



فصلنامه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست

ارزیابی ایمنی در محل کار با استفاده از رویکرد سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی با کمک مدل سازی معادلات ساختاری حداقل مربعات جزئی - معالعه موردی شرکت پالایش گاز سرخون و قشم

سعید سلیمی^{۱*}، شهلا پاسلار^{۲*}، مسلم علیمحمدی^۳

۱- نویسنده مسئول: دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی صنایع، بندرعباس، ایران

۲- استادیار، گروه صنایع دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

۳- مشاور صنعتی، رئیس واحد ایمنی شرکت پالایش گاز سرخون، بندرعباس، ایران

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی تمایل کارکنان به پیروی از مقررات ایمنی در محیط کار، از چارچوبی ترکیبی شامل سیستم استنتاج عصبی - فازی تطبیقی (ANFIS) و مدل سازی معادلات ساختاری با روش حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) بهره برد. داده‌های لازم از طریق پرسش‌نامه‌ای که شش مؤلفه اصلی شامل دانش ایمنی ضمنی و صریح، نگرش عاطفی و روان‌شناختی به ایمنی و نیز فرهنگ ایمنی در ابعاد رفتاری و روان‌شناختی را می‌سنجید، گردآوری شد. جامعه آماری پژوهش را ۹۰ نفر از کارکنان شرکت پالایش گاز سرخون و قشم تشکیل دادند و داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و Smart-PLS مورد تحلیل قرار گرفتند. همچنین به کمک نرم افزار متلب سیستم استنتاج فازی مربوطه توسعه داده شد. بر اساس تحلیل آماری شاخص برازش کل برابر (Gof) برابر با ۰/۹ به دست آمد که نشان دهنده برازش خوب مدل معادله ساختاری است. نتایج تحلیل مسیر نشان داد که کلیه متغیرها به جز نگرش احساسی، تأثیر معناداری بر انطباق ایمنی دارند. در تحلیل ANFIS شاخص (RMSE) با تابع عضویت دوزنقه‌ای کمترین خطا و ضریب تعیین را نشان داد که حاکی از برازش مطلوب مدل است. میزان برازش مدل ANFIS (شاخص R^2) برابر با ۰/۹۳ بود که نشان دهنده برازش خوب این مدل است. تحلیل حساسیت نیز مؤید نقش کلیدی فرهنگ ایمنی رفتاری به عنوان قوی‌ترین پیش‌بین در مدل بود. علاوه بر این، نتایج رویکرد مدل سازی ANFIS نشان داد که فرهنگ ایمنی از جنبه رفتاری مهم‌ترین پیش‌بینی‌کننده ایمنی در کار است.

مشخصات مقاله

تاریخچه مقاله:

نوع مقاله: علمی

دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۲۷

بازنگری: ۱۴۰۴/۰۸/۱۷

پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۱۹

ارائه آنلاین: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵

*نویسنده مسئول:

saeedsalimii72@gmail.com

کلید واژه‌ها:

ایمنی محیط کار

روش معادلات ساختاری

حداقل مربعات جزئی

سیستم استنتاج فازی



۱- مقدمه

پیشینه تحقیق

در اقتصاد ایران صنعت نفت یک نقش کلیدی را بر عهده دارد و بخش اصلی درآمدهای کشور از این صنعت تامین می‌شود. [۱]. با توجه به وسعت و تنوع فعالیت‌های صنعت نفت و گاز در ایران، شمار قابل توجهی از نیروی کار در بخش‌های گوناگون این صنعت اشتغال دارند. نیروی انسانی به عنوان یکی از حیاتی‌ترین پایه‌های هر سازمان محسوب می‌شود؛ بنابراین، از دست دادن یا صدمه دیدگی این سرمایه انسانی، خسارتی جدی و بزرگ برای صنعت به شمار می‌آید. [۲]. هر ساله شاهد وقوع حوادث ایمنی متعددی در صنایع نفت و گاز ایران هستیم که پیامدهای آن، آسیب‌های غیرقابل جبرانی را برای پرسنل فعال در این حوزه به همراه دارد. به عنوان نمونه، در یک دوره یک‌ساله بین سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۳، تعداد ۵۱ حادثه در این صنایع گزارش شده که متأسفانه منجر به کشته شدن ۳۴ نفر و معلولیت دائمی ۳۷ نفر از کارکنان گردیده است. [۳]. تمام این موارد، ضرورت و اهمیت توجه به ایمنی در صنایع نفت و گاز را آشکارتر می‌سازد. به منظور اجرای اثربخش سیاست‌های ایمنی در این صنعت، گام اول شناسایی و تحلیل عوامل تأثیرگذار بر ایمنی محیط کار است. [۴]. عوامل متعددی بر سطح ایمنی محیط کار تأثیرگذارند و شناخت دقیق آن‌ها نقشی محوری در مدیریت و بهبود فرهنگ ایمنی هر سازمان ایفا می‌کند. اهمیت موضوع ایمنی به‌ویژه با توجه به خسارات مستقیم و غیرمستقیم ناشی از حوادث در صنایع، بسیار بالا است و به همین دلیل، سازمان‌های مختلف همواره در تلاشند تا سطح ایمنی محیط کار خود را ارتقا دهند. در این مسیر، شناخت مؤلفه‌های تأثیرگذار بر ایمنی یک ضرورت اساسی محسوب می‌شود. این عوامل در دو دسته کلی فرهنگی و فنی قابل دسته‌بندی هستند؛ بعد فرهنگی شامل مواردی مانند دانش ایمنی کارکنان، نگرش آنان نسبت به ایمنی و نیز رفتار و فرهنگ ایمنی در محیط کار است. شناسایی سازوکار تأثیر این عوامل بر ایمنی، می‌تواند راهنمای مؤثری برای مسئولان و مدیران ایمنی در جهت طراحی و اجرای برنامه‌های بهبود ایمنی باشد. [۵]. در این تحقیق عوامل اثرگذار بر ایمنی از جنبه فرهنگی با تمرکز بر شرکت پالایش گاز سرخون و قشم بررسی شده است.

امروزه مفهوم ایمنی در تقریباً تمامی حوزه‌های فعالیت مورد توجه جدی قرار دارد. برای این واژه تعاریف متعددی ارائه شده که یکی از رایج‌ترین آن‌ها، ایمنی را به معنای محافظت در برابر خطرات دانسته و بر این اساس، آن را به عنوان میزان فاصله از شرایط خطرناک یا آسیب‌زا تعریف می‌کند. [۶]. خطر به شرایطی اطلاق می‌شود که امکان آسیب‌رسانی به پرسنل، تخریب تجهیزات و سازه‌ها، نابودی مواد یا کاهش بازدهی در انجام یک وظیفه مشخص وجود دارد. [۷]. ایمنی صنعتی به مجموعه روش‌ها و سیاست‌های مدیریتی در بخش صنعت اطلاق می‌شود که با هدف حفاظت از نیروی انسانی، تجهیزات، تأسیسات، سازه‌ها و محیط‌زیست طراحی و اجرا می‌شود. یک سیستم ایمنی صنعتی مؤثر، مدیریت یکپارچه تمامی فرآیندها و رویه‌های موجود در صنعت را شامل می‌شود تا با کاهش خطرات، پیشگیری از حوادث و کمینه‌سازی احتمال وقوع آن‌ها، از کارکنان و اموال سازمان محافظت کند. [۸].

