

طراحی سیستم استنتاج فازی با یادگیری از نمونه‌های آموزشی برای اندازه‌گیری مشارکت کارکنان عملیاتی در سلامت محیط کار

سعید مالکی نژاد^۱، احمد توکلی^۲، ناصر مطهری فریمانی^۳

چکیده: برای دستیابی به بیشترین سطوح سلامت در سازمان‌ها، فضایی برای مشارکت فعالانه کارکنان ضروری است. برای فعال‌سازی این مشارکت، سازمان‌ها به ابزارهایی برای سنجش مشارکت نیاز دارند تا با تعیین انحراف‌ها، برنامه‌ها را بازنگری کنند. این پژوهش به دنبال طراحی نوعی سیستم کمی برای اندازه‌گیری مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار است که بر قواعدی مبتنی باشد که بتواند این اندازه‌گیری را فارغ از تخمین روابط غیرخطی، بین متغیرهای مؤثر انجام دهد. بدین‌منظور طراحی نوعی سیستم استنتاج فازی مد نظر قرار گرفته است. نمونه مشارکت کارکنان به‌عنوان خروجی و عوامل زمینه‌ساز مشارکت در سلامت به‌عنوان ورودی‌های سیستم در نظر گرفته شدند. تولید قوانین با استفاده از روش CT08 اصلاح‌شده صورت پذیرفت که بر پایه نمونه‌های آموزشی استوار است. در پایان ضمن تولید ۱۷ قانون، سیستم با ۵ نمونه آزمایشی سنجش شد و میزان دقت ۹۲/۳ درصد به‌دست آمد. محققان تغییری در چگونگی محاسبه میزان دقت نیز پیشنهاد دادند که سبب نزدیک‌تر شدن به واقعیت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: اندازه‌گیری مشارکت، سلامت محیط کار، سیستم استنتاج فازی، مشارکت کارکنان عملیاتی.

۱. کارشناس ارشد مدیریت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲. استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳. استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصاد، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۱/۱۶

تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۲۲

نویسنده مسئول مقاله: احمد توکلی

E-mail: tavakoli-a@um.ac.ir

مقدمه

هرساله میلیون‌ها حادثه صنعتی در سراسر جهان به وقوع می‌پیوندد. هر حادثه ضمن رنج و عذاب برای فرد، خانواده و اطرافیان او، موجب ازدست‌رفتن وقت و سرمایه شایان توجهی می‌شوند. بنابراین، همواره باید حوادث را با تحمیل هزینه‌های مالی و انسانی همراه دانست (تحویله‌داری، مفیدی و مشکانی، ۱۳۸۸). هزینه‌های مالی همچون کاهش تولید و خسارت تجهیزات را شاید بتوان با روش‌های مختلف جبران کرد، اما ضایعات انسانی از جمله مرگ و معلولیت‌های دائمی، جبران‌ناپذیر است (کرمی، ۱۳۸۵)؛ به همین دلیل امروزه حفظ و صیانت از کارکنان یکی از رسالت‌های اساسی مدیریت منابع انسانی است (نوهامر، استامر و اسکسترچیز، ۲۰۱۳)، اما اطلاعات گذشته نشان می‌دهد خود کارکنان عامل اصلی بروز حوادث‌اند و تجهیزات نقش کمتری در آن دارند و در واقع حوادث در صنایع به دلیل اعمال و وضعیت ناایمن اتفاق می‌افتد (تحویله‌داری و همکاران، ۱۳۸۸). از این رو، کشورهای پیشرفته صنعتی ضمن تدوین قوانین و مقررات و آموزش شایان توجه روش‌ها و شیوه‌های ایمن کردن کارکنان از حوادث، در این زمینه کمیته‌های ایمنی کار تشکیل می‌دهند (ساعتچی، ۱۳۷۷)؛ اما باید دانست که ایمنی، سلامت و بهداشت، فردی نیست که با آموزش و وضع قوانین به دست آید، بلکه موضوعی است که عوامل زیستی، شخصی، ارتباطی، اجتماعی و سیاسی را دربرمی‌گیرد (لو و ویدوز، ۲۰۰۸). از مصادیق عوامل ارتباطی و اجتماعی، کار در محیط سالم و ایمن است و ایجاد این محیط، فرایند دوطرفه‌ای است که به همکاری متقابل کارکنان و کارفرمایان نیاز دارد. به همین دلیل برای دستیابی به بیشترین سطوح بهداشت و ایمنی در سازمان‌ها، باید فضایی برای مشارکت فعالانه کارکنان ایجاد کرد.

امروزه مزیت‌های مشارکت دائم کارکنان در برنامه‌های ارتقای سلامت در محیط کار برای سازمان‌ها به خوبی اثبات شده است. مشارکت، فرایند درگیرشدن ذهنی و عاطفی کارکنان در موقعیت‌های گروهی است که به آنان انگیزه می‌دهد تا به هدف‌های گروه یاری دهند و برای رسیدن به آنها احساس مسئولیت کنند (طوسی، ۱۳۷۹). در این فرایند، کارکنان آزادی بیشتری برای تصمیم‌گیری در خود می‌بینند (گولان، بود و ویلکینسون، ۲۰۱۰). کاهش غیبت از کار، کاهش هزینه‌های مراقبت‌های بهداشتی، افزایش بهره‌وری، افزایش رضایت شغلی و حفظ کارکنان، از جمله مزیت‌های افزایش مشارکت کارکنان در برنامه‌های ارتقای بهداشت و ایمنی در محیط کار برای هر سازمان است (بارتون، پرنسکی، کنتی، چن و ادینگتون، ۲۰۰۴)؛ کولینز و همکاران، ۲۰۰۵؛ لوییپک و همکاران، ۲۰۰۷ و شیمین و الجاردلی، ۲۰۰۷). بنابراین، بررسی مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار می‌تواند از یک سو، هزینه‌های صدمات و تلفات نیروی

انسانی را به شدت کاهش دهد و از سوی دیگر بر رضایت شغلی و بهره‌وری نیروی انسانی بیفزاید (بت، ۲۰۰۹؛ برگستورم و همکاران، ۲۰۰۸).

فعال‌سازی مشارکت کارکنان همواره با موانع جدی فردی و سازمانی مواجه است و تعدیل مشارکت در سلامت محیط کار نیز جدا از این موضوع نیست؛ اما به‌منظور حذف یا نیاز دارند تا قبل و پس از اجرای هر برنامه ارتقا بتوانند سطوح مشارکت را اندازه‌گیری کنند و با تعیین انحراف‌ها، درصدد اصلاح برنامه‌ها برآیند. به همین دلیل طراحی نوعی سیستم کمی برای اندازه‌گیری مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار ضروری به‌نظر می‌رسد.

تا کنون بیشتر پژوهش‌هایی که در زمینه مشارکت در سلامت محیط کار اجرا شده‌اند بر شناسایی عواملی که مانع یا مشوق مشارکت کارکنان عملیاتی در ارتقای سلامت محیط کار است، تمرکز کرده‌اند. پژوهش حاضر نخست به‌دنبال طراحی نوعی سیستم کمی برای اندازه‌گیری مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار است و در مرحله دوم قصد دارد سیستمی مبتنی بر قواعد طراحی کند تا بتواند این اندازه‌گیری را انجام دهد، بی‌آنکه روابط غیرخطی بین متغیرهای مؤثر را تخمین بزند. زمانی که به وجود روابط غیرخطی بین متغیرها واقف‌ایم و از سویی نمی‌توانیم این روابط را شناسایی کنیم، استفاده از سیستم‌های استنتاج که مبتنی بر قواعد پذیرفته شده است، انتخاب مناسبی خواهد بود. سیستم استنتاج، فرایند سیستماتیک را برای تبدیل پایگاه دانش به نگاشت غیرخطی فراهم می‌کند، به همین دلیل جزء سیستم‌های مبتنی بر دانشی محسوب می‌شوند که در کارهای مهندسی و تصمیم‌گیری کاربرد دارند (غفارزاده دیزجی، ۱۳۸۸). قلب یک سیستم استنتاج، پایگاه دانش است که از قواعد اگر-آن‌گاه تشکیل می‌شود. قاعده‌ای مانند «اگر تجربه فرد در زمینه کاری خود زیاد باشد، میزان مشارکت او در بهداشت و ایمنی زیاد است»، نمونه‌ای از یک قاعده برای سیستم استنتاجی است که مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار را می‌سنجد.

