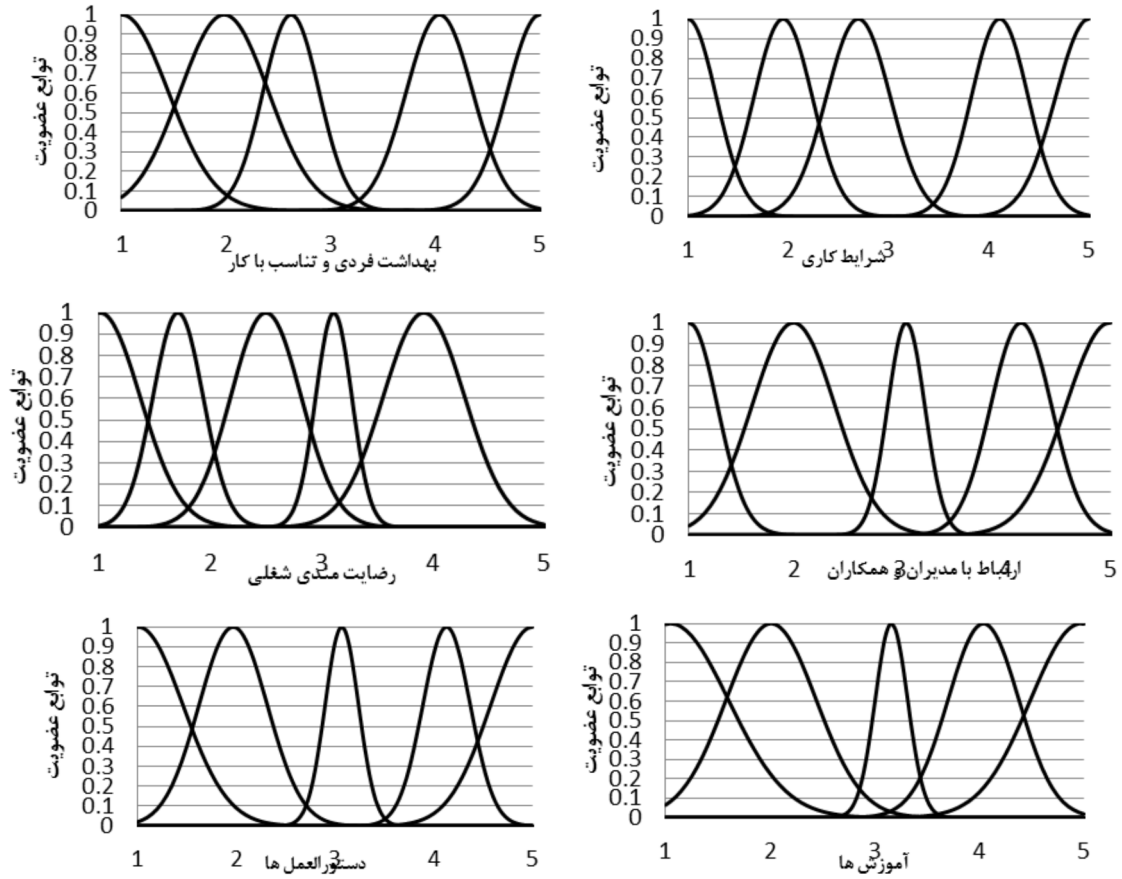
مدل منطق فازی ارائه شده در این تحقیق، حوادث شغلی در محیط کار را پیش بینی می کند. همانطوریکه قبلا گفته شد در نهایت ۱۳۶ پرسشنامه مورد بررسی قرار گرفت که از بین آنها تعداد ۱۰۸ پرسشنامه برای یادگیری مدل و ۲۸ پرسشنامه برای آزمون مدل به صورت تصادفی انتخاب شده است. مقادیر آماری داده‌های آموزش و تست برای مدل منطق فازی در جدول ۲ آمده است.