تحقیقات متعددی در زمینه عوامل مؤثر بر انطباق با ایمنی در محیط کار، بر نقش دانش، نگرش و فرهنگ ایمنی تأکید کرده‌اند. دانش ایمنی یکی از پیش‌نیازهای مهم برای رفتار ایمن کارکنان و در نهایت، انطباق آن‌ها با مقررات محسوب می‌شود [۹]. در این راستا، تفاوت‌هایی میان انواع دانش ایمنی مورد بررسی قرار گرفته است؛ به‌طوری‌که پژوهش‌ها نشان داده‌اند دانش ضمنی ایمنی به عنوان یک عامل مهم و تأثیرگذار در تمایل کارکنان به پیروی از مقررات ایمنی و شیوه‌های کار ایمن در محل کار (ایمنی در کار) عمل می‌کند. همچنین، رابطه بین دانش ایمنی و اجرای سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (که یک نوع انطباق سیستمی است) به اثبات رسیده است [۱۰]. علاوه بر این، دانش ایمنی به عنوان یک متغیر میانجی، نقش مهمی در ارتباط بین رهبری ایمنی و رفتار شهروندی ایمنی (یکی از ابعاد عملکرد ایمنی) ایفا می‌کند [۱۱].

در کنار دانش، نگرش به ایمنی به عنوان یک عامل روانشناختی و احساسی، نقش محوری در انطباق با ایمنی

ساختاری حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) و سیستم استنتاج عصبی-فازی تطبیقی (ANFIS)، رویکردی نوین برای مدل‌سازی غیرخطی و ارزیابی دقیق‌تر تأثیر عوامل فرهنگی، دانشی و نگرشی بر ایمنی در محیط کار ارائه می‌دهد. نوآوری اصلی این تحقیق در به‌کارگیری تحلیل حساسیت مبتنی بر ANFIS برای شناسایی قوی‌ترین پیش‌بین‌کننده‌ها و اولویت‌بندی عوامل مؤثر است که امکان درک بهتر تعاملات پیچیده بین متغیرها را فراهم می‌سازد. همچنین، تمرکز بر صنعت نفت و گاز به‌عنوان یک محیط پرخطر و استفاده از داده‌های میدانی در شرکت پالایش گاز سرخون و قشم، به غنای کاربردی و بوم‌یافته‌های پژوهش افزوده است.

مبانی نظری تحقیق

حسن زاده و خانزادی (۱۴۰۰) عوامل اصلی تأثیرگذار بر ایمنی در محیط کار به پنج دسته کلی شامل عوامل فنی^۲، فرآیندی^۳، انسانی^۴، محیطی^۵ و سازمانی^۶ تقسیم‌بندی می‌کند. [۱۵].

الف- عوامل فنی

عوامل فنی مؤثر بر ایمنی، به آن دسته از عناصری اشاره دارد که مرتبط با خطرات ناشی از ماشین‌آلات، تجهیزات و فضای فیزیکی کار هستند. برنامه‌ریزی و اجرای اقدامات پیشگیرانه پیش از حضور کارگران در محیط کار، در این حوزه جای می‌گیرد. این عوامل شامل مواردی همچون عایق‌بندی مناسب وسایل برقی و حرارتی، تأمین نور کافی در محل کار، نصب صحیح علائم هشداردهنده، استفاده از تجهیزات استاندارد و موارد مشابه است. این جنبه از ایمنی عمدتاً در حوزه مسئولیت طراحان و مدیران صنعتی قرار دارد که موظفند پیش از به‌کارگیری نیروی انسانی، محیطی ایمن و مطمئن را فراهم نمایند [۱۵].

دارد. نگرش کارکنان به ایمنی، چه از جنبه‌های روانشناختی و چه از جنبه‌های احساسی، به عنوان عوامل مهمی شناخته شده‌اند که بر ایمنی در کار و میزان پیروی از مقررات تأثیر می‌گذارند. در همین راستا، مطالعات تحلیلی نشان داده‌اند که نگرش ایمنی با پایبندی ایمنی^۱ در ارتباط است و همراه با سایر عوامل روانشناختی مانند افسردگی، استرس و درک خطر، می‌تواند رفتارهای ایمنی را شکل دهد [۱۲]. همچنین، نگرش کارکنان به ایمنی با میزان پیاده‌سازی سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای ارتباط معنی‌داری دارد [۱۰].

فرهنگ و جو ایمنی، به عنوان نمادهای سازمانی از تعهد به ایمنی، تأثیر گسترده‌ای بر انطباق با ایمنی کارکنان دارند [۹]. نتایج نشان می‌دهد که فرهنگ ایمنی دارای تأثیر مثبت و معناداری بر عملکرد ایمنی کارکنان است [۱۳]. بررسی‌ها بیانگر آن است که جو ایمنی به طور بالقوه بر عملکرد ایمنی در صنایع پرخطر اثر می‌گذارد و نقش میانجی در بهبود عملکرد ایمنی ایفا می‌کند [۱۱]. جو ایمنی همچنین در بررسی‌های مربوط به انطباق با ایمنی نیز یک عامل کلیدی است. تحلیل ابعاد فرهنگ ایمنی نشان داد که جنبه‌های رفتاری فرهنگ ایمنی و جنبه‌های روانشناختی فرهنگ ایمنی هر دو از عوامل مهم تأثیرگذار بر ایمنی در کار (انطباق) هستند، به طوری که جنبه‌های رفتاری به عنوان بحرانی‌ترین پیش‌بینی‌کننده ایمنی در کار تلقی می‌شوند. علاوه بر این، جو ایمنی تیم نیز به طور مستقیم بر رفتارهای ایمنی کارکنان تأثیرگذار است [۱۵]. به‌طور کلی، یک جو ایمنی مثبت از طریق آموزش، شفاف‌سازی مسئولیت‌ها و ترویج ارتباطات ایمنی باز، برای تعدیل تأثیر عوامل روانشناختی بر رفتارهای ایمنی (از جمله انطباق) و بهبود پایبندی ایمنی ضروری است [۱۲].

مطالعات پیشین در حوزه ایمنی محیط کار عمدتاً بر روابط خطی بین عوامل تأثیرگذار متمرکز بوده‌اند، اغلب از پیچیدگی و ماهیت غیرخطی این روابط غفلت شده است. پژوهش حاضر با تلفیق دو روش مدل‌سازی معادلات

² Technical factors

³ Procedures factors

⁴ Human factors

⁵ Environmental factors

⁶ Organizational factors

¹ Safety Adherence

می‌شود. در مقابل، دانش صریح ایمنی شامل مجموعه‌ای از دانسته‌های ثبت‌پذیر و قابل انتقال است که افراد عمدتاً از طریق دوره‌های آموزشی، دستورالعمل‌ها و منابع مکتوب در این زمینه کسب می‌کنند [۱۷]. بنابراین تعریف ملکی روشی (۱۴۰۰)، نگرش روان‌شناختی نسبت به ایمنی به معنای آمادگی برای واکنش مؤثر و ایمن، به‌ویژه در شرایط پرتنش است. به بیان دیگر، نگرش ایمنی ترکیبی از باورها، احساسات و تمایل به اقدام در قبال مسائل ایمنی محسوب می‌شود. بر این اساس، جنبه روان‌شناختی آن شامل آمادگی ذهنی و روانی افراد در مواجهه با موضوعات ایمنی است، در حالی که جنبه عاطفی نگرش ایمنی به احساسات فرد نسبت به همکاران و محیط ایمنی در سازمان اشاره دارد [۱۸]. فرهنگ ایمنی به عنوان بخشی از فرهنگ سازمانی، دربرگیرنده باورها و ارزش‌هایی است که بر حفظ سلامت و ایمنی در محیط کار تأکید می‌کند. این فرهنگ از دو جنبه قابل بررسی است: از نظر رفتاری، به اعمال و عادات‌های نهادینه‌شده ایمنی در میان کارکنان اشاره دارد که به طور خودانگیخته در حین انجام وظایف رعایت می‌شوند. همچنین فرهنگ ایمنی دارای بُعد روان‌شناختی نیز هست که چگونگی درک، ارزیابی و واکنش افراد به موقعیت‌های مرتبط با ایمنی را شامل می‌شود [۱۷]. تمرکز این تحقیق بر بررسی تاثیر عوامل سازمانی بر ایمنی در محیط کار است.