رویکرد نوین سیستم‌های استنتاج، رویکرد فازی است، به‌خصوص جایی که در قواعد متغیرهای زبانی وجود دارند که مقادیر مرزی معتبری ندارند. در موضوع سنجش مشارکت هم با چنین متغیرهایی مواجه‌ایم، بنابراین در این پژوهش تلاش می‌شود ضمن شناسایی قواعد فازی، مبتنی بر آنها نوعی سیستم استنتاج فازی پیاده‌سازی شود. خلاصه اینکه نقطه آغاز ساخت یک سیستم فازی، به‌دست‌آوردن مجموعه‌ای از قواعد اگر-آن‌گاه از دانش افراد خیره یا داده‌های تخصصی است (غفارزاده دیزجی، ۱۳۸۸). تولید قواعد فازی مبتنی بر نمونه‌های آموزشی، نمونه‌ای از تولید قواعد مبتنی بر داده‌های تخصصی استفاده‌شده در این مطالعه است.

در ادامه، نزدیک‌ترین پژوهش‌ها به حوزه مطالعاتی پژوهش حاضر معرفی شده‌اند، در بخش بعد، پس از توضیحات مختصری در زمینه مفهوم سیستم‌های استنتاج فازی، به روش‌شناسی پژوهش پرداخته می‌شود. در پایان نیز قواعد شناسایی شده و نتایج اعتبارسنجی سیستم ارائه خواهد شد.

پیشینه پژوهش

در زمینه مشارکت و سلامت محیط کار به صورت دو موضوع مستقل، پژوهش‌های زیادی وجود دارد؛ اما به ترکیب این دو مبحث که به بررسی مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار منجر شود، کمتر توجه شده است. همچنین سیستم استنتاج فازی اغلب در علوم مهندسی استفاده شده و کمتر در علم مدیریت به کار رفته است. در این پژوهش برای نخستین بار از این سیستم برای تولید قوانین اندازه‌گیری مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار استفاده می‌شود.

پرسون، کلیبی، بولوا و یونکس (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای موانعی را بررسی کردند که از شرکت در برنامه‌های بهداشت و ایمنی کارکنان جلوگیری می‌کند. در پژوهش دیگری موانع مشارکت کارکنان در بهداشت و سلامت عمومی تعیین شده است (تیلور و همکاران، ۲۰۱۲).

آنسون، برانت، تربیزان و کریستنسن (۲۰۱۳) درصد مشارکت کارکنان را در بهداشت و سلامت محیط کار با استفاده از پست الکترونیک حاوی پیام سلامتی، بررسی کردند. در پژوهش دیگری، موانع و مشوق‌های مشارکت در برنامه‌های ایمنی دانشگاه بررسی شد که نتایج نشان داد وجود برنامه ارتقای بهداشت و ایمنی در محیط کار، منافع زیادی در جهت مشارکت کارکنان به همراه دارد (بال، ۲۰۰۹). در پژوهشی دیگر تأثیر تشکیل تیم کاری ایمنی بر کاهش حوادث شغلی بررسی شد (کرمانی و منتجی، ۱۳۸۸). کدخدایی نیز در پژوهشی به شناسایی موانع مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار پرداخت و آنها را با استفاده از رویکرد چندشاخصه گروهی رتبه‌بندی کرد، نتایج نشان داد موانع سازمانی در مقایسه با سایر موانع در رتبه بالاتری قرار دارد (کدخدایی، ۱۳۹۳).

در خصوص تحقیقات مرتبط با سیستم استنتاج فازی در علم مدیریت نیز رسولی و مانیان (۱۳۹۰) پس از بررسی مجموعه‌ای از عوامل مؤثر بر انتخاب خدمات بانکداری الکترونیک در کشور، سیستم استنتاج فازی مرتبط با آن را طراحی کردند تا میزان رغبت یا رضایت مشتریان بانک‌ها را بسنجند. همچنین در پژوهشی دیگر، مهم‌ترین عوامل مؤثر در موفقیت پیاده‌سازی سیستم برنامه‌ریزی منابع سازمان و طراحی سیستم استنتاج فازی برای ارزیابی میزان موفقیت استقرار این سیستم در سازمان بررسی شد (سهرابی، زنجانی، فرزانه و وانانی، ۱۳۹۰).

همان‌گونه که از نظر گذشت، مطالعاتی که تا کنون در زمینه مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار انجام گرفته است، عواملی را شناسایی کرده‌اند که مانع یا مشوق کارکنان برای مشارکت در سلامت محیط کار می‌شوند، یا اینکه این عوامل با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری رتبه‌بندی شده‌اند؛ اما در این مقاله با بهره‌مندی از تحقیقات پیشین، نوعی سیستم استنتاج فازی برای اندازه‌گیری میزان مشارکت کارکنان عملیاتی در سلامت محیط کار طراحی می‌شود. این سیستم تا کنون بیشتر در مباحث مهندسی و در رشته مدیریت در موضوعاتی چون سنجش رضایت مشتری، پیش‌بینی موفقیت یک سیستم، انتخاب استراتژی و... استفاده شده است. بنابراین، به‌کارگیری این تکنیک در به‌دست‌آوردن میزان مشارکت کارکنان عملیاتی در سلامت محیط کار، می‌تواند کاربرد دیگری از سیستم استنتاج را در حوزه مدیریت تبیین کند.

روش‌شناسی پژوهش

برای طراحی هر سیستم استنتاجی باید قواعد استنتاج شناسایی شود. هر قاعده نیز از دو بخش شرط (عبارت پس از IF) و جواب (عبارت پس از THEN) شکل می‌گیرد. هر یک از این دو بخش از یک یا چند گزاره تشکیل می‌شوند و هر گزاره عبارت است از میزان مقداردهی به یک متغیر یا ویژگی. به متغیرهایی که در گزاره‌های شرط حضور دارند ورودی‌های سیستم می‌گویند و به آنهایی که در گزاره‌های جواب قرار می‌گیرند، خروجی سیستم اطلاق می‌شود.

با توجه به موضوع پژوهش، ویژگی خروجی هم‌سطح مشارکت کارکنان است؛ ولی ویژگی ورودی عبارت است از عواملی که زمینه‌ساز مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار می‌شوند. چون زمینه‌ساز مشارکت هستند، قابلیت سنجش میزان مشارکت از روی مقادیر آنها امکان‌پذیر است.

برای شناسایی این ویژگی‌های ورودی (عوامل زمینه‌ساز مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار) از مطالعات کتابخانه‌ای مشتمل بر کتاب‌ها و مقاله‌ها و نیز مصاحبه با خبرگان دانشگاهی استفاده شد. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری نیز از طریق کدگذاری مشابه با روش داده بنیاد در سه دوره انجام گرفت. در هر دوره، پس از استخراج و یادداشت عوامل کلیدی، سه مرحله کدگذاری صورت پذیرفت. در نهایت، ۲۵ عامل در قالب دو دسته عوامل فردی و سازمانی شناخته شدند تا به‌عنوان ویژگی‌های ورودی سیستم استنتاج استفاده شوند.