عملکرد مدل منطق فازی برای داده های یادگیری و آزمون را می توان در شکل‌های (۴و ۵) مشاهده کرد.



شکل ۳- توابع عضویت متغیرهای ورودی برای مدل منطق فازی

در این شکل ها نتایج خروجی های مدل با داده‌های واقعی مقایسه می شوند. محور افقی این شکل ها داده‌های انتخاب شده برای یادگیری و آزمون مدل پیشنهادی و محور عمودی شاخص خروجی یعنی حوادث شغلی در محیط کار می باشند. نتایج این شکل‌ها نشان می دهد که مدل پیشنهاد شده در یادگیری روابط بین پارامترهای ورودی و خروجی مختلف، موفق بوده است. همچنین نتایج مرحله آزمون نشان می دهد که این مدل پتانسیل خوبی برای پیش بینی متغیر خروجی دارد. شکل های ۶ مقایسه بین پیش



ادامه شکل ۳- توابع عضویت متغیرهای ورودی برای مدل منطق فازی

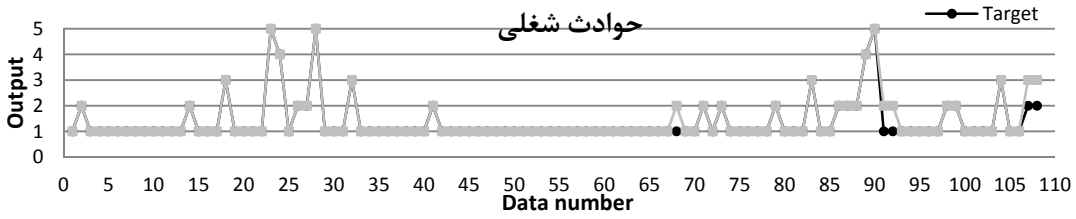
بینی های مدل و خروجی واقعی، برای داده های یادگیری و آزمون را شرح می دهد. در این شکل ها، محور افقی معرف نتایج مدل و محور عمودی معرف نتایج پیش بینی های مدل برای متغیر خروجی می باشد. معادله برازش شده و مقادیر R-value در شکل‌های یادگیری و آزمون نشان داده شده است. همانطوریکه در شکل‌های۶ قابل روئیت است، مقادیر بدست آمده از داده های یادگیری و آزمون در مدل منطق فازی به نتایج جمع‌آوری شده از پرسشنامه خیلی نزدیک است. این مورد ثابت می کند که نتایج جمع‌آوری شده از پرسشنامه با نتایج مدل پیشنهادی دارای تطبیق و هارمونی خوبی می باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

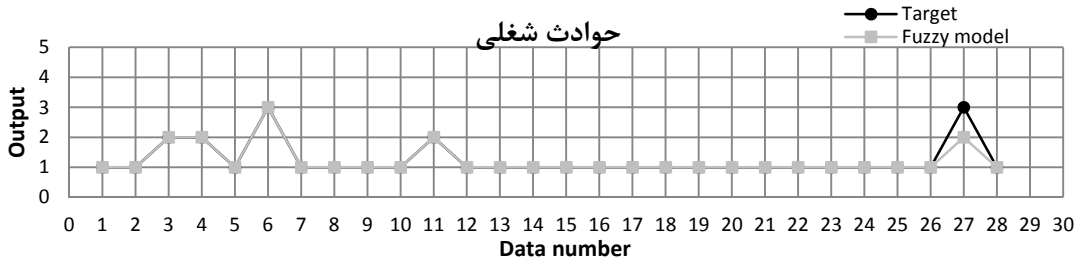
تاریخ تمدن خاورمیانه با شناخت نفت و کاربردهای آن در عرصه های صنعتی، اقتصادی و حتی اجتماعی