روش تحقیق

مدلسازی معادلات ساختاری (SEM) برای ارزیابی و مدل‌سازی مسائل حوزه ایمنی و ارگونومی در کارهای مختلف و توسط محققین مختلف مورد استفاده قرار گرفته است [۲۳-۱۹]. در این کارهای تحقیقاتی نویسندگان به این نتیجه رسیدند که رفتار کاری مستقیماً بر ایمنی در محیط کار تأثیر می‌گذارد. در سال‌های اخیر از مدل (PLS-SEM) نیز در مدل‌سازی معادلات ساختاری مربوط به ایمنی محیط کار استفاده می‌شود [۲۶-۲۴]. در ارزیابی عوامل تعیین‌کننده و نقش‌های جو ایمنی، گورکانلی و مونگن^۱ (۲۰۰۹) یک روش محاسباتی نرم را برای ارزیابی خطر برای کارگرانی که در محل‌های ساخت و ساز در معرض خطرات شغلی هستند، پیشنهاد کردند [۱۷]. رویکرد مبتنی بر ANFIS در گذشته نه چندان دور برای بررسی

ب- عوامل فرآیندی مؤثر بر ایمنی

عوامل فرآیندی، چگونگی و ترتیب اجرای ایمن فعالیت‌ها را تعیین می‌کنند. برای پیشگیری از حوادث، ضروری است که مسئولیت‌ها و جایگاه هر یک از کارکنان به همراه شیوه صحیح انجام کار، به طور دقیق تعریف و تبیین شود. این موضوع به‌ویژه در مورد کارهای سنگین و غیرمتداول، مانند نصب تجهیزات حجیم یا فعالیت‌های مرحله راه‌اندازی واحدهای صنعتی، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است [۱۵].

ج- عوامل انسانی

خطای انسانی همواره به عنوان بخشی اجتناب‌ناپذیر در وقوع بسیاری از حوادث صنعتی مطرح بوده است. برای کاهش این خطاها علاوه بر ارتقای شرایط ایمنی سازمانی از طریق بهبود دانش، فرهنگ و نگرش پرسنل نسبت به ایمنی، راهکارهایی مانند توجه به سطح خستگی و سلامت روانی و جسمی کارکنان، به‌کارگیری نیروی متخصص متناسب با هر فعالیت و برنامه‌ریزی دقیق منابع انسانی می‌تواند به طور مؤثری احتمال بروز خطاهای انسانی را به حداقل برساند. [۱۵].

ه- عوامل محیطی

علاوه بر این، عوامل محیطی مانند اوضاع جوی، دمای هوا، میزان روشنایی و موارد مشابه نیز بر ایمنی محیط کار تأثیرگذارند. بنابراین لازم است که مدیران و طراحان فرآیندها، پیش از شروع هر گونه فعالیت، این شرایط را به دقت ارزیابی کرده و تنها در صورت فراهم بودن تمامی معیارهای محیطی مساعد، اقدام به اجرای عملیات نمایند. [۱۵].

ز- عوامل سازمانی مرتبط با ایمنی

عوامل سازمانی مؤثر بر ایمنی عمدتاً شامل سه عنصر کلیدی است: سطح دانش و آگاهی کارکنان در حوزه ایمنی، نگرش آنان نسبت به مسائل ایمنی و فرهنگ سازمانی حاکم بر رفتارهای ایمنی. در این میان، دانش ایمنی خود به دو دسته دانش صریح (آشکار) و دانش ضمنی (نهفته) تقسیم‌بندی می‌شود. [۱۶]. دانش ضمنی ایمنی به اطلاعات، مهارت‌ها و قابلیت‌های فردی در حوزه ایمنی اشاره دارد که از طریق تجربه عملی و مواجهه مستقیم با موقعیت‌های کاری حاصل

¹ Gurcanli and Mungen

پرسشنامه تحقیق

پرسشنامه این پژوهش مبتنی بر مدل کاکیت و همکاران (۲۰۲۰) طراحی شده است که در آن شش بُعد به عنوان متغیر مستقل و یک بُعد به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شده است. این پرسشنامه شامل دو بخش اصلی است: بخش نخست به سؤالات جمعیت‌شناختی شامل جنسیت، سن و میزان تحصیلات می‌پردازد و بخش دوم شامل سؤالات تخصصی است. تمامی گویه‌ها بر اساس مقیاس پنج‌درجه‌ای لیکرت تنظیم شده‌اند. روایی ابزار پژوهش از طریق روش روایی محتوا و با کسب نظر متخصصان و اساتید حوزه مربوطه تأیید و اصلاحات لازم اعمال شد. پایایی پرسشنامه نیز با محاسبه ضریب آلفای کرونباخ مورد بررسی قرار گرفت که مقادیر بالای ۰/۷ نشان‌دهنده پایایی قابل قبول و اتکاپذیری نتایج است. پرسشنامه نهایی مشتمل بر ۴۸ سؤال است که به ترتیب شامل ۸ سؤال برای سنجش دانش ضمنی ایمنی، ۸ سؤال برای دانش صریح ایمنی، ۶ سؤال برای نگرش روان‌شناختی به ایمنی، ۶ سؤال برای نگرش عاطفی به ایمنی، ۶ سؤال برای فرهنگ ایمنی روان‌شناختی، ۸ سؤال برای فرهنگ ایمنی رفتاری و در نهایت ۶ سؤال برای ارزیابی وضعیت ایمنی به عنوان متغیر وابسته می‌باشد.

جدول ۲. سؤالات تحقیق

دانش ضمنی ایمنی	
۱	اگر مجبور باشم کار جدیدی را سریع یاد بگیرم، مشاهده می‌کنم که چگونه شخص دیگری آن را به طور ایمن انجام می‌دهد
۲	برای جلوگیری از حوادث، بهتر است ببینیم یک کارمند باتجربه چگونه کار محول شده را انجام می‌دهد
۳	قبل از شروع کار بر روی تجهیزات جدید، از یک کارگر باتجربه می‌خواهم که خطرات احتمالی ایمنی را برای من توضیح دهد
۴	همکارانم به من کمک می‌کنند تا یک محل کار ایمن داشته باشم
۵	بهتر است به دیگران در مورد یک وسیله خطرناک در محل کار هشدار داده شود و تاریب‌سختی‌ها به‌طور مربوط به استفاده از این دستگاه را به آنها بگویند.
۶	سریعترین راه برای اینکه کارکنان عادات کاری ناامن را از یاد ببرند این است که به کارکنان بیاوریم چگونه ایمن کار کنند.

جنبه‌های مختلف طراحی ارگونومی، عملکرد انسانی، ریسک شغلی و ارزیابی خطر کار به کار گرفته شده است [۳۱-۲۸]. برای مثال، دینات و همکاران^۱ (۲۰۱۶) یک کار ساده را برای ارزیابی تمام اجزای آسیب‌های ناشی از کار، اقدامات ایمنی مربوطه، و هزینه‌های کاهش سلامت به منظور رسیدگی به عدم انسجام حوادث غیر قابل گزارش ایجاد کرد. به منظور مدل سازی و ارزیابی پیچیدگی خطرات ایمنی در سایت‌های ساخت و ساز، در این تحقیق یک مدل مبتنی بر ANFIS نیز استفاده شد [۳۲].