پس از تعیین ویژگی‌های ورودی، باید قواعد شناسایی می‌شدند. دشوارترین و خطیرترین مرحله از طراحی هر سیستم استنتاج همین مرحله است. برای شناسایی قواعد دو رویکرد عمده وجود دارد؛ در رویکرد نخست، پژوهشگر مستقیم به خبرگان موضوع مراجعه کرده و با شیوه‌های

اکتساب دانش از خبره قواعد را شناسایی می‌کند؛ اما در رویکرد دوم از نمونه‌های آموزشی برای تولید قواعد استفاده می‌شود. در واقع، در این رویکرد تلاش می‌شود قواعد از نمونه‌هایی واقعی شناسایی شوند. این دو رویکرد تقابل رویکرد ذهنی در مقابل عینی است. رویکرد ذهنی زمانی توصیه می‌شود که در پیاده‌سازی رویکرد عینی به شکل مطلوب تردید وجود داشته باشد. در پژوهش حاضر محققان به این جمع‌بندی رسیدند که امکان استفاده از نمونه‌های آموزشی وجود دارد، بنابراین رویکرد عینی را برای این پژوهش در نظر گرفتند.

با توجه به اینکه هدف پژوهش طراحی سیستم استنتاج برای سنجش مشارکت کارکنان عملیاتی در کارخانه تولیدکننده محصولات قندی بود، جامعه آماری نمونه‌های آموزشی و آزمایشی در پژوهش حاضر کلیه کارکنان عملیاتی که بیشتر از یک فصل در آنجا کار می‌کردند، در نظر گرفته شدند. در این رویکرد برای نمونه‌های آموزشی و آزمایشی، علاوه بر مقادیر ورودی باید نمره ویژگی خروجی آنها (نمره مشارکت) نیز مستقیم و با روش‌هایی چون مشاهده و مصاحبه با سرکارگران و سرپرستان سنجیده شود و از سوی دیگر، محدودیت‌هایی برای مشاهده و مصاحبه وجود داشت؛ به همین دلیل بیشترین تعداد نمونه‌های قابل استناد ۳۶ نفر تعیین شد که به منظور سنجش دقت اندازه‌گیری سیستم طراحی شده، به طور تصادفی داده‌های ۳۱ نفر از آنها برای نمونه‌های آموزشی و ۵ نفر دیگر برای نمونه آزمایشی استفاده شد. جدول ۱ مشخصات جمعیت‌شناختی نمونه‌ها را نشان می‌دهد.

جدول ۱. مشخصات جمعیت‌شناختی نمونه‌های آموزشی و آزمایشی

| سن | | | جنسیت | | |
|-----------------|------------------|----------------|------------------|-----------|---------------|
| ۳۵ تا ۴۴ سال | ۲۵ تا ۳۴ سال | ۱۸ تا ۲۴ سال | زن | مرد | |
| ۱۱ | ۲۴ | ۱ | ۰ | ۳۶ | |
| سابقه کار | | | تحصیلات | | |
| بیشتر از ۴۸ ماه | بین ۲۴ تا ۴۷ ماه | کمتر از ۲۴ ماه | کارشناس و بالاتر | فوق دیپلم | دیپلم سیکل |
| ۱۵ | ۱۷ | ۴ | ۸ | ۱۵ | ۹ ۴ |

در مرحله بعدی به منظور سنجش هر یک از ویژگی‌های ورودی (عوامل زمینه‌ساز مشارکت) پرسشنامه‌ای با ۴۹ پرسش طراحی شد. روایی صوری و ساختاری این پرسشنامه پس از بررسی متخصصان و اعمال اصلاحات به تأیید رسید. به منظور اکتشاف قوانین از نمونه‌های آموزشی، روش‌های مختلفی ارائه و استفاده شده است. جدول ۲ تعدادی از روش‌های شناخته‌شده تولید

طراحی سیستم استنتاج فازی با یادگیری از نمونه‌های آموزشی... ۷۹۷

قوانین فازی و میزان دقت طبقه‌بندی آنها را روی داده‌های استاندارد فیشر به‌عنوان نمونه‌های آموزشی نشان می‌دهد.

جدول ۲. دقت طبقه‌بندی روش‌های مختلف تولید قوانین فازی

| متوسط دقت طبقه‌بندی | روش پیشنهادی |
|---------------------|----------------------------------|
| ۹۵/۵۷ | روش هانگ و لی (۱۹۹۶) |
| ۹۵/۵۷ | روش هانگ و چن (۱۹۹۹) |
| ۹۶/۶۰ | روش کاسترو، اسکز و زوریتا (۱۹۹۹) |
| ۹۶/۷۲ | روش اول چن و فنگ (۲۰۰۵) |
| ۹۶/۸۲ | روش چن و تسای (۲۰۰۵) |
| ۹۶/۸۸ | روش چن و چانگ (۲۰۰۵) |
| ۹۶/۹۶ | روش دوم چن و فنگ (۲۰۰۵) |
| ۹۷/۱۶۶ | روش چن و تسای (۲۰۰۸) |

در این مقاله از روش پیشنهادی چن و تسای اصلاح‌شده (مطهری فریمانی، ۱۳۹۲) برای تولید قوانین استفاده شده است. این روش برای سهولت به‌صورت خلاصه CT08 اصلاح‌شده نامیده می‌شود. در این روش، ایجاد توابع عضویت و تولید قوانین فازی با استفاده از نمونه‌های آموزشی بر اساس مقدار آستانه ویژگی α ، مقدار آستانه طبقه‌بندی β و مقدار آستانه سطحی γ انجام می‌شود که $\alpha, \beta, \gamma \in [0, 1]$. در ادامه گام‌های روش CT08 اصلاح‌شده تشریح می‌شود.

گام ۱. بیشترین و کمترین مقدار هریک از ورودی‌های نمونه‌های آموزشی به تفکیک هر نوع خروجی تعیین می‌شود.

گام ۲. درجه آنتروپی هریک از ورودی‌ها براساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$v_i = \frac{|PD|}{|WD|} \quad \text{رابطه ۱}$$

در این رابطه، v_i بیان‌کننده درجه آنتروپی ورودی x_i ؛ $|WD|$ نیز طول دامنه کل ورودی x_i ؛ PD مجموعه‌ای از فواصل مختلف مانند I_1, I_2, I_3 که در آنها «دامنه‌های منفرد ورودی x_i به‌ازای خروجی‌های مختلف» با یکدیگر همپوشانی ندارند. دامنه منفرد ورودی x_i با توجه به خروجی z_j عبارت است از فاصله بین بیشترین و کمترین مقدار ورودی x_i در جدول خروجی z_j .

گام ۳. باید ویژگی‌هایی که درجه آنتروپی آنها از مقدار آستانه ویژگی (α) بزرگ‌تر است، مشخص شود، سپس این ویژگی‌های شناسایی‌شده براساس درجه آنتروپی به‌صورت نزولی مرتب

شوند. اندازه آستانه‌ای ویژگی (α) مقداری است که توسط کاربر تعیین شده است و نشان می‌دهد کدام ویژگی‌ها در طبقه‌بندی تأثیر بیشتری دارند. α همواره در دامنه $[0, 1]$ قرار دارد.

گام ۴. ویژگی x_i با بزرگ‌ترین درجه آنتروپی انتخاب می‌شود، سپس همه مقادیر بیشینه و کمینه آن در خروجی‌های مختلف که در گام نخست به دست آمده بودند، به صورت صعودی مرتب می‌شوند. مقدار 0.005 از مقادیر قرار گرفته در جایگاه‌های زوج اضافه می‌شود، بار دیگر مقادیر به صورت صعودی مرتب می‌شوند.