جدول ۲- مقادیر آماری خروجی مدل پیشنهادی

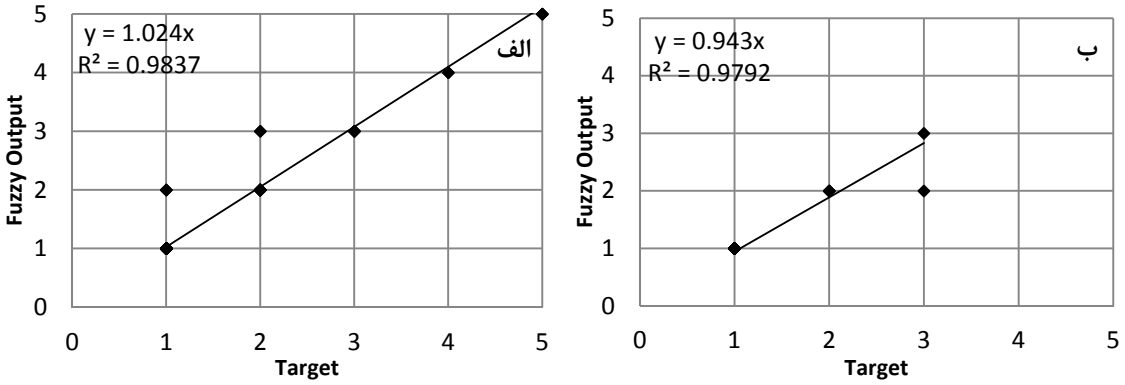
خروجی	Data set	MAE	MAPE	RMSE	R^2
حوادث شغلی	Training	۰/۰۴۶۳	۳/۷۰۳۷	۰/۰۹۵۴	۰/۹۸۳۷
	Testing	۰/۰۳۵۷	۱/۱۹۰۵	۰/۱۸۹	۰/۹۷۹۲



شکل ۴- مقایسه بین خروجی مدل فازی و داده های واقعی برای داده های یادگیری



شکل ۵-مقایسه بین خروجی مدل فازی و داده های واقعی برای داده های آزمون



شکل ۶- مقایسه بین پیش بینی مدل منطق فازی و نتایج جمع آوری شده از پرسشنامه ها برای داده های الف) یادگیری و ب) آزمون

جلوه‌ای نوین یافته و تحولات چشمگیری را تجربه کرده است. با پیچیدگی زندگی انسان ها بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست نیز از موضوعات جدایی‌ناپذیر زندگی آدمیان محسوب شده که نیاز به تدوین دستورالعمل‌هایی در این زمینه احساس شده است. در این تحقیق کاربرد روش هوشمند منطق فازی برای ارزیابی عوامل مؤثر بر عملکرد HSE در پالایشگاه نفت تهران مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور ابتدا شاخص های استاندارد به کمک مقالات و نظرات خبرگان شناسایی گردید. در ادامه با بازدید از پالایشگاه و تهیه پرسشنامه و ارسال آنها به تعدادی از واحدهای این پالایشگاه، اقدام به تهیه یک بانک اطلاعاتی مبتنی بر شاخص ها شد. با توجه به هدف اصلی این تحقیق، الگوریتم یکپارچه ای از روش منطق فازی ارائه گردید که دارای قابلیت های زیادی در خصوص تحلیل سیستم HSE بر مبنای مدل های ریاضی استاندارد و همچنین شناسایی نقاط ضعف و قوت می باشد. این الگوریتم قابل اجرا در سایر صنایع نیز می باشد. با توجه به ویژگی های ذکر شده، مدیریت از نتایج این الگوریتم می تواند به عنوان ابزاری برای نظارت و بهبود وضعیت در مورد کارکنان استفاده نماید.