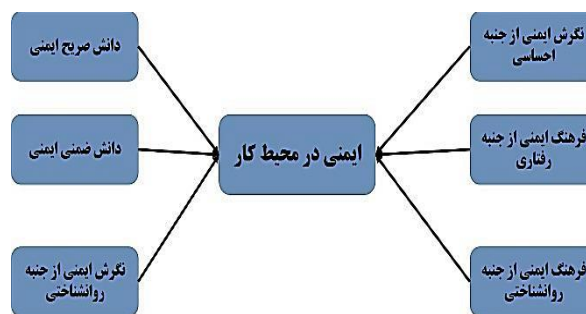
مدل معادلات ساختاری مسئله

با توجه بررسی ادبیات موضوع و فرضیات مسئله، متغیرهای مستقل و وابسته مسئله به صورت جدول ۱ تعریف می‌شود:

جدول ۱ متغیرهای مستقل و وابسته مسئله

متغیر مستقل	متغیر وابسته
دانش ضمنی ایمنی (Dz)	ایمنی در محیط کار
دانش صریح ایمنی (Ds)	
نگرش به ایمنی به لحاظ جنبه روانشناختی (Nr)	
نگرش به ایمنی به لحاظ جنبه احساسی (Ne)	
فرهنگ ایمنی به لحاظ روانشناختی (Fr)	
فرهنگ ایمنی به لحاظ رفتاری (Fraf)	

در شکل ۱ معادله ساختاری در نظر گرفته شده برای مسئله تحقیق آورده شده است:



شکل ۱. الگوی معادله ساختاری تحقیق

¹ Debnath et al

جدول ۲. سوالات تحقیق

دانش ضمنی ایمنی	
مورد کار ایمن غنی می‌کند	
کارمندان با تجربه زیاد مجبور نیستند قوانین ایمنی و بهداشت را رعایت کنند	۱۹
در موقعیت فعلی خود اطلاعات کاملی از ایمنی کار دارم	۲۰
آموزش ایمنی و بهداشت اتلاف وقت نیست	۲۱
به راحتی می‌توانم تهدیدات بالقوه ایمنی در محل کار را شناسایی کنم	۲۲
نگرش نسبت به ایمنی: جنبه‌های احساسی	
داشتن دانش بهداشت و ایمنی برای من مهم است	۲۳
بعد از گذراندن دوره آموزشی ایمنی احساس امنیت بیشتری می‌کنم	۲۴
دوست ندارم کسی به من بگوید چگونه کارم را ایمن تر انجام دهم	۲۵
خوشحال می‌شوم از دیگران در مورد مسائل مربوط به ایمنی کار سؤال نمایم	۲۶
مایلم دانش خود را در زمینه سلامت و ایمنی با دیگران به اشتراک بگذارم	۲۷
از اینکه به کسی کمک کنم که ایمن تر کار کند، احساس خوبی پیدا می‌کنم.	۲۸
فرهنگ ایمنی: جنبه‌های روانشناختی	
از خطرات ایمنی در محل کار که ممکن است بر زندگی و سلامت من تأثیر بگذارد، آگاهی دارم.	۲۹
نسبت به الزامات ایمنی در محل کارم احساس مسئولیت می‌کنم	۳۰
مزایای کار ایمن در شرکت را می‌دانم	۳۱
در قبال ایمنی مشتریان و بازدیدکنندگان محل کار خود احساس مسئولیت می‌کنم	۳۲
می‌دانم هنگام حادثه در محل کار چگونه رفتار کنم	۳۳
شخصاً در قبال ایمنی همکارانم احساس مسئولیت می‌کنم	۳۴
فرهنگ ایمنی: جنبه‌های رفتاری کار	
مشاهدات خود را در مورد خطرات ایمنی در محل کار گزارش می‌کنم	۳۵
ابزارهایی را که کارکنان دیگری در جای نامناسب رها کرده اند کنار می‌گذارم	۳۶

جدول ۲. سوالات تحقیق

دانش ضمنی ایمنی	
ساخت یک ویدیوی خنده دار در مورد شخصی که به وضوح با ایمنی خود رو به بازی می‌گیرد، راه خوبی برای بهبود ایمنی در محل کار است.	۷
دوست دارم ببینم کارکنان با تجربه چگونه وظایف خود را انجام می‌دهند.	۸
دانش صریح ایمنی	
دستورالعمل‌هایی که روی تجهیزات مورد استفاده من قرار داده شده است، راه خوبی برای یادگیری نحوه کار ایمن است	۹
من دستورالعمل‌های تصویری (گرافیکی) قرار داده شده بر روی یک ماشین جدید را بررسی می‌کنم تا با قوانین کار با ماشینی آشنا شوم که قبلاً از آن استفاده نکرده‌ام.	۱۰
برای آشنایی با عملکرد تجهیزات جدید، من در کنار فردی که یک کار را انجام می‌دهد می‌ایستم و شروع به مشاهده اقدامات او می‌کنم.	۱۱
بهترین راه برای آموزش کارکنان تازه کار در مورد رفتار ایمن در محل کار، از طریق کارآموزی است از طریق اجازه دادن به آنها برای مشاهده دیگران در واقع یادگیری از کارگران با تجربه تر	۱۲
بهتر است به کارکنان تازه کار در مورد رفتارهای ایمن آموزش داده شود و کارکنان با تجربه تر به آنها بگویند که مراقب چه خطرات ایمنی باشند.	۱۳
می‌توان با تماشای فیلمی که انجام کار ناایمن را نشان می‌دهد، به کارکنان آموزش داد که عادت‌های بد ایمنی خود را از یاد ببرند.	۱۴
برای توجه بیشتر کارکنان به ایمنی در محل کار، بهتر است در ابتدای روز جلسه ای برای تاکید و تمرکز بر روی ایمنی در کار، برگزار شود.	۱۵
کارمندانی که به شیوه ای ناایمن کار می‌کنند و به ایمنی همکاران خود اهمیت نمی‌دهند باید برای تغییر رفتارهای ناایمن خود آموزش‌های ایمنی را ببینند.	۱۶
نگرش نسبت به ایمنی: جنبه‌های روانشناختی	
می‌توانم خطرات ایمنی موجود در محل کارم را تشخیص دهم	۱۷
آموزش ایمنی و بهداشت حرفه ای دانش من را در	۱۸

فرضیات تحقیق

در مطالعات مختلف تاثیر متغیرهای سازمانی مانند دانش ایمنی (دانش صریح و ضمنی) فرهنگ ایمنی (فرهنگ ایمنی از جنبه رفتاری و روانشناختی) و نگرش ایمنی (از جنبه روانشناختی و احساسی) بررسی شده است. فرضیات این تحقیق به دنبال یافتن تاثیرات این عوامل بر ایمنی در محیط کار در قالب یک مدل یکپارچه است فرضیات تحقیق عبارتست از:

- دانش ضمنی بر ایمنی درک شده در محیط کار تاثیر معناداری دارد.
- دانش صریح بر ایمنی درک شده در محیط کار تاثیر معناداری دارد.
- نگرش نسبت به جنبه روانشناختی ایمنی بر ایمنی درک شده در محیط کار تاثیر معناداری دارد.
- نگرش نسبت به جنبه احساسی ایمنی بر ایمنی درک شده در محیط کار تاثیر معناداری دارد.
- جنبه روانشناختی فرهنگ ایمنی بر ایمنی درک شده در محیط کار تاثیر معناداری دارد.
- جنبه رفتاری فرهنگ ایمنی بر ایمنی درک شده در محیط کار تاثیر معناداری دارد.

بررسی روایی و پایایی مسئله

برای بررسی پایایی متغیرهای مسئله از شاخص‌های ضریب آلفای کرونباخ، شاخص rhoA و پایایی ترکیبی استفاده شد که مقادیر شاخص‌های مورد بررسی بیشتر از ۰/۷ به دست آمد که نشان دهنده پایایی مناسب مسئله می‌باشد. در جدول ۳ این شاخص‌ها آورده شده است:

جدول ۳. شاخص‌های پایایی مسئله

نام متغیر	ضریب آلفای کرونباخ	شاخص rhoA	پایایی ترکیبی
دانش ضمنی ایمنی	۰/۷۲۲	۰/۷۸۱	۰/۷۱۳
دانش صریح ایمنی	۰/۷۱۰	۰/۷۴۳	۰/۸
نگرش به ایمنی	۰/۷۰۲	۰/۷۳۳	۰/۷۹۶

جدول ۲. سوالات تحقیق

دانش ضمنی ایمنی	
۳۷	گاهی از ماشین‌ها، دستگاه‌ها یا ابزارهایی استفاده می‌کنم که وضعیت فنی آنها ممکن است امنیت شخصی من را به خطر بیندازد.
۳۸	در فعالیت‌های مختلفی با هدف ارتقای سلامت و ایمنی شرکت درگیر هستم
۳۹	زیاد به رفتار همکارانم در محل کار توجه نمی‌کنم
۴۰	قوانین ایمنی و بهداشت را نادیده می‌گیرم، علی‌الخصوص وقتی که کاری را به خوبی می‌شناسم
۴۱	از تجهیزات حفاظت شخصی توصیه شده توسط شرکت در ایستگاه کاری خود استفاده می‌کنم
۴۲	برخی از قوانین ایمنی و بهداشت را نادیده می‌گیرم تا کارم را سریع‌تر انجام دهم
ایمنی در محل کار	
۴۳	در صورت لزوم همیشه از لباس‌های محافظ مناسب استفاده می‌کنم
۴۴	از محل کپسول‌های اطفای حریق اطلاع دارم
۴۵	از تجهیزاتی که ممکن است ایمنی من را به خطر بیندازد، استفاده نمی‌کنم
۴۶	در صورت مشاهده هر گونه تهدید احتمالی برای کار ایمن، مافوق خود را مطلع می‌نمایم.
۴۷	همیشه از دستورالعمل‌های مربوطه، برای رفع خرابی ماشین آلات یا خطرات ایمنی استفاده می‌کنم.
۴۸	می‌دانم در صورت خرابی سیستم یا حادثه در محل کار به چه کسی اطلاع دهم

ویژگی جمعیت‌شناختی نمونه آماری

این تحقیق در شرکت پالایش گاز سرخون و قشم انجام شد و نمونه آماری تحقیق از بین کارکنان این شرکت انتخاب گردید از تعداد ۹۰ نفر شرکت کننده در تحقیق تعداد ۷۲ نفر (معادل ۸۰ درصد نمونه) مرد و ۱۸ نفر (معادل ۲۰ درصد نمونه) زن، ۵۹ نفر (معادل ۶۶ درصد نمونه) دارای تحصیلات کارشناسی و ۳۱ نفر (معادل ۳۴ درصد نمونه) دارای تحصیلات کارشناسی ارشد از نظر بازه سنی ۵۴ نفر از نمونه آماری (معادل ۶۰ درصد) در رده سنی ۴۰ الی ۴۵ سال و ۳۶ نفر (معادل ۴۰ درصد نمونه) در رده سنی ۴۵ الی ۵۰ سال بودند.

جدول ۴. شاخص روایی همگرا (AVE)

متغیرهای پژوهش	AVE
دانش ضمنی ایمنی	۰/۶۰۸
دانش صریح ایمنی	۰/۵۲۸
نگرش به ایمنی جنبه روانشناختی	۰/۵۲۱
نگرش به ایمنی جنبه احساسی	۰/۵۱۳
فرهنگ ایمنی جنبه روانشناختی	۰/۵۶۲
فرهنگ ایمنی جنبه رفتاری	۰/۵۳۴
ایمنی محیط کار	۰/۵۴۰

همانگونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مقدار شاخص AVE (میانگین واریانس استخراج شده) که بیانگر روایی همگرایی مدل است، برای تمامی متغیرهای پژوهش بالاتر از ۰/۵ محاسبه شده است. این نتیجه حاکی از آن است که مدل طراحی شده از روایی همگرایی مناسبی برخوردار می‌باشد.

ب- روایی واگرا

روایی افتراقی با هدف اطمینان از تمایز و استقلال سازه‌های پژوهش مورد استفاده قرار می‌گیرد. این نوع روایی نشان می‌دهد که هر یک از سازه‌های مدل، هویت منحصر به فرد خود را حفظ کرده و با سایر سازه‌ها همپوشانی قابل توجهی ندارند. در این پژوهش، برای ارزیابی روایی افتراقی از معیار فورنل-لارکر استفاده شده است. بر اساس این معیار، مقدار جذر AVE هر سازه باید از مقادیر همبستگی آن با تمامی سازه‌های دیگر مدل بیشتر باشد.

جدول ۵. شاخص روایی واگرا

متغیرهای پژوهش	دانش ضمنی	دانش صریح	نگرش روانشناختی	نگرش احساسی	فرهنگ روانشناختی	فرهنگ رفتاری	ایمنی محیط کار
دانش ضمنی	۰/۷۸۰						
دانش صریح	۰/۴۰۳	۰/۷۲۶					
نگرش - روانشناختی	۰/۴۴۳	۰/۰۸۰	۰/۷۲۲				
نگرش - احساسی	۰/۵۳۰	۰/۴۳۸	۰/۴۹۶	۰/۷۱۶			
فرهنگ - روانشناختی	۰/۵۷۱	۰/۵۸۶	۰/۴۴	۰/۷۵۴	۰/۷۴۹		
فرهنگ - رفتاری	۰/۴۹۲	۰/۱۹۷	۰/۵۳۴	۰/۷۱۵	۰/۵۹۵	۰/۷۳۱	
ایمنی محیط کار	۰/۴۲۱	۰/۴۸۳	۰/۵۷۰	۰/۶۰۲	۰/۷۰۹	۰/۶۲۳	۰/۷۳۵

جدول ۳. شاخص‌های پایایی مسئله

نام متغیر	ضریب آلفای کرونباخ	شاخص rhoA	پایایی ترکیبی
جنبه روانشناختی			
نگرش به ایمنی جنبه احساسی	۰/۷۴۹	۰/۷۷۲	۰/۸۳۴
فرهنگ ایمنی جنبه روانشناختی	۰/۷۲۴	۰/۸۲۰	۰/۸۱۵
فرهنگ ایمنی جنبه رفتاری	۰/۷۲۴	۰/۷۷۱	۰/۸۱۰
ایمنی محیط کار	۰/۷۰۶	۰/۷۲۷	۰/۸۰۷

روایی مسئله

الف- روایی همگرا

برای سنجش روایی سازه مدل از روایی همگرا استفاده می‌شود که در نرم‌افزار Smart PLS از طریق شاخص میانگین واریانس استخراج شده (AVE) اندازه‌گیری می‌گردد. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، به منظور بهبود برآزش مدل، گویه‌هایی که بار عاملی پایینی داشتند و تأثیر ناچیزی بر متغیر پنهان مرتبط خود گذاشته بودند، از تحلیل حذف شدند. پس از این اصلاح، روایی همگرایی مدل معادلات ساختاری مجدداً محاسبه و نتایج نهایی در جدول ۴ ارائه شده است:

جدول ۵ شاخص روایی واگرا

متغیرهای پژوهش	دانش ضمنی	دانش صریح	نگرش روانشناختی	نگرش احساسی	فرهنگ روانشناختی	فرهنگ رفتاری	ایمنی محیط کار
دانش ضمنی	۰/۷۸۰						
دانش صریح	۰/۴۰۳	۰/۷۲۶					
نگرش - روانشناختی	۰/۴۴۳	۰/۰۸۰	۰/۷۲۲				
نگرش - احساسی	۰/۵۳۰	۰/۴۳۸	۰/۴۹۶	۰/۷۱۶			
فرهنگ - روانشناختی	۰/۵۷۱	۰/۵۸۶	۰/۴۴	۰/۷۵۴	۰/۷۴۹		
فرهنگ - رفتاری	۰/۴۹۲	۰/۱۹۷	۰/۵۳۴	۰/۷۱۵	۰/۵۹۵	۰/۷۳۱	
ایمنی محیط کار	۰/۴۲۱	۰/۴۸۳	۰/۵۷۰	۰/۶۰۲	۰/۷۰۹	۰/۶۲۳	۰/۷۳۵

نتایج این تحلیل که با استفاده از نرم افزار Smart-PLS به دست آمده، در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶ نتایج تحلیل مسیر و آماره تی معادلات ساختاری مسئله

عنوان متغیر نهان	ضریب مسیر	t آماره
دانش ضمنی ایمنی	۰/۰۴۲	۱/۹۷
دانش صریح ایمنی	۰/۱۳۸	۴/۲۸
نگرش به ایمنی جنبه روانشناختی	۰/۲۱۲	۴/۳۴۹
نگرش به ایمنی جنبه احساسی	۰/۰۱۸	۱/۳۹۱
فرهنگ ایمنی جنبه روانشناختی	۰/۱۴۲	۳/۴۸۹
فرهنگ ایمنی جنبه رفتاری	۰/۱۴۸	۳/۸۷۱

با استناد به نتایج مندرج در جدول ۶، می توان فرضیه های پژوهش را مورد ارزیابی قرار داد. ملاک اصلی در این بررسی، آماره t مربوط به هر مسیر است. چنانچه مقدار این آماره برای رابطه بین متغیرهای پنهان بیشتر از ۱/۹۶ باشد، تأثیر مثبت و معنادار متغیر مستقل بر متغیر وابسته تأیید می گردد. بر اساس داده های جدول، به جز نگرش ایمنی از جنبه احساسی، تمامی متغیرهای مستقل دیگر تأثیر مثبت و معناداری بر متغیر وابسته داشته اند.

تحلیل ANFIS و شاخص RMSE

برای طراحی سیستم ANFIS داده های موجود به سه دسته داده های آموزش^۱ (۵۵ مورد معادل ۶۰ درصد) کنترل^۲ (۱۵ مورد معادل ۱۷ درصد) و آزمون^۳ (تعداد ۲۰ مورد معادل ۲۲ درصد) تقسیم بندی شد این داده ها در قالب ماتریس به عنوان ورودی به نرم افزار متلب معرفی شد. پس از انجام

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می شود، در اکثر موارد، مقادیر واقع در قطر ماتریس (مربوط به جذر AVE هر سازه) از اعداد موجود در سطرها و ستون های متناظر (همبستگی بین سازه ها) بزرگ تر است. این نتیجه، استقلال و تمایز نسبی متغیرهای پژوهش را تأیید می کند. با این وجود، همبستگی قابل توجهی بین سازه های «نگرش احساسی به ایمنی» و «فرهنگ ایمنی» مشاهده می شود که احتمالاً ناشی از درک مفهومی نزدیک این دو مؤلفه از سوی پاسخ دهندگان است.

برازش کل مدل (شاخص GOF)

این شاخص صحت برازش مدل را تأیید می کند و هرچه به ۱ نزدیک تر باشد مدل برازش بهتری را نشان می دهد. برای محاسبه شاخص GOF می توان از رابطه ۱ استفاده نمود:

$$Gof = \sqrt{R^2 * AVE} \quad (1)$$

در نتیجه برای متغیر مستقل وابسته مسئله (ایمنی در محیط کار) شاخص برازش مدل برابر خواهد بود با:

$$\sqrt{0.664 * 0.540} = 0.9$$

این مقدار بسیار به عدد ۱ نزدیک است در نتیجه مدل پیشنهادی از هر نظر تأیید می شود.

بررسی فرضیات تحقیق

پس از تأیید روایی و پایایی مدل، مرحله تحلیل مسیر و سنجش میزان تأثیرگذاری متغیرها بر یکدیگر انجام گرفت.

¹ training

² Check

³ test

تحلیل حساسیت

در تحلیل ANFIS، یکی از مراحل مهم، بررسی تأثیر حذف متغیرهای مستقل بر دقت مدل است. هدف این رویکرد، شناسایی مؤثرترین عامل در پیش‌بینی متغیر وابسته می‌باشد. در این راستا، ابتدا مدل با حضور تمامی متغیرهای مستقل اجرا شد. سپس به ترتیب هر یک از این پارامترها از داده‌های ورودی حذف گردید و مدل مجدداً با ساختار قبلی آموزش داده شد. عملکرد هر مدل با استفاده از شاخص ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) ارزیابی و مقایسه شد. تغییر در مقدار RMSE پس از حذف هر متغیر، نشان‌دهنده میزان تأثیر آن پارامتر بر دقت پیش‌بینی مدل است. نتایج این تحلیل حساسیت در جدول ۸ ارائه شده است.

جدول ۸ مقایسه شاخص RMSE برای معادله ساختاری مختلف

مقدار RMSE	مدل معادله ساختاری مورد بررسی	ردیف
1.2310^{-5}	معادله ساختاری مسئله	۱
2.7710^{-5}	DS-Nr-Ne-Fr-Fraf	۲
0.021	Dz-Nr-Ne-Fr-Fraf	۳
0.04	Dz-Ds-Ne-Fr-Fraf	۴
0.071	Dz-Ds-Nr-Fr-Fraf	۵
1.1810^{-5}	Dz-Ds-Nr-Ne-Fraf	۶
0.126	Dz-Ds-Nr-Ne-Fr	۷

حذف و در نظر نگرفتن متغیر فرهنگ ایمنی از جنبه رفتاری باعث کاهش چشمگیر دقت مدل‌ها شد. در نتیجه می‌توان گفت که این پارامتر مهمترین پارامتر برای مدل سازی ایمنی در کار است.

جمع بندی و نتیجه گیری

تمرکز اصلی این مطالعه به کارگیری رویکرد سیستم استنتاج عصبی فازی تطبیقی (ANFIS) با کمک مدل سازی معادلات ساختاری حداقل مربعات جزئی (PLS-SEM) برای مدل سازی ایمنی در محل کار در محیط کار بود. این مطالعه با هدف ارزیابی روابط بین دانش ایمنی ضمنی (تلویحی) و صریح (رسمی) نگرش ایمنی (از دو جنبه

تنظیمات مربوط و تحلیل توسط نرم افزار داده‌های RMSE بر اساس انواع مختلف توابع عضویت محاسبه گردید که در جدول ۷ نتایج مربوط به آن آورده شده است:

جدول ۷ بررسی تأثیر انواع تابع عضویت

مقدار RMSE	نوع تابع عضویت
$2.777 10^{-5}$	Tri-mf
1.2310^{-5}	Trap-mf
4.710^{-5}	Gbell-mf
4.0210^{-5}	Gauss-mf
7.0810^{-5}	Gauss2-mf
2.0710^{-5}	Pi-mf
$9.06/10^{-5}$	Dsig-mf
$9.06/10^{-5}$	Psig-mf

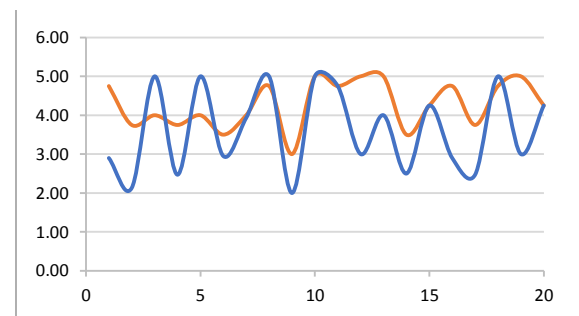
بر اساس نتایج جدول ۷ از بین توابع عضویت بررسی شده روش Trap-mf کمترین خطای ممکن را دارد.

۴-۴-۱- محاسبه R2

پس از محاسبه مقادیر مربوط به مقدار تخمین زده شده توسط نرم افزار و مقدار واقعی مقدار R^2 از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$R^2 = 1 - \frac{Rss}{Tss} \quad (2)$$

در این رابطه RSS مجموع مجذور مقادیر باقیمانده (اختلاف مقدار واقعی و تخمین زده شده) و TSS مجذور کل مقادیر واقعی است. با محاسبه و جایگذاری در فرمول مقدار R^2 برابر با 0.93 محاسبه گردید که با توجه به اینکه به عدد ۱ نزدیک است حاکی از برازش بسیار خوب مدل ANFIS می‌باشد.



شکل ۱ مقایسه مقدار تخمین زده شده توسط نرم افزار (خطوط آبی) و مقادیر حاصل از پرسشنامه (خطوط قرمز) در شکل ۲ مقادیر حاصل از تخمین با نرم افزار با مقادیر حاصل از پرسشنامه سنجیده شده است که این دو نمودار هم‌خوانی خوبی را نشان می‌دهند.

مانند سبک رهبری، استرس شغلی یا عوامل فنی محیط کار را به مدل حاضر اضافه نمود تا سهم بیشتری از واریانس متغیر وابسته تبیین شود.

یافته‌های این پژوهش حاوی پیام‌های کاربردی مهمی برای مدیران صنایع، به ویژه در حوزه نفت و گاز است. با توجه به شناسایی "فرهنگ ایمنی رفتاری" به عنوان قوی‌ترین پیش‌بین، پیشنهاد می‌شود سازمان‌ها با اجرای برنامه‌های مدون تشویق و پاداش برای رفتارهای ایمن، برگزاری کارگاه‌های عملیاتی و مانورهای ایمنی، و تقویت سیستم‌های گزارش‌دهی بدون مجازات برای رفتارهای نایمن، به تقویت این بعد فرهنگی بپردازند. همچنین، با توجه به تاثیر معنادار "دانش صریح و ضمنی"، ایجاد و غنی‌سازی سامانه‌های مدیریت دانش که امکان ثبت و تسهیم تجربیات و "دانش ضمنی" کارکنان با سابقه را فراهم می‌آورد، بسیار حیاتی است. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل ترکیبی ANFIS-PLS SEM می‌تواند به عنوان یک ابزار قدرتمند پشتیبان تصمیم‌گیری در اختیار مدیران ایمنی قرار گیرد تا با شبیه‌سازی سناریوهای مختلف، اثر تغییرات هر یک از عوامل را بر ایمنی کل سازمان پیش‌بینی و راهبردهای بهینه را انتخاب نمایند.

۹- مراجع

- [1] P. S. Seyed Mashhady and F. Ghalam Baz, "The importance of the oil industry in creating production and employment in the Iranian economy and its impact on other economic activities," *Economic Growth and Development Research*. SID., vol. 1, no. 2, pp. 133-161, 2019.
- [2] Y. Khosravi and R. Hassan Zadeh , "Assessment of occupational health and safety of oil and liquefied gas storage facilities in the country," *Journal of Environmental Health Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 89-103, 2019.
- [3] "Donya Eqtesad News Websit," 51 Incidents in the Oil and Gas Industries in Recent Years, 2019. [Online]. Available: <https://donya-e-eqtesad.com>.
- [4] M. Zarrin and M. A. Malihi, "Investigation of factors affecting safety performance in construction projects," *Second National Conference on New Studies and Findings in Civil Engineering, Architecture and Urban Planning in Iran*, 2012.

روانشناختی و احساسی) فرهنگ ایمنی (از دو جنبه روانشناختی و رفتاری) کارکنان و تأثیرات آنها بر ایمنی در محل کار، که به عنوان تمایل کارکنان به پیروی از مقررات ایمنی، از جمله شیوه‌های کار ایمن در محل کار تعریف می‌شود، انجام شد.

بررسی فرضیات تحقیق تاثیر مثبت و معنادار شاخص‌های مورد بررسی (به جز نگرش ایمنی از جنبه احساسی) بر انطباق با ایمنی در محیط کار را به اثبات رساند. علاوه بر این، نتایج تحلیل ANFIS نشان داد که جنبه‌های رفتاری فرهنگ ایمنی مهم ترین پیش‌بینی کننده ایمنی در کار است. نتایج ارائه شده می‌تواند در آینده برای توسعه یک سیستم مدیریت دانش ایمنی مورد استفاده قرار گیرد که دانش ضمنی و صریح کارکنان را برای بهبود عملکرد ایمنی کلی شرکت‌های صنعتی بهینه می‌کند.

این پژوهش با وجود دستاوردهای ارزشمند، از چند محدودیت برخوردار بود. نخست، جامعه آماری این مطالعه به کارکنان یک شرکت پالایشی خاص محدود بود که تعمیم‌پذیری یافته‌ها به سایر صنایع یا حتی سایر شرکت‌های نفتی را با چالش مواجه می‌سازد. دوم، ابزار اصلی گردآوری داده‌ها، پرسشنامه خوداظهاری بود که اگرچه از پایایی و روایی مناسبی برخوردار بود، اما ممکن است تحت تاثیر ترجیح اجتماعی پاسخ‌دهندگان قرار گرفته باشد. در نهایت، این پژوهش ماهیتی مقطعی داشت و روابط بین متغیرها را در یک بازه زمانی خاص سنجیده است؛ بنابراین امکان بررسی تحولات و اثرات بلندمدت وجود نداشته است.

برای پژوهش‌های آینده پیشنهاد می‌شود که این مدل در سایر صنایع پرخطر مانند معدنکاری، پتروشیمی و ساخت‌وساز مورد آزمون قرار گیرد تا قدرت تعمیم‌پذیری آن سنجیده شود. همچنین، استفاده از روش‌های مکمل گردآوری داده مانند مصاحبه یا مشاهده می‌تواند به درک عمیق‌تر و کیفی‌تری از مکانیسم‌های تاثیرگذار بر ایمنی منجر شود. انجام مطالعات طولی برای بررسی روند تغییرات متغیرها و تاثیر اقدامات مداخله‌ای در طول زمان نیز پیشنهاد می‌گردد. به علاوه، می‌توان متغیرهای جدیدی

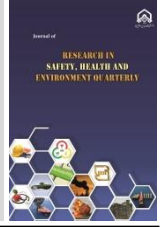
- [15] S. Hassanzadeh and M. Khanzadi, "Analysis of factors affecting the safety of industrial workshops considering the interaction between them," University of Science and Technology, Tehran, 2011.
- [16] E. Çakıt, . A. J. Olak and W. Karwowski, "Assessing safety at work using an adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) approach aided by partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM).," *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 76, no. 102925, 2020.
- [17] R. Kiantaj, A. Ramezani and N. Amrolahi, "Knowledge Management as an Agent of Enhancing the Safety Culture in Organizations," *IOH*, vol. 16, no. 5, pp. 1-13, 2019.
- [18] M. Maleki roveshti, Z. Naghavi Konjin and S. Yazdani Charati, "An Overview of Traditional Approaches towards Workplace Safety in High-Risk Industries," *J Health Res Commun*, vol. 7, no. 3, pp. 78-88, 2021.
- [19] B. Cooper, N. Green and R. Harper, "The Mobile Society: Technology and Social Action," Berg, London. training systems., 2004.
- [20] J. Gutiérrez, B. Jiménez and E. Hernández, "Spanish version of the Swedish Occupational Fatigue Inventory (SOFI): factorial replication," reliability and validity. *Int. J. Ind. Ergon*, vol. 35, no. 8, pp. 737-746, 2005.
- [21] K. Shang and C. Lu, "Effects of safety climate on perceptions of safety performance in container terminal operations," *Transport Rev*, vol. 29, no. 1, pp. 1-19, 2009.
- [22] G. (. Salvendy, "Handbook of Human Factors and Ergonomics. John Wiley & Sons.," John Wiley & Sons., 2012.
- [23] C. Wu, X. Song, T. Wang and D. Fang, *Construct. Eng. Manag*, vol. 141, no. 8, p. 04015018, 2015.
- [24] H. Zahoor , A. Char Chan, W. Utama and R. Gao, R., "A research framework for investigating the relationship between safety climate and safety performance in the construction of multi-storey buildings in Pakistan," *Procedia Engineering*, vol. 118, pp. 581-589, 2015.
- [25] R. Kaynak, A. Toklu and M. Elci, "Effects of occupational health and safety practices on organizational commitment, work alienation, and job performance: using the PLS-SEM I approach," *Int. J. Bus. Manag*, vol. 11, no. 5, pp. 146-166, 2016.
- [5] H. Houshmand, "- Houshmand, Hirbod, 2010, Review of the role of HSE management in the construction industry and reducing work-related accidents," Review of the role of HSE management in the construction industry and reducing work-related accidents, 2010.
- [6] R. Kamyar, G. Kamyar and S. Kamyar Rad, "Right to the safe city in human rights and Iranian law," *Journal of Legal Research*, vol. 21, no. 51, pp. 177-202, 2022.
- [7] I. Adamopoulos and N. Syrou, "Workplace safety and occupational health job risks hazards in public health sector in Greece," *European Journal of Environment and Public Health*, vol. 6, no. 2, 2022.
- [8] g. Evotix, "The Importance of Industrial Safety," *linkedin*
<https://www.linkedin.com/pulse/importance-industrial-safety-evotix-zlmpe/>, 2023.
- [9] P. S. Putra, R. Wijayanti and D. Hadiwidjojo, "The effect of safety knowledge and workplace safety climate on safety performance with safety behavior as a mediator: A study on operations worker of Pindad.," *International Journal of Research in Business and Social Science*, vol. 11, no. 3, pp. 112-119, 2022.
- [10] H. Ahmad, M. Anwar and I. Kamba, "Relationship of knowledge and attitude with the implementation of occupational safety and health management systems," *Jurnal Perilaku Kesehatan Terpadu*, vol. 1, no. 1, pp. 7-30, 2022.
- [11] L. Omidi, H. Karimi and C. Pilbeam, "Safety leadership and safety citizenship behavior: the mediating roles of safety knowledge, safety motivation, and psychological contract of safety," *Theor Issues Ergon Sci*, vol. 26, no. 1, pp. 66-83, 2025.
- [12] N. Guo, Y. Liu and S. Yu , "Examining the role of psychological symptoms and safety climate in shaping safety behaviors among construction workers," *Behavioral Sciences*, vol. 15, no. 1, p. 66, 2025.
- [13] G. Naji, Isha ASN, A. Alazzani and M. Saleem, "Assessing the mediating role of safety communication between safety culture and employees safety performance," *Front Public Health*, vol. 10, p. 840281, 2022.
- [14] L. Wang, X. Luo and H. Li, "The impact of coworker guanxi on workers' safety behaviors in the construction industry: the effects of team identification, team knowledge sharing, and team safety climate," *Frontiers in Public Health*, vol. 13, no. 2, 2025.

- [29] A. Kolus, "Techniques Based on Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems (ANFIS) for Estimating and Evaluating Physical Demands at Work Using Heart Rate," Doctoral dissertation, École Polytechnique de Montréal.
- [30] . Z. Mallicka, R. Mishraa and D. Rathorec, "August. Modeling of call center operators rators performance by ANFIS expert system. In: Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA, vol. 9, 9, p. 14.," *Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA*, vol. 9, no. 9, p. 14, 2015.
- [31] A. Azadeh, N. Bonab, . V. Salehi and M. Zarrin, *Int. J. Ind. Ergon*, vol. 49, pp. 68-77, 2015.
- [32] D. Debnath and L. Prusak, "Working Knowledge: How Organizations Know what They Know," *Harvard Business School Press, Boston*, 2016.
- [26] D. dos Santos Alves, da Silva and de Brito Gui, "Nursing practice environment, job outcomes and safety climate: a structural equation modelling," 2017.
- [27] G. Gürcanli and U. Müngen, "An occupational safety risk analysis method at construction sites using fuzzy sets," *Int. J. Ind. Ergon*, vol. 39, no. 2, pp. 371-387, 2009.
- [28] . M. Kaya, A. Hasiloglu and M. Bayramoglu, "A new approach to estimate anthropometric measurements by adaptive neuro-fuzzy inference system.," *Int. Ind. Ergon*, vol. 32, no. 2, pp. 105-114, 2003.



دانشگاه امام حسین
پژوهشگاه تخصصی سلامت و محیط زیست

مستانه علمی پژوهش در ایمنی، سلامت و محیط زیست



Workplace Safety Assessment Using Adaptive Neurofuzzy Inference System Approach with Partial Least Squares Structural Equation Modeling - Case Study of Sarkhun and Qeshm Gas Refining Company

Ali Nakhaei Amroudi¹

1 Faculty Member, Faculty and Research Institute of Computer, Network and Communications, Imam Hossein University, Tehran, Iran

2 Researcher, Faculty and Research Institute of Passive Defense, Imam Hossein University, Tehran, Iran 3

ARTICLE INFO

Article history:

Article Type: Research paper

Received: 29 October 2021

Received in revised form: 7 December 2021

Accepted: 8 December 2021

Available online: 13 December 2021

*Correspondence: kpnakhaei@ihu.ac.ir

Keywords:

Workplace Safety;

Structural Equation Method;

Partial Least Squares;

Fuzzy Inference System;

ABSTRACT

The main objective of this study was to apply the adaptive neuro-fuzzy inference system approach with the help of partial least squares structural modeling to assess safety in the workplace, which is defined as the willingness of employees to follow safety regulations. A survey method was used to conduct this study, and six main components: 1) tacit safety knowledge 2) explicit safety knowledge 3) psychological safety attitude 4) emotional safety attitude 5) behavioral safety culture 6) psychological safety culture were used for this purpose. Sarkhun and Qeshm Gas Refining Company was selected as the case study of this study, and the employees of this company (90 people) completed the research questionnaire. SPSS and Smart-PLS software were used to analyze the questionnaire, and the relevant fuzzy inference system was also developed with the help of MATLAB software. Based on statistical analysis, the overall fit index (Gof) was obtained to be 0.9, which indicates a good fit of the structural equation model. The results of the path analysis showed that all variables except emotional attitude have a significant effect on safety compliance. In the ANFIS analysis, the index (RMSE) with the trapezoidal membership function showed the lowest error and coefficient of determination, indicating a favorable fit of the model. The fit of the ANFIS model (R2 index) was 0.93, indicating a good fit of this model. Sensitivity analysis also confirmed the key role of behavioral safety culture as the strongest predictor in the model. In addition, the results of the ANFIS modeling approach showed that behavioral safety culture is the most important predictor of perceived safety at work.

This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Publisher: Imam Hussein University

© Authors