گام ۵. توزیع آماری مقدار ویژگی x_i در نمونه‌های آموزشی در فواصل مشخص شده، به دست می‌آید، سپس براساس قاعده زیر، قوانین فازی تولید می‌شوند:

«اگر بیشترین نمونه‌های آموزشی که در فاصله I قرار گرفته‌اند، خروجی y_j داشته باشند، قانون زیر استنباط خواهد شد:

if x_i is I_m THEN $y = y_j$

گام ۶. از بین قوانین فازی تولیدشده، قوانینی باید مشخص شوند که درصد خطای طبقه‌بندی آنها بزرگ‌تر از مقدار آستانه سطحی (γ) است. مقدار آستانه سطحی γ که توسط کاربر تعیین می‌شود، نشان می‌دهد کدام قوانین فازی باید اصلاح شوند. مقدار γ همواره در دامنه $[0, 1]$ قرار دارد. در صورتی که خطای طبقه‌بندی برای همه قوانین تولیدشده کمتر از γ باشد، فرایند تولید قوانین به پایین رسیده است و در غیر این صورت باید به گام بعد رفت. درصد خطای طبقه‌بندی برای هریک از قوانین فازی تولیدشده بر اساس رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$CER = 1 - CAR \quad \text{رابطه ۲}$$

CAR معرف میزان دقت طبقه‌بندی است که چگونگی محاسبه آن برای قانون R_i به این صورت است که برای همه نمونه‌های آموزشی، مقدار ویژگی x_i در همه مجموعه‌های فازی مرتبط با آن ویژگی بررسی می‌شود تا مشخص شود آن نمونه آموزشی از لحاظ ویژگی به کدام مجموعه فازی تعلق دارد، سپس به قوانین تولیدشده مراجعه می‌شود تا خروجی‌ای شناخته شود که آن قانون معرفی می‌کند. در مرحله بعد این خروجی با نوع واقعی نمونه آموزشی آن مقایسه می‌شود؛ اگر یکسان باشند، مشخص می‌شود که آن قانون به درستی طبقه‌بندی را انجام داده و در غیر این صورت بیان‌کننده این است که قانون در طبقه‌بندی خطا داشته است. چن و تسای (۲۰۰۸) در مقاله خود، میزان دقت طبقه‌بندی را براساس رابطه ۳ محاسبه کرده است؛ اما محققان پیشنهاد دیگری برای محاسبه میزان دقت ارائه داده‌اند و آن را با توجه به جزئیات بیشتری محاسبه کرده‌اند که واقع‌بینانه‌تر است. تغییر به این صورت است که مجموع قدر مطلق

طراحی سیستم استنتاج فازی با یادگیری از نمونه‌های آموزشی... ۷۹۹

ارزش انحرافات ممکن و مجموع قدر مطلق انحرافات سیستم محاسبه می‌شود و در رابطه ۴ قرار می‌گیرد. انحرافات ممکن بیان‌کننده انواع حالاتی است که اگر خروجی سیستم به آن دست نیابد، خطا ایجاد می‌شود. برای مثال، اگر خروجی متوسط را با صفر ارزش‌گذاری کنیم، دو انحراف ممکن با ارزش‌های +۱ و -۱ واقع می‌شود که به ترتیب معرف دو حالت بالا و پایین هستند. در بخش یافته‌ها، چگونگی محاسبه سنجش دقت با این شیوه برای نمونه‌های آزمایشی تشریح شده است.

$$CAR = \frac{\text{نمونه‌هایی که به درستی طبقه‌بندی شده‌اند}}{\text{تعداد کل نمونه‌های آموزشی مشمول قانون}} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$CAR = 1 - \frac{\text{مجموع قدر مطلق انحرافات سیستم}}{\text{مجموع قدر مطلق انحرافات ممکن}} \quad \text{رابطه ۴}$$

گام ۷. از بین ویژگی‌هایی که درجه آنتروپی آنها بیشتر از مقدار آستانه ویژگی (α) است، ویژگی‌ای با بزرگ‌ترین درجه آنتروپی (w_i) انتخاب می‌شود. گام چهارم به صورت کامل درباره این ویژگی باید اجرا شود.

گام ۸. قانونی با بیشترین درصد خطای طبقه‌بندی برای اصلاح انتخاب می‌شود؛ سپس نمونه‌های آموزشی که براساس آن قانون به درستی طبقه‌بندی شده یا نشده‌اند، شناسایی می‌شوند و در ادامه، توزیع آماری مقادیر ویژگی این نمونه‌های آموزشی در هریک از فواصل به دست آمده از گام ۷ محاسبه می‌شود. فرض می‌شود فواصل I_k فواصلی هستند که حداقل یک نمونه آموزشی به آنها تعلق دارد. اگر بیشترین نمونه‌های آموزشی که در فاصله I_k قرار گرفته‌اند، خروجی y_l داشته باشند، این قانون موقتی استنباط خواهد شد:

$$\text{IF } w_i \text{ is } I_k \text{ THEN } y = y_l$$

اکنون باید قانون اولیه با این قانون موقتی ترکیب شود تا قانون جدیدی به دست آید و آن قانون اولیه نیز اصلاح شود. با برداشتن قسمت شرط قانون اولیه و افزودن آن به قانون موقتی ساخته شده، قانون جدیدی به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\text{IF } x_i \text{ is } I_m \text{ AND } w_i \text{ is } I_k \text{ THEN } y = y_l$$

با افزودن مکمل قسمت شرط قانون موقتی به قانون اولیه، قانون نیز اصلاح می‌شود:

IF x_i is I_m AND w_i is \bar{I}_k THEN $y = y_j$

این رویه اصلاح قوانین تا جایی ادامه می‌یابد که یکی از دو حالت زیر رخ دهد:

- ورودی دیگری برای تولید قانون باقی نمانده باشد؛
 - نمونه آموزشی دیگری برای تولید قانون باقی نمانده باشد.
- در نهایت، پس از تولید قوانین، سیستم استنتاج در نرم‌افزار متلب شکل گرفت و الگوی ممدانی برای موتور استنتاج پذیرفته و استفاده شد. با استفاده از سیستم استنتاج تشکیل شده، نمونه‌های آزمایشی ارزیابی شدند تا اعتبار سیستم سنجیده شود.

یافته‌های پژوهش

ویژگی‌های ورودی (عوامل زمینه‌ساز مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار) مطابق جدول ۳ شناسایی شدند تا به‌عنوان ویژگی‌های ورودی سیستم استنتاج استفاده شوند.

جدول ۳. عوامل زمینه‌ساز مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار

| | | | |
|----------|----------------------------------|----------|-------------------------------------|
| x_{13} | برقراری ارتباط با دیگران | x_1 | اعتماد به نفس و برون‌گرایی |
| x_{14} | گزارش خطرات مشاهده‌شده در سازمان | x_2 | امکان پیشرفت و ترقی |
| x_{15} | ثبات عاطفی و روحی هنگام کار | x_3 | فضای اعتماد در سازمان |
| x_{16} | مشکلات و دغدغه‌های زندگی | x_4 | علاقه‌مندی به شغل |
| x_{17} | خلاقیت و نوآوری هنگام انجام کار | x_5 | حس همدلی و دوستی |
| x_{18} | حساسیت یا آلرژی نسبت به محیط کار | x_6 | اعتقاد شخصی به رعایت نکات ایمنی |
| x_{19} | مسئولیت‌پذیری در قبال کار | x_7 | فوریت و محدودیت زمانی در شغل |
| x_{20} | انعطاف‌پذیری کار | x_8 | تعلق و وابستگی به سازمان |
| x_{21} | تحصیلات | x_9 | ادراک فرد از اجرای عدالت در سازمان |
| x_{22} | نوع قرارداد | x_{10} | اهمیت همکاران به رعایت نکات ایمنی |
| x_{23} | سابقه کار | x_{11} | تقدیر از فرد در قبال انجام کار ایمن |
| x_{24} | سن | x_{12} | تطبيق‌پذیری با شرایط محیط کار |

نتایج گام ۱ در پیاده‌سازی CT08 اصلاح شده: نمره مشارکت نمونه‌های آموزشی از طریق مصاحبه با سرپرست و مسئول واحد ایمنی به دست آمد. با توجه به اینکه برای مشارکت، سه مجموعه فازی کم، متوسط و زیاد تعریف شده بود، مطابق گام نخست CT08، نمونه‌های

طراحی سیستم استنتاج فازی با یادگیری از نمونه‌های آموزشی... ۸۰۱

آموزشی براساس سطح مشارکت به سه طبقه تفکیک شدند و بیشترین و کمترین مقدار هر ورودی به تفکیک هر خروجی تعیین شد که مطابق جدول ۴ است.