امروزه توجه به بهداشت، ایمنی و محیط زیست، زیر

ساختارهای آنها و همچنین بهبود عملکردشان افزایش یافته است. اگرچه مطالعاتی بر روی معیارهای HSE صورت گرفته، با این حال کمبود و نیاز برای مدلسازی و ارزیابی معیارهای HSE وجود دارد. در این تحقیق کاربرد روش منطق فازی برای ارزیابی عوامل مؤثر بر عملکرد HSE پالایشگاه نفت تهران مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج کلی این تحقیق را می توان در موارد زیر جمع بندی نمود:

۱) آنچه که به عنوان پیامد و ماحصل استقرار سیستم بهداشت، ایمنی و محیطزیست انتظار می رود عبارتست از:

- کاهش زیان های ناشی از حوادث.
- کاهش خسارات ناشی از توقف کار.
- کاهش هزینه های مربوط به درمان.
- کاهش میزان پرداخت غرامت های از کار افتادگی موقت و دائم یا مرگ کارکنان.
- کاهش خسارات و ضایعات زیستمحیطی.
- کاهش اتلاف وقت در اثر کار نکردن فرد/ افراد حادثه دیده.
- کاهش اتلاف وقت بواسطه نگرانی های ناشی از تبعات حادثه و امداد رسانی.
- کاهش میزان خرابی دستگاه یا اتلاف مواد و در نتیجه ضایعات کمتر در تولید.
- امکان خودارزیابی توسط سازمان برای انطباق با یک سیستم بهداشت، ایمنی و محیطزیست و ایجاد بستری مناسب برای بهبود مستمر در سازمان.

۲) به دلیل استفاده از عبارت های زبانی برای ارزیابی عملکرد معیارهای HSE و وجود ابهامات در بکارگیری این عبارات، مدل پیشنهادی در مقایسه با دیگر روش‌های مدلسازی ریاضی، می تواند از عملکرد مناسبی برخوردار باشد.

۳) سیستم استنتاج سوگنو از نظر محاسباتی در پیش بینی معیارهای HSE مؤثر می باشد.

مقادیر آماری برای داده های یادگیری و آزمون بدست آمده از مدل منطق فازی نشان می دهد که مقدار R^2 محاسبه شده، در پیش بینی حوادث شغلی برای داده‌های یادگیری ۰/۹۸۳۷ و برای داده های تست ۰/۹۷۹۲ بدست آمده است.

منابع

1. BP plc., Health and safety overview, 2004]updated 2014 June 20]. Available from: http://www.bp.com/.
2. Høvik D, Moen B. E, Mearns K, & Haukelid K. An explorative study of health, safety and environment culture in a Norwegian petroleum company. Safety Sci. 2009; 47: 992–1001.
3. Mokhtari Z. Evaluation of reliability in terms of health, safety, environment and regarding the factors affecting the decision-making styles]M.Sc. Thesis]. Tehran Iran: college of engineering, department of industrial engineering, Tehran university; 1388.]Persian].
4. Gonçalves S.P.M, Silva S.A, Lima L.M, & Meliá J.L. The impact of work accidents experience on causal attributions and worker behavior. Safety Sci. 2008;46: 992-1001.
5. Niza C, Silva S, & Lima M. L. Occupational accident experience: Association with workers' accident explanation and definition. Safety Sci. 2008;46: 959-71.
6. Oraee S. K, Yazdani-Chamzini A, & Basiri M. H. Evaluating underground mining hazards by fuzzy FMEA. In SME Annual Meeting. 2011;Feb. 27-Mar. 02. Denver, CO.
7. Bentley T, Haslam R. A. comparison of safety practices used by managers of high and low accident rate postal delivery offices. Safety Sci. 2001;37 (4): 19–37.
8. Mohammadfam E., Designing a system analysis on occupational accidents., 1384., http://mohammadfam.persianblog.ir/post/36. 10/4/1392.]Persian].
9. Manhaj M. B. Foundations of Neural Networks, Third Edition. amirkabir university publications; 1384.]Persian].
10. Taheri S. M. Introduction to Fuzzy Set Theory,

Second edition. publications of Mashhad University Jihad, 1387.]Persian].