جدول ۴. مقادیر نمونه‌های آموزشی براساس هریک از خروجی‌ها

| مشارکت کم | | مشارکت متوسط | | مشارکت زیاد | | خروجی‌ها متغیر ورودی |
|-----------|-----|--------------|-----|-------------|-----|-------------------------|
| max | min | max | min | max | min | |
| ۸/۵ | ۵/۵ | ۹/۵ | ۵/۵ | ۱۰ | ۸ | x_1 |
| ۷/۵ | ۵/۵ | ۹/۵ | ۴ | ۹/۵ | ۵/۵ | x_2 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| ۶۰ | ۱۵ | ۶۵ | ۱۵ | ۵۶ | ۳۶ | x_{23} |
| ۴۱ | ۲۲ | ۴۲ | ۲۵ | ۴۰ | ۲۸ | x_{24} |

نتایج گام ۲ در پیاده‌سازی CT08 اصلاح شده: درجه آنتروپی هریک از ورودی‌ها به‌منظور تعیین میزان تأثیرگذاری آنها در تولید قوانین به‌دست آمد که به‌صورت جدول ۵ است.

جدول ۵. درجه آنتروپی ورودی‌ها در تولید قوانین

| | | | | | | | |
|------|----------|------|----------|------|----------|------|-------|
| ۰/۲۰ | x_{19} | ۰/۳۳ | x_{13} | ۰/۱۳ | x_7 | ۰/۱۱ | x_1 |
| ۰/۳۸ | x_{20} | ۰/۵۰ | x_{14} | ۰/۶۰ | x_8 | ۰/۲۷ | x_2 |
| ۰/۳۳ | x_{21} | ۰/۴۰ | x_{15} | ۰/۴۰ | x_9 | ۰/۰۰ | x_3 |
| ۰/۰۰ | x_{22} | ۰/۴۲ | x_{16} | ۰/۴۴ | x_{10} | ۰/۱۰ | x_4 |
| ۰/۱۰ | x_{23} | ۰/۱۳ | x_{17} | ۰/۲۰ | x_{11} | ۰/۵۰ | x_5 |
| ۰/۲۰ | x_{24} | ۰/۳۳ | x_{18} | ۰/۲۰ | x_{12} | ۰/۰۰ | x_6 |

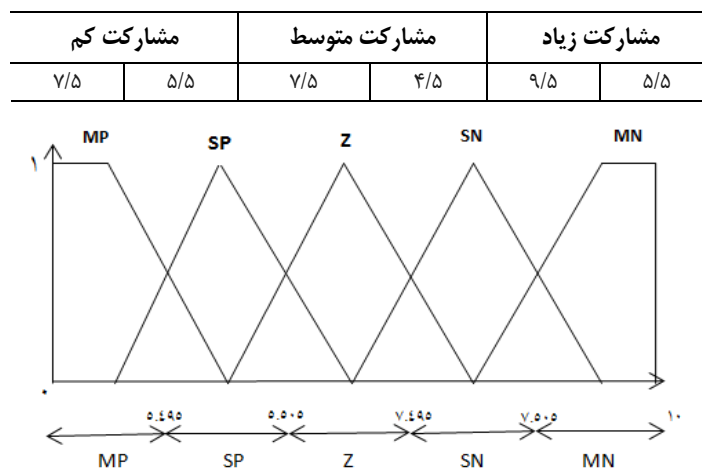
نتایج گام ۳ در پیاده‌سازی CT08 اصلاح شده: مقدار آستانه ویژگی (α) در این پژوهش ۰/۲ در نظر گرفته شده است. ورودی‌ها با آنتروپی بزرگ‌تر از α و به‌ترتیب نزولی عبارت‌اند از:

$$x_{13}, x_{21}, x_{23}, x_{9}, x_{15}, x_{16}, x_{10}, x_{14}, x_{5}, x_{8}$$

فهرست یادشده ورودی‌هایی را نشان می‌دهد که در تولید قوانین نقش دارند و ترتیب این فهرست نیز، ترتیب اثرگذاری ورودی در تولید قوانین را مشخص می‌کند.

در روش CT08، چندین بار باید گام ۴ تا آخرین گام اجرا شود تا زمانی که همه نمونه‌های آموزشی پوشش داده شوند. در ادامه، نتایج گام‌ها برای نخستین دور ارائه می‌شود. دوره‌های بعدی نیز به‌صورت مشابه انجام می‌شود.

نتایج گام ۴ در پیاده‌سازی CT08 اصلاح شده: مقادیر بیشینه و کمینه x_8 بر اساس خروجی‌های مختلف به شکل زیر است.



شکل ۱. توابع عضویت فازی برای ورودی x_8

داده‌ها را از کم به زیاد مرتب می‌شوند: ۴/۵، ۵/۵، ۵/۵، ۷/۵، ۷/۵، ۹/۵. پس از کسر ۰/۰۰۵ از مقادیر واقع در جایگاه فرد و افزودن به مقادیر در جایگاه زوج، سری جدید داده‌ها بعد از صعودی کردن آنها به این صورت خواهد بود: ۴/۴۹۵، ۵/۴۹۵، ۵/۵۰۵، ۷/۴۹۵، ۷/۵۰۵، ۹/۵۰۵

نتایج گام ۵ در پیاده‌سازی CT08 اصلاح شده: توزیع آماری ورودی x_8 در نمونه‌های آموزشی در فواصل به‌دست‌آمده به صورت جدول ۶ است.

جدول ۶. توزیع آماری ورودی x_8 در نمونه‌های آموزشی

| MP | SP | Z | SN | MN | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------------|
| ۴/۴۹۵-۵/۴۹۵ | ۵/۴۹۵-۵/۵۰۵ | ۵/۵۰۵-۷/۴۹۵ | ۷/۴۹۵-۷/۵۰۵ | ۷/۵۰۵-۹/۵۰۵ | |
| ۲ | ۷ | ۱۲ | ۶ | ۴ | تعداد نمونه‌ها |
| مشارکت متوسط | مشارکت متوسط | مشارکت متوسط | مشارکت متوسط | مشارکت زیاد | خروجی غالب |

براساس توزیع نمونه‌ها، قوانین فازی استنتاج‌شده عبارت خواهند بود از:

قانون ۱. اگر x_8 برابر با MP باشد، مشارکت در حد متوسط است.

طراحی سیستم استنتاج فازی با یادگیری از نمونه‌های آموزشی... ۸۰۳

- قانون ۲. اگر x_8 برابر با SP باشد، مشارکت در حد متوسط است.
- قانون ۳. اگر x_8 برابر با Z باشد، مشارکت در حد متوسط است.
- قانون ۴. اگر x_8 برابر با SN باشد، مشارکت در حد متوسط است.
- قانون ۵. اگر x_8 برابر با MN باشد، مشارکت در حد بالا است.

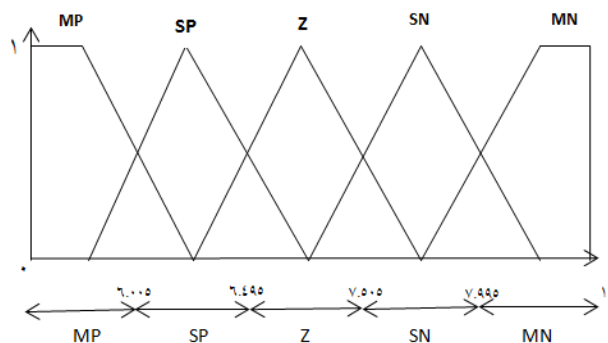
نتایج گام ۶ در پیاده‌سازی CT08 اصلاح‌شده: میان خطای طبقه‌بندی هریک از قوانین فازی تولیدشده به صورت زیر است:

$$CER_1 = 1-1 = 0 \quad CER_2 = 1-0/57 = 0/43 \quad CER_3 = 1-0/67 = 0/33$$

$$CER_4 = 1-0/5 = 0/5 \quad CER_5 = 1-1 = 0$$

با توجه به اینکه مقدار آستانه‌ای سطحی γ برابر $0/1$ در نظر گرفته شده است، مقدار خطای قوانین ۲ و ۳ و ۴ بیشتر از مقدار آستانه سطحی است و باید اصلاح شوند.

نتایج گام ۷ در پیاده‌سازی CT08 اصلاح‌شده: عوامل x_4 و x_5 با درجه آنتروپی $0/5$ در رتبه دوم قرار دارند. از این دو یکی به دلخواه انتخاب می‌شود که در اینجا x_5 انتخاب شده است. نتیجه پیاده‌سازی گام چهارم برای x_5 به صورت شکل ۲ است.



شکل ۲. توابع عضویت فازی برای ویژگی حس همدلی و دوستی

نتایج گام ۸ در پیاده‌سازی CT08 اصلاح‌شده: قانون ۴ بیشترین درصد خطای طبقه‌بندی را دارد، بنابراین به عنوان نخستین قانون برای اصلاح انتخاب می‌شود:
قانون ۴. اگر x_8 برابر با SN باشد، مشارکت در حد متوسط است.

توزیع آماری نمونه‌هایی که براساس x_8 در بازه SN قرار دارند، از نظر x_5 به این صورت است: ۲ نمونه با خروجی مشارکت زیاد که در بازه MN قرار دارند و ۴ نمونه با خروجی مشارکت متوسط که در بازه MN قرار ندارند.

بنابراین، قانون موقت به صورت زیر ساخته می‌شود:

قانون موقتی: اگر x_5 برابر MN باشد، مشارکت در حد زیاد است.

از ترکیب قانون ۴ با این قانون موقت، قانونی جدیدی به نام قانون ۶ ساخته می‌شود:

قانون ۶، اگر تعلق و وابستگی به سازمان برابر SN و حس همدلی و دوستی برابر MN باشد، مشارکت در حد زیاد است.

قانون ۴ نیز به صورت زیر اصلاح می‌شود:

قانون ۴، اگر x_8 برابر با SN باشد و x_5 برابر MN نباشد، مشارکت در حد متوسط است.

این مراحل باید تا زمانی ادامه یابد که درصد خطای تمام قوانین برابر یا کوچک‌تر از ۰/۱ شود.

جدول ۷ قانونی که تا کنون تولید شده همراه با درصد خطای هر یک را نشان می‌دهد.

جدول ۷. درصد خطای طبقه‌بندی قوانین مختلف مرحله نخست

| شماره قانون | ۵ | ۶ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | عامل |
|--------------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------|
| تعلق و وابستگی به سازمان | MN | SN | | Z | SP | MP | |
| حس همدلی و دوستی | | MN | MN' | | | | |
| تعداد نمونه‌ها | ۴ | ۲ | ۴ | ۱۲ | ۷ | ۲ | |
| خروجی | مشارکت زیاد | مشارکت زیاد | مشارکت متوسط | مشارکت متوسط | مشارکت متوسط | مشارکت متوسط | |
| تعداد نمونه‌های نادرست | ۰ | ۰ | ۱ | ۴ | ۳ | ۰ | |
| درصد خطای طبقه‌بندی | ۰ | ۰ | ۰/۲۵ | ۰/۳۳ | ۰/۴۳ | ۰ | |

از بین قوانین فازی تولیدشده، قانون ۲ با میزان خطای بیشتر، برای اصلاح در اولویت بعدی قرار می‌گیرد که برای آن مشابه قانون ۴ عمل می‌شود. این رویه اصلاح قوانین تا جایی ادامه می‌یابد که نمونه آموزشی دیگری برای تولید قانون باقی نماند.

در پایان، براساس نمونه‌های آموزشی ۱۷ قانون به شرح جدول ۸ تولید شد.

طراحی سیستم استنتاج فازی با یادگیری از نمونه‌های آموزشی... ۸۰۵

جدول ۸. قوانین تولیدشده براساس نمونه آموزشی

| | |
|--|----------|
| $IF x_8 = MP THEN y = average$ | قانون ۱ |
| $IF (x_8 = SP) \& (x_5, x_{15} = MP \text{ or } Z) \& (x_{14} \neq MN) \& (x_{10}, x_{16}, x_9 = Z) \& (x_{20} = Z \text{ or } MN \text{ or } MP) \& (x_{21} = Z \text{ or } SN) THEN y = average$ | قانون ۲ |
| $IF (x_8 = Z) \& (x_5 \neq MN) \& (x_{14}, x_{10}, x_{16}, x_{15} = MP \text{ or } Z) \& (x_9 = SP \text{ or } Z) \& (x_{20} = Z \text{ or } MN) \& (x_{21} = Z \text{ or } SN) THEN y = average$ | قانون ۳ |
| $IF (x_8 = SN) \& (x_5 = MN) \& (x_{14} \neq Z) THEN y = average$ | قانون ۴ |
| $IF (x_8 = MN) THEN y = high$ | قانون ۵ |
| $IF (x_8 = SN) \& (x_5 = MN) THEN y = high$ | قانون ۶ |
| $IF (x_8 = Z) \& (x_5, x_{14}, x_{10} = MN) THEN y = high$ | قانون ۷ |
| $IF (x_8 = SP) \& (x_5 = MP \text{ or } Z) \& (x_{14} = MN) THEN y = high$ | قانون ۸ |
| $IF (x_8 = SN) \& (x_5, x_{10} \neq MN) \& (x_{14} = Z) THEN y = low$ | قانون ۹ |
| $IF (x_8 = SN) \& (x_5 \neq MN) \& (x_{14}, x_{10} = MN) THEN y = average$ | قانون ۱۰ |
| $IF (x_8, x_{16}, x_{15} = Z) \& (x_5, x_{14} = MN) \& (x_{10} \neq MN) THEN y = average$ | قانون ۱۱ |
| $IF (x_8 = SP) \& (x_5 = MP \text{ or } Z) \& (x_{14} \neq MN) \& (x_{10} = SP) THEN y = low$ | قانون ۱۲ |
| $IF (x_8, x_{16} = Z) \& (x_5, x_{14} = MN) \& (x_{15} = SN) \& (x_{10} \neq MN) THEN y = high$ | قانون ۱۳ |
| $IF (x_8 = Z) \& (x_5 \neq MN) \& (x_{14}, x_{10}, x_{16}, x_{15} = MP \text{ or } Z) \& (x_9 = SP \text{ or } Z) \& (x_{20} = Z \text{ or } MN) \& (x_{21} = MN) THEN y = high$ | قانون ۱۴ |
| $IF (x_8 = Z) \& (x_5 \neq MN) \& (x_{14}, x_{10}, x_{16}, x_{15} = MP \text{ or } Z) \& (x_9 = SP \text{ or } Z) \& (x_{20} = Z \text{ or } MN) \& (x_{21} = MP) THEN y = low$ | قانون ۱۵ |
| $IF (x_8 = SP) \& (x_5, x_{15} = MP \text{ or } Z) \& (x_{14} \neq MN) \& (x_{10}, x_{16}, x_9 = Z) \& (x_{20} = Z \text{ or } MN \text{ or } MP) \& (x_{21}, x_{13} = MP) THEN y = low$ | قانون ۱۶ |
| $IF (x_8 = SP) \& (x_5, x_{15} = MP \text{ or } Z) \& (x_{14} \neq MN) \& (x_{10}, x_{16}, x_9 = Z) \& (x_{20} = Z \text{ or } MN \text{ or } MP) \& (x_{21}, x_{13} \neq MP) THEN y = low$ | قانون ۱۷ |

برای نمونه در زیر عناوین متغیرها جایگزین نام اختصاری در قانون ۲ شده است که بیان مفهومی آن به صورت زیر است:

قانون ۲: اگر «تعلق و وابستگی به سازمان» کم، «حس همدلی و دوستی» و «ثبات عاطفی و روحی» خیلی کم تا متوسط، «گزارش‌ها خطر» خیلی زیاد نباشد، «اهمیت همکاران به رعایت نکات ایمنی» و «مشکلات و دغدغه‌های زندگی» و «ادراک فرد از اجرای عدالت» متوسط، «انعطاف پذیری کار» زیاد یا کم نباشد و «تحصیلات فرد» متوسط یا زیاد باشد، آن گاه «مشارکت در سلامت محیط کار» در حد متوسط است.

روش CT08 از روش‌هایی است که خود اقدام به تعیین پارامترهای مجموعه‌های فازی ورودی‌ها در چارچوب از پیش تعریف شده می‌کند. در این پژوهش، چارچوب از پیش تعریف شده عبارت بود از اینکه تعداد مجموعه‌های فازی برای هر یک از ورودی‌ها، ۵ مجموعه است که ۵ حالت «خیلی زیاد»، «زیاد»، «متوسط»، «کم» و «خیلی کم» را معرفی می‌کنند. در زمان تولید قوانین فازی و طی هر بار گذر از گام ۴، پارامترهای مجموعه‌های فازی یک ورودی به دست می‌آید. مجموعه پارامترهای محاسبه شده برای همه ورودی‌های مؤثر به شرح جدول ۹ است.

جدول ۹. پارامترهای مجموعه‌های فازی ورودی‌های استفاده شده در تولید قوانین

| ورودی | مجموعه فازی | خیلی زیاد (MN) | زیاد (SN) | متوسط (Z) | کم (SP) | خیلی کم (MP) |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|--------------|
| تعلق و وابستگی به سازمان | (۷/۵-۸/۵-۸/۵) | (۶/۵-۷/۵-۸/۵) | (۵/۵-۶/۵-۷/۵) | (۴/۹۹۵-۵/۵-۶/۵) | (۴/۹۹۵-۴/۹۹۵-۵/۵) | |
| حس همدلی و دوستی | (۷/۷۵-۸/۷۵-۸/۷۵) | (۷-۷/۷۵-۸/۷۵) | (۶/۲۵-۷-۷/۷۵) | (۵/۷۵-۶/۲۵-۷) | (۵/۷۵-۵/۷۵-۶/۲۵) | |
| گزارش خطرهای مشاهده شده | (۸/۲۵-۹/۵-۹/۵) | (۷/۵-۸/۲۵-۹/۵) | (۷/۲۵-۷/۵-۸/۲۵) | (۶/۵-۷/۲۵-۷/۵) | (۶/۵-۶/۵-۷/۲۵) | |
| اهمیت همکاران به مسائل ایمنی | (۷/۷۵-۸/۷۵-۸/۷۵) | (۶/۵-۷/۷۵-۸/۷۵) | (۵/۵-۶/۵-۷/۷۵) | (۵/۲۵-۵/۵-۶/۵) | (۵/۲۵-۵/۲۵-۵/۵) | |
| مشکلات و دغدغه‌های زندگی | (۶/۷۵-۷/۷۵-۷/۷۵) | (۵/۲۵-۶/۷۵-۷/۷۵) | (۳/۷۵-۵/۲۵-۶/۷۵) | (۳-۳/۷۵-۵/۲۵) | (۳-۳-۳/۷۵) | |
| ثبات عاطفی و روحی هنگام کار | (۸-۹-۹) | (۶/۷۵-۸-۹) | (۵/۷۵-۶/۷۵-۸) | (۵-۵/۷۵-۶/۷۵) | (۵-۵-۵/۷۵) | |
| ادراک کارکنان از اجرای عدالت | (۸-۹-۹) | (۶/۷۵-۸-۹) | (۵/۷۵-۶/۷۵-۸) | (۵-۵/۷۵-۶/۷۵) | (۵-۵-۵/۷۵) | |
| انعطاف پذیر بودن کار | (۷/۲۵-۸-۸) | (۶/۲۵-۷/۲۵-۸) | (۵/۲۵-۶/۲۵-۷/۲۵) | (۵-۵/۲۵-۶/۲۵) | (۵-۵-۵/۲۵) | |
| تحصیلات هر فرد | (۶-۷-۷) | (۵-۶-۷) | (۳-۵-۶) | (۲-۳-۵) | (۲-۲-۳) | |
| توانایی برقراری ارتباط با دیگران | (۹-۹/۷۵-۹/۷۵) | (۷/۷۵-۹-۹/۷۵) | (۶/۷۵-۷/۷۵-۹) | (۶-۶/۷۵-۷/۷۵) | (۶-۶-۶/۷۵) | |

طراحی سیستم استنتاج فازی با یادگیری از نمونه‌های آموزشی... ۸۰۷

هر سیستم استنتاج از دو جزء اصلی تشکیل شده است؛ پایگاه قواعد و موتور استنتاج. تا اینجا درباره پایگاه قواعد سیستم استنتاج در این پژوهش صحبت شد که قلب هر سیستم استنتاجی است. از الگوی ممدانی نیز به‌عنوان موتور استنتاج این سیستم استفاده شد و طی آن ۵ نمونه آزمایشی برای بررسی سیستم آزمون شدند. اطلاعات این نمونه‌های آزمایشی مطابق جدول ۱۰ است.

جدول ۱۰. اطلاعات نمونه آزمایشی

| نمونه | | | | | عامل |
|-------|-----|-----|-----|-----|----------------------------|
| ۵ | ۴ | ۳ | ۲ | ۱ | |
| ۹ | ۱۰ | ۷/۵ | ۶ | ۵ | اعتماد به نفس و برون‌گرایی |
| ۷/۵ | ۸ | ۵/۵ | ۵/۵ | ۷/۵ | امکان پیشرفت و ترقی |
| ۷ | ۹/۵ | ۶/۵ | ۵/۵ | ۶/۵ | فضای اعتماد در سازمان |
| | ⋮ | | ⋮ | | ⋮ |
| ۲۸ | ۲۷ | ۳۵ | ۴۲ | ۳۲ | سن |
| A | A | B | C | B | مشارکت |

برای تعیین خروجی پیشنهادی سیستم برای هر یک از نمونه‌های آزمایشی باید نمره مشمولیت نمونه در همه قوانین محاسبه شود. برای محاسبه نمره مشمولیت نمونه در هر قانون، باید درجه عضویت هر یک از ورودی‌های نمونه بررسی شده را در هر یک از مجموعه‌های فازی اشاره‌شده در بخش شرط هر قانون محاسبه کرد. کمینه این درجات عضویت نمره مشمولیت نمونه در آن قانون را معرفی می‌کند که با M نشان داده می‌شود. خروجی نمونه باید براساس قانونی پیشنهاد شود که بیشترین نمره مشمولیت را کسب کرده است. جدول ۱۱ خروجی‌های پیشنهادی برای نمونه‌های آزمایشی را نشان می‌دهد. خانه‌های رنگ‌شده در سه ستون انتهایی این جدول نشان‌دهنده انحراف کسب‌شده سیستم است.

جدول ۱۱. خروجی‌های پیشنهادی برای هر یک از نمونه‌های آزمایشی

| انحرافات ممکن و انحرافات سیستم | | | خروجی پیشنهادی | خروجی واقعی | نمونه آزمایشی |
|--------------------------------|-------|------|----------------|-------------|---------------|
| کم | متوسط | زیاد | | | |
| -۱ | ۰ | +۱ | متوسط | متوسط | ۱ |
| ۰ | +۱ | +۲ | کم | کم | ۲ |
| -۱ | ۰ | +۱ | متوسط | متوسط | ۳ |
| -۲ | -۱ | ۰ | کم | زیاد | ۴ |
| -۲ | -۱ | ۰ | متوسط | زیاد | ۵ |

مجموع قدر مطلق انحرافات ممکن ۱۳ و مجموع قدر مطلق انحراف سیستم طراحی شده ۱ است. بنابراین، درصد دقت طبقه‌بندی سیستم به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$CAR = 1 - \frac{1}{13} = 0/93$$

همان‌طور که مشاهده می‌شود، دقت طبقه‌بندی سیستم ۰/۹۳ درصد به دست آمد که مقدار شایان توجهی است.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش محققان درصدد بودند سیستمی برای سنجش شاخص مشارکت کارکنان عملیاتی در سلامت محیط کار توسعه دهند که علاوه بر توجه گسترده به شاخص یادشده، از متغیرهای زبانی آمیخته با موضوعات رفتاری بهره ببرد. برای تولید قواعد این سیستم از الگوریتم CT08 اصلاح‌شده بهره برده شد و در پایان میزان دقت سیستم نیز افزایش یافت. ترتیب حضور متغیرها در قواعد تولیدشده نشان‌دهنده اهمیت این عوامل است؛ بدین ترتیب، عامل تعلق و وابستگی به سازمان مهم‌ترین عامل و عامل‌های حس همدلی و دوستی، گزارش خطرهای مشاهده‌شده و اهمیت همکاران به مسائل ایمنی، در رتبه‌های بعدی تأثیرگذاری بر مشارکت کارکنان در سلامت محیط کار قرار گرفتند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد از سیستم‌های استنتاج فازی می‌توان به‌عنوان گزینه مناسبی در سیستم پیش‌بینی رفتار سازمانی همچون مشارکت در سلامت محیط کار استفاده کرد و برای ساخت آنها از نمونه‌های سازمانی بهره برد. در این تحقیق، سطح مشارکت براساس عوامل فردی سنجیده شد. توصیه می‌شود در تحقیقات آتی بر عوامل سازمانی نیز تمرکز شود. در این پژوهش استقلال بین عوامل مفروض بود، در پژوهش‌های دیگر می‌توان به روابط درونی بین عوامل نیز توجه کرد.

References

- Anenson, L. W., Brunt, A., Terbizan, D. J. & Christensen, B. (2013). Participation Rates in a Worksite Wellness Program Using E-Mail Wellness Messages. *Journal of Education and Training Studies*, 2(1), 44-52.
- Ball, T. J. (2009). *Selected barriers and incentives to participation in a university wellness program*. M.A. Thesis. Utah State University.
- Batt, M. E. (2009). Physical activity interventions in the workplace: the rationale and future direction for workplace wellness. *British journal of sports medicine*, 43(1), 47-48.
- Bergström, G., Björklund, C., Fried, I., Lisspers, J., Nathell, L., Hermansson, U. & Jensen, I. B. (2008). A comprehensive workplace intervention and its

- outcome with regard to lifestyle, health and sick leave: the AHA study. *Work*, 31(2), 167-180.
- Burton, W. N., Pransky, G., Conti, D. J., Chen, C. Y. & Edington, D. W. (2004). The association of medical conditions and presenteeism. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 46(6), S38-S45.
- Castro, J. L., Castro-Schez, J. J. & Zurita, J. M. (1999). Learning maximal structure rules in fuzzy logic for knowledge acquisition in expert systems. *Fuzzy sets and systems*, 101(3), 331-342.
- Chen, S. M. & Chang, C. H. (2005). A new method to construct membership functions and generate weighted fuzzy rules from training instances. *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 36(4), 397-414.
- Chen, S. M. & Fang, Y. D. (2005). A new approach for handling the Iris data classification problem. *International journal of applied science and engineering*, 3(1), 37-49.
- Chen, S. M. & Fang, Y. D. (2005). A new method to deal with fuzzy classification problems by tuning membership functions for fuzzy classification systems. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 28(1), 169-173.
- Chen, S.M. & Tsai, F.M. (2005). A new method to construct membership functions and generate fuzzy rules from training instances. *International Journal of Information and Management Sciences*, 16(2), 47-72.
- Chen, S.M. & Tsai, F.M. (2008). Generating fuzzy rules from instances for fuzzy classification systems. *Expert Systems with Applications*, 35(3), 611-621.
- Collins, J. J., Baase, C. M., Sharda, C. E., Ozminkowski, R. J., Nicholson, S., Billotti, G. M.,... & Berger, M. L. (2005). The assessment of chronic health conditions on work performance, absence, and total economic impact for employers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 47(6), 547-557.
- Ghaffarzadeh, H. (2010). *Classification of submarines using fuzzy systems*. Arak: Faculty of Engineering and Technology. (in Persian)
- Gollan, P. J., Budd, J. W. & Wilkinson, A. (2010). New approaches to employee voice and participation in organisations. *Human Relations*, 63(3), 303-310.
- Hong, T. P. & Chen, J. B. (1999). Finding relevant attributes and membership functions. *Fuzzy Sets and Systems*, 103(3), 389-404.
- Hong, T. P. & Lee, C. Y. (1996). Induction of fuzzy rules and membership functions from training examples. *Fuzzy sets and Systems*, 84(1), 33-47.
- Kadkhodae, S. (2014). *Identify and rank the barriers to participation in health promotion and workplace safety using a multi-criteria approach*. M.A. Thesis. Shahed University of Tehran. (in Persian)
- Karami, M. (2007). *Occupational Health and Safety from theory to practice*. Sabzevar: Press the Omid E Mehr. (in Persian)

- Kermani, D. & Montajabi, A. (2009). The impact of safety team on the reduction of occupational injuries. *Tadbir*, 20(204), 63-66. (in Persian)
- Law, I., & Widdows, H. (2008). Conceptualising health: Insights from the capability approach. *Health Care Analysis*, 16(4), 303-314.
- Loeppke, R., Nicholson, S., Taitel, M., Sweeney, M., Haufle, V., & Kessler, R. C. (2008). The impact of an integrated population health enhancement and disease management program on employee health risk, health conditions, and productivity. *Population Health Management*, 11(6), 287-296.
- Loeppke, R., Taitel, M., Richling, D., Parry, T., Kessler, R. C., Hymel, P. & Konicki, D. (2007). Health and productivity as a business strategy. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 49(7), 712-721.
- Motahhari, Farimani, N., Momeni, M. & Yazdani, H.R. (2014). Production fuzzy rules of educational samples for fuzzy classification systems. *Journal Vision of Industrial Management*, 3(11), 164-188. (in Persian)
- Nöhammer, E., Stummer, H. & Schusterschitz, C. (2014). Employee perceived barriers to participation in worksite health promotion. *Journal of Public Health*, 22(1), 23-31.
- Person, A. L., Colby, S. E., Bulova, J. A. & Eubanks, J. W. (2010). Barriers to participation in a worksite wellness program. *Nutrition research and practice*, 4(2), 149-154.
- Rasooli, H. & Manian, A. (2012). designing a Fuzzy Inference System for the selection of E -banking services:Case Study of Bank Sepah. *Journal of Information Technology and Management*, 4(12), 41-64. (in Persian)
- Saatchi, M. (1999). *productivity Psychology*, (2nd ed), Tehran. (In Persian)
- Shamian, J. & El-Jardali, F. (2007). Healthy workplaces for health workers in Canada: knowledge transfer and uptake in policy and practice. *Healthcare Papers*, 7(Sp). Available in: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17478996.
- Sohrabi, B., Zanjani, M., Farzaneh, M. & Vanani, I. (2012). Providing a system to evaluate the rate success of implementation system of enterprise resource planning based on fuzzy inference approach. *Journal of Management research in Iran*, 16(3), 105-130. (in Persian)
- Tahvildari, S., Mofidi, A. & Meshkani, M. (2010). The role of the network model (B.N) in the promotion of workplace health and safety. *Quarterly healthy work*, 2(7), 57-60. (in Persian)
- Taylor-Robinson, D. C., Lloyd-Williams, F., Orton, L., Moonan, M., O'Flaherty, M., & Capewell, S. (2012). Barriers to partnership working in public health: a qualitative study. *PLOS one*, 7(1), e29536.
- Toosi, M. (2001). *Participation and participant management*. (2nd ed), Tehran: Industrial Management Institute. (in Persian)