11. McCauley-Bell P, Crumpton-Young L.L, & Badiru A.B, Techniques and applications of fuzzy theory in quantifying risk levels in occupational injuries and illnesses, In Cornelius Leondes (Ed.), Academic Press. doi:10.1016/B978-012443870-5.50012-5. Fuzzy theory systems: Techniques and applications. 1999;pp. 223–265.

12. Murè S, & Demichela M. Fuzzy Application Procedure (FAP) for the risk assessment of occupational accidents. J Loss Prevent Proc. 2009;22: 593–599.

13. Beriha G.S, Patnaik B, Mahapatra S.S, & Padhee S. Assessment of safety performance in Indian industries using fuzzy approach. Expert Syst Appl. 2012;39: 3311–3323.

14. Mamdani E, & Assilian S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. Int J Man Mach Syst. 1975;7: 1–13.48.

15. Engelbrecht A.P. Computational Intelligence, Second Edition. John Wiley & Sons, Ltd, University of Pretoria, South Africa; 2007.

16. Ibrahim Shahin A.A. A framework for Integrating Fuzzy set theory and Discrete Event simulation in construction engineering]phd. thesis]. University of Alberta, Canada; 2005.

17. Topçu İB, & Sarıdemir M. Prediction of mechanical properties of recycled aggregate concretes containing silica fume using artificial neural networks and fuzzy logic. Comput Mater Sci. 2008;42: 74–82.

18. Mukherjee A, & Biswas SN. Artificial neural networks in prediction of mechanical behavior of concrete at high temperature. Nucl Eng Des. 1997; 178(1): 1–11.

19. Takagi T, & Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. IEEE Trans Syst Man Cyber. 1985;15: 116–32.

20. Sugeno M & Kang GT. Structure identification of fuzzy model. Fuzzy Sets Syst Man Cyber. 1993; 23: 665–85.

21. Wang L, & Mendel M. Generating fuzzy rules from examples. IEEE Trans Syst Man Cybern. 1992; 22 (6): 1414–27.

22. Zhao Z, & Chen, C. Concrete bridge deterioration diagnosis using fuzzy inference system. Adv Eng Software. 2001;32: 317–25.

Predicting the occupational accidents of Tehran Oil Refinery based on HSE using fuzzy logic model

S.S. Hosseini Kebria[1], E. Mohammadi Golafshani[2], M. Kashefi alasl[3], S.A. Jozi [4]

Received: 2013/08/08 Revised: 2014/02/07 Accepted: 2014/05/29

Abstract

Background and aims: Realization of the oil industries' goals in a competitive field, and addressing the threads of health, safety and environment have become one of the preferences for the oil industry in today's business. In this paper, the fuzzy logic model was used to assess the factors influencing performance of the health, safety and environment in the oil refinery and their effects on occupational accidents in the workplace.

Methods: The required data for the research were collected using a standardized questionnaire. The questionnaire consisted of three main sections of HSE that are composed of 14 subsections as input variables and also one output variable titled occupational accidents. A total number of 150 questionnaires were distributed to employees, of which 136 were returned. From these, 108 samples were used for training and 28 samples for testing of fuzzy logic model.

Results: The result revealed that the purposed fuzzy logic model has good performance for predicting of the occupational accidents in Tehran Oil Refinery.

Conclusion: The proposed fuzzy logic model, as an organized decision making, will help managers to make decisions based on the opinions of staffs and experts in the workplace which ultimately leads to more precise planning, reduction of accidents, saving time and money.

Keywords: Health, Safety and Environment (HSE), Fuzzy logic, Occupational accidents, Tehran Oil Refinery.

1. (**Corresponding author**) Department of Chemical and Environmental Engineering, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran. s_hosseini_k@yahoo.com

2. Department of Civil and Environmental Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran.

3. Department of Chemical and Environmental Engineering, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.

4. Department of Chemical and Environmental Engineering, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran.