

## به کارگیری شاخص پیش‌بینی کننده ریسک جهت شناسایی و ارزیابی خطرات ایمنی در یک صنعت فولاد

ابراهیم نظری پور<sup>۱</sup>، مهدی جهانگیری<sup>۲\*</sup>، غلامحسین حلوانی<sup>۳</sup>، مرتضی محمدزاده<sup>۴</sup>، رضا غریب<sup>۵</sup>

### چکیده

مقدمه: مدیریت ریسک قلب از سامانه‌های مدیریتی مرتبط با بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست به شمار رفته و با استفاده از آن ضمن شناسایی خطرات محیط کار، می‌توان نسبت به اولویت‌بندی اقدامات کاهش ریسک اقدام کرد و با تعیین میزان ارجحیت هر خطر، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند در خصوص میزان تخصیص منابع موجود جهت مقابله با هر ریسک برنامه‌ریزی نمایند.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی خطرات موجود در یک صنعت فولاد با استفاده از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک (PRI) شناسایی و ارزیابی شد. با استفاده از یک رابطه میانگین‌گیری هندسی شاخص ریسک برای هر خطر محاسبه شد و با استفاده از مدل میانگین متحرک MA(2) شاخص پیش‌بینی کننده ریسک تعریف گردید. سپس با هم‌افزایی رویدادهای به وقوع پیوسته و شاخص پیش‌بینی کننده ریسک گستره‌های عددی این شاخص بر اساس وجود یا عدم وجود رویداد در سه حالت ایمن، اخطار و اقدام مشخص شده و خطرات شناسایی شده بر اساس این سه حالت رتبه‌بندی شد.

نتایج: در میان ۱۰۷ خطر شناسایی شده بالاترین امتیازات شاخص ریسک به خطر حریق (۹/۷۴) و خطر انفجار و پاشش ذوب بر روی افراد (۷/۸۳) اختصاص داشت. همچنین بیشترین فراوانی خطرات شناسایی شده به ایستگاه‌های کاری شارژ کوره (۲۵ خطر)، نظارت و پایش کوره (۱۴ خطر) بوده و کمترین فراوانی خطرات شناسایی شده نیز به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های کاری لجستیک و افزودن کمک‌ذوب، آنالیزگیری و سرباره‌گیری (یک خطر) تعلق داشت. ارزیابی خطرات نشان داد که بیشترین خطرات شناسایی شده (۴۸ خطر) در ناحیه اقدام قرار گرفته و نیازمند اقدامات سریع می‌باشد.

نتیجه‌گیری: شناسایی و ارزیابی خطرات موجود در صنایع با استفاده از شاخص‌هایی چون شاخص پیش‌بینی کننده ریسک که کاربردی ساده و سریع داشته و برای چند منظور قابل استفاده است می‌تواند باعث کاهش دوباره کاری‌ها و بهره‌گیری بیشتر از زمان گردد.

واژه‌های کلیدی: شناسایی و ارزیابی خطر، شاخص پیش‌بینی کننده ریسک، مدل میانگین متحرک، صنعت فولاد

۱- کارشناس ارشد، عضو هیئت علمی، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی بم، بم، ایران.

۲- دکتری (دانشیار)، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران.

۳- کارشناس ارشد (استادیار)، گروه ارگونومی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی یزد، یزد، ایران.

۴- دانشجوی دوره دکتری، گروه آمار حیاتی، دانشکده علوم پزشکی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۵- کارشناسی، سرپرست واحد بهداشت، ایمنی و محیط زیست، فولاد یزد، یزد، ایران.

\* (نویسنده مسئول): تلفن تماس: ۰۹۳۶۴۷۶۶۰۴۵، پست الکترونیک: jahangiri\_m@sums.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۲۹

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۳

## مقدمه

مدیریت ریسک قلب سامانه‌های مدیریتی مرتبط با بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست به شمار رفته و با استفاده از آن ضمن شناسایی خطرات محیط کار، می‌توان نسبت به اولویت‌بندی اقدامات کاهش ریسک و اختصاص منابع لازم برای این کار اقدام کرد (۱). شناسایی خطرات اولین مرحله و مهم‌ترین مرحله از اجرای یک سیستم مدیریت ایمنی محسوب می‌شود، زیرا برای اجرای برنامه‌های مدیریتی ایمنی ابتدا بایستی خطرات را شناسایی نموده تا بتوان بر اساس آن، راه مقابله و حذف خطر را پیشنهاد کرده و اهداف و برنامه‌های ایمنی و بهداشت خود را تنظیم نمود. هر چه این مرحله بهتر اجرا شود سیستم موردنظر قادر است تا عملکرد بهتری داشته باشد (۲). ارزیابی ریسک نیز یکی از ارکان مدیریت ریسک و دومین مرحله از این فرایند به حساب آمده، که هدف آن اندازه‌گیری ریسک خطرات بر اساس شاخص‌های مختلفی چون میزان تأثیرگذاری و احتمال وقوع رویداد، در فرایندهای صنعتی است. هرچه این مرحله دقیق‌تر اجرا شود می‌توان گفت که فرایند مدیریت ریسک با قابلیت اطمینان بالاتری صورت گرفته است (۳). رتبه‌بندی ریسک‌ها مرحله کلیدی در فرایند فوق به حساب آمده و امکان تعیین ارجحیت هر ریسک نسبت به سایر ریسک‌ها را فراهم نموده و در نتیجه، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند در خصوص میزان تخصیص منابع موجود جهت مقابله با هر ریسک برنامه‌ریزی نمایند (۳، ۴). ارزیابی ریسک با استفاده از روش‌های مختلف کیفی و کمی انجام می‌شود. یکی از روش‌های جدیدی که طی دو دهه اخیر توسعه یافته و از جمله روش‌های کمی ارزیابی ریسک به حساب می‌آید، شاخص‌های ریسک یا روش‌های ارزش‌گذاری نسبی می‌باشد. این شاخص‌ها در مقایسه با روش‌های سنتی ارزیابی ریسک مثل FTA، HAZOP و FMEA روش‌هایی نسبتاً ساده و کامل، جهت برآورد ریسک کلی واحدهای صنعتی به شمار می‌آیند (۴). تاکنون شاخص‌های مختلفی برای شناسایی و ارزیابی خطرات صنعتی ارائه شده است که برخی از آن‌ها به‌طور اختصاصی برای یک صنعت خاص قابلیت استفاده داشته و بالتبع نمی‌توان از آنها در صنایع مختلف استفاده نمود (۴). برای مثال،

شاخص حریق، انفجار و سمیت موند اولین بار در سال ۱۹۷۹ توسط صنایع شیمیایی انگلستان معرفی شد، که همان‌گونه که از نام آن برمی‌آید برای استفاده در صنایع شیمیایی و برای ارزیابی سریع خطر در واحدهایی است که در مرحله طراحی و توسعه هستند (۵). همچنین، شاخص خطر حادثه به‌عنوان یک سامانه جدید برای ارزیابی جامع و سریع آسیب‌های ایجادشده در صنایع فرایندی تدوین شده است (۶). بنابراین شناسایی و انتخاب شاخص‌هایی که بتوان از آنها برای شناسایی و ارزیابی خطرات در گستره وسیعی از صنایع استفاده نمود، می‌تواند در اجرای ساده تر فرایند مدیریت ریسک در صنایع مختلف در نظر گرفته شود. شاخص پیش‌بینی کننده ریسک اولین بار در سال ۲۰۰۴ توسط Jenq- Renn Chen و همکاران (۷) به عنوان شاخصی برای ارزیابی عملکرد ایمنی ابداع گردیده و در یک صنعت پتروشیمی مورد استفاده قرار گرفت. با توجه به کاربردی که برای استفاده از این شاخص بیان شد، لازم است که درباره امکان به کارگیری این شاخص به منظور شناسایی و ارزیابی خطرات در صنایع و اهمیت آن توضیحاتی ارائه شود. به این منظور به برخی از مولفه‌هایی که در بسیاری از روش‌های شناخته شده شناسایی و ارزیابی ریسک در نظر گرفته می‌شود اشاره می‌شود و با مقایسه آنها با فاکتورهای مورد استفاده برای به دست آوردن شاخص پیش‌بینی کننده ریسک، به بحث در این باره پرداخته خواهد شد. در ابتدا با در نظر گرفتن تئوری حادثه دومینو و یادآوری اینکه صدمه با رخ دادن حادثه به وجود می‌آید و حادثه نیز به دلایل اعمال و شرایط نایمن به وقوع می‌پیوندد (۸)، یک نکته مهم در خصوص اهمیت و امکان به کارگیری شاخص پیش‌بینی کننده ریسک برای شناسایی خطرات بیشتر مشخص می‌شود، چرا که شاخص پیش‌بینی کننده ریسک اعمال و شرایط نایمن را که به‌عنوان دو دلیل اصلی وقوع رویداد قلمداد می‌شود را به عنوان مبنای شناسایی خطرات در نظر می‌گیرد. با توجه به نکته فوق الذکر در خصوص اعمال و شرایط نایمن و با توجه به این موضوع که فاکتورهای کلیدی نهفته در اعمال و شرایط نایمن است که منجر به وقوع رویداد می‌شود (۷، ۹) می‌توان

کار برد، در حالی که همان گونه که پیش تر ذکر شد شاخص پیش‌بینی کننده ریسک در ابتدا برای ارزیابی عملکرد ایمنی طراحی شده است و همان طور که در این مطالعه نشان داده خواهد شد، امکان شناسایی و ارزیابی خطر با استفاده از این شاخص امکان پذیر است. بنابراین در صورتی که بتوان از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک در کنار ارزیابی عملکرد ایمنی به عنوان شاخصی برای شناسایی و ارزیابی خطرات در صنایع نیز بهره برد، اهمیت این شاخص در جلوگیری از دوباره کاری‌ها و هدر رفت زمان بیشتر مشخص خواهد شد. پرواضح است که صنعت فولاد یکی از صنایع مهم در هر کشور بوده و البته از جمله صنایع با ریسک بالا نیز محسوب می‌شود و هرساله حوادث زیادی نیز در این صنعت به وقوع می‌پیوندد که منجر به زیان‌های مالی و آسیب به نیروی انسانی می‌گردد، و تا به امروز و به‌رغم بهبود وضعیت کوره‌ها نسبت به گذشته و بهبود شرایط خطرناک در این صنعت، همچنان خطرات ذاتی موجود در این صنعت از بین نرفته و حذف نشده است (۱۶-۱۸). بنابراین به‌واسطه ماهیت خطرناک کار در این صنعت و اینکه کارگران همواره با خطرات زیادی مواجه هستند، انجام وظیفه در صنعت فولاد به‌صورت ایمن بسیار مهم است. برخی مطالعات نشان داده‌اند که کارگران صنعت فولاد در مقایسه با کارگران صنایع دیگر به‌طور سالیانه با بیشترین میزان حوادث مواجه می‌شوند (۱۸)، لذا به‌واسطه وجود شرایط کاری بسیار خطرناک در این صنعت، و با توجه به اینکه در برخی موارد مدیران این صنایع در خصوص متقاعد کردن کارگران برای انجام کار ایمن با چالش مواجه هستند (۱۹)، می‌بایست اقدامات ساختارمند و بسیار جدی را در جهت ایمن‌سازی محیط‌های کاری، از طریق تجزیه و تحلیل خطرات موجود در این صنعت با استفاده از روش‌هایی که به‌خصوص اعمال و شرایط ناایمن را به‌صورت جدی در نظر می‌گیرند انجام داد.

با توجه به موضوعات ذکر شده در خصوص اهمیت ایمنی در صنایع و به‌خصوص صنعت فولاد و به دلیل اینکه تاکنون مطالعات بسیار محدودی در خصوص حالات بالقوه زیان آور در صنایع فولادسازی ارائه شده (۲۰)، و نیز به دلیل استفاده نشدن از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک به‌عنوان ابزاری مفید برای

استنباط کرد که با استفاده از این شاخص امکان شناسایی خطراتی که در نتیجه دو مؤلفه فوق‌الذکر در یک صنعت به وجود می‌آید وجود خواهد داشت. لازم به ذکر است که در اکثر روش‌های مورد استفاده برای ارزیابی خطرات از روابطی برای به دست آوردن امتیاز ریسک استفاده می‌شود که در آنها مؤلفه‌های شدت خطر یا پیامدهای آن و نیز احتمال وقوع خطرات مبنای به دست آوردن امتیاز ریسک در نظر گرفته می‌شود (۱۰، ۱۱). در برخی از روش‌های دیگر نیز از حاصلضرب مؤلفه‌های احتمال، شدت و قابلیت کشف خطر برای بدست آوردن عدد ریسک استفاده می‌شود (۱۲-۱۴). در خصوص شاخص مورد استفاده در مطالعه حاضر، چهار فاکتور احتمال خطر، تکرار مواجهه با خطر، تعداد افراد در معرض خطرات و حداکثر خسارت‌های احتمالی ناشی از خطرات، مؤلفه‌هایی هستند که برای به دست آوردن شاخص پیش‌بینی کننده ریسک، با استفاده از یک رابطه میانگین‌گیری هندسی  $(RI = \sqrt[4]{PD * FE * RN * MPL})$  (۷)، مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا مشاهده می‌شود که همچون تکنیک‌های شناخته شده در این حوزه، امکان استفاده از این شاخص برای به دست آوردن یک امتیاز منطقی برای خطرات شناسایی شده وجود دارد. لازم به ذکر است که اولویت‌بندی خطرات با استفاده از امتیاز ریسک در اغلب روش‌ها و تکنیک‌های ارزیابی ریسک معمولاً مبنای به خصوصی نداشته و اغلب این اولویت‌بندی به صورت ذهنی و با مقایسه امتیاز ریسک به دست آمده و گستره امتیازات ریسک از پیش تعیین شده ای انجام می‌شود که با عنوان ماتریس ریسک شناخته می‌شود (۱۵). با استفاده از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک این امکان وجود خواهد داشت تا اولویت‌بندی خطرات بر اساس مقایسه امتیاز خطر با شرایط واقعی هر صنعت که در آن وقوع رویداد مشاهده شده است انجام شود. بنابراین می‌توان اذعان کرد که مبنای استفاده از این شاخص برای اولویت‌بندی خطرات، واقعیت‌های صنعت و شرایط وقوع رویداد در هر صنعت بوده و لذا نسبت به دیگر روش‌های اولویت‌بندی خطرات دارای عینیت بیشتری می‌باشد. در اینجا بایستی متذکر شد که روش‌های معمول شناسایی و ارزیابی ریسک را نمی‌توان در دیگر حوزه‌های فرایند مدیریت ریسک به

شناسایی و ارزیابی خطرات در صنایع، مطالعه حاضر باهدف شناسایی و ارزیابی خطرات موجود در ایستگاه‌های کاری یک صنعت فولاد و معرفی و ارائه روش استفاده از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک به منظور شناسایی و ارزیابی خطرات ایمنی در صنایع انجام شد.

### روش بررسی

در این مطالعه توصیفی-مقطعی خطرات موجود در ۱۷ ایستگاه کاری موجود در پنج واحد یک صنعت فولاد در شهر یزد در یک مدت زمان سه ماه (۱۸۰ شیفت) در سال ۹۴-۱۳۹۳ با استفاده از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک (PRI) مورد شناسایی و ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور پس از شناسایی ایستگاه‌های کاری و واحدهای مختلف موجود در صنعت توسط تیم اجراکننده مطالعه متشکل از محقق، سرپرست و سه نفر از کارشناسان واحد ایمنی و بهداشت کارخانه و مدیرعامل کارخانه، خطرات موجود در ۱۷ ایستگاه کاری در واحدهای مختلف صنعت مورد مطالعه، از طریق مشاهدات تیم بررسی کننده، مصاحبه با کارگران و مستندات موجود در صنعت شناسایی گردید. تیم بررسی کننده از طریق بازرسی ایستگاه‌های کاری مختلف و مشاهده تصادفی کارگران مشغول به کار در هر ایستگاه، اعمال و شرایط نا ایمن مشاهده شده را ثبت کردند. در مرحله بعد تیم مطالعه بر اساس سوابق موجود و تجربیات گذشته و بر طبق جداول ۱ تا ۴ امتیاز مربوط به چهار فاکتور احتمال خطر (PD)، فرکانس مواجهه با خطر (FE)، تعداد افراد در معرض ریسک (RN)، و حداکثر پتانسیل خسارت یا آسیب (MPL) را برای هر یک از خطرات شناسایی شده تخمین زده، و سپس با استفاده از یک رابطه میانگین‌گیری هندسی  $(RI = \sqrt[4]{PD * FE * RN * MPL})$  (۷) که چهار فاکتور ذکر شده

را شامل می‌شود، شاخص ریسک برای هر یک از خطرات شناسایی شده به دست آمد. لازم به ذکر است که از سوابق و مستندات مربوط به حوادث گذشته و نیز تجربه کارشناسان، سرپرستان و کارگران برای تخمین احتمال، شدت، تعداد افراد در معرض ریسک و حداکثر خسارت احتمالی استفاده شد. پس از آن شاخص پیش‌بینی کننده ریسک با استفاده از متد سری‌های زمانی و مدل میانگین متحرک برای شاخص‌های ریسک به دست آمده برای خطرات ثبت شده به صورت یک‌روند تعریف شد. سپس مقایسه روند شاخص پیش‌بینی کننده ریسک تعریف شده با رویدادهای به وقوع پیوسته در مدت مطالعه از طریق هم افزایی رویدادها بر روی شاخص تعریف شده صورت گرفت و به منظور تعیین چهارچوبی برای ارزیابی ریسک و اولویت‌بندی خطرات، سه گستره عددی مربوط به شاخص پیش‌بینی کننده ریسک بر اساس تعداد رویدادهای به وقوع پیوسته در هر ناحیه از روند تعریف شد. لازم به ذکر است که برای به دست آوردن شاخص ریسک و انجام آنالیزهای آمار توصیفی از قبیل مقایسه ایستگاه‌های کاری از نظر تعداد خطرات موجود در آنها، دسته بندی خطرات از نظر امتیاز شاخص ریسک و درصد خطرات شناسایی شده در سه حالت ایمن، اخطار و اقدام از نرم‌افزار SPSS 22 استفاده شد. همچنین تعریف روند شاخص پیش‌بینی کننده ریسک، هم افزایی رویدادهای به وقوع پیوسته بر روی روند و آنالیز و بررسی این روند با استفاده از نرم افزار R 3.1.2 انجام شد. جداول زیر مبنای امتیازدهی به چهار فاکتور احتمال خطر (PD)، فرکانس مواجهه با خطر (FE)، تعداد افراد در معرض ریسک (RN)، و حداکثر پتانسیل خسارت یا آسیب (MPL) می‌باشد.

جدول ۱: احتمال خطر در مشاهده ثبت شده

| امتیاز | احتمال خطر                            |
|--------|---------------------------------------|
| ۱      | بعید و غیر محتمل می باشد              |
| ۲      | جزئی و غیر معمول می باشد              |
| ۵      | کم بوده و وقوع آن شانسی است           |
| ۸      | متوسط بوده ولی وقوع آن تعجبی ندارد    |
| ۱۰     | زیاد بوده و انتظار آن می رود          |
| ۱۵     | خیلی زیاد بوده و بدون شک رخ خواهد داد |

جدول ۲: فرکانس مواجهه کاری کارگران

| امتیاز | فرکانس مواجهه                           |
|--------|---|
| ۱      | نادر است، در طول بیش از ۵ سال وجود دارد |
| ۲      | بین ۲ تا ۵ سال وجود دارد                |
| ۵      | سالی یک بار                             |
| ۸      | به طور ماهیانه وجود دارد                |
| ۱۰     | به طور هفتگی وجود دارد                  |
| ۱۵     | در هر شیفت وجود دارد                    |

جدول ۳: حداکثر تعداد افراد در معرض ریسک

| امتیاز | تعداد افراد در معرض ریسک |
|--------|--------------------------|
| ۱      | ۱-۲ نفر                  |
| ۲      | ۳-۴ نفر                  |
| ۵      | ۵-۸ نفر                  |
| ۸      | ۹-۱۲ نفر                 |
| ۱۰     | ۱۳-۱۵ نفر                |
| ۱۵     | بیش از ۱۵ نفر            |

جدول ۴: حداکثر آسیب یا صدمه احتمالی

| امتیاز | حداکثر ضرر   |
|--------|--|
| ۱      | صدمه جزئی  |
| ۲      | نیاز به کمک های اولیه وجود دارد                                      |
| ۵      | نیاز به اقدامات پزشکی و استراحت پزشکی کمتر از ۳ روز                  |
| ۸      | نیاز به اقدامات پزشکی و استراحت پزشکی بیش از ۳ روز و کمتر از یک هفته |
| ۱۰     | ازکارافتادگی دائم  |
| ۱۵     | حادثه حداقل باعث مرگ یک نفر شود                                      |

## نتایج

شناسایی شده به تفکیک در ایستگاه های کاری مختلف در نمودار ۱ ارائه شده است. مطابق با این نمودار می توان مشاهده نمود که بیشترین خطرات شناسایی شده به ترتیب با تعداد ۲۵، ۱۴، ۱۰، ۹ و ۹ خطر مربوط به ایستگاه های کاری شارژ کوره (2-B)، نظارت و پایش کوره (2-C)، ریخته گری (4-B)، ایستگاه فنی (5-D) و تأمین قراضه عرشه (2-A) بوده و کمترین تعداد خطرات شناسایی شده (یک خطر) نیز مربوط به ایستگاه های کاری لجستیک (5-B)، افزودن کمک ذوب (2-F)، آنالیز گیری (2-E) و سربراه گیری (2-D) بوده است.

جدول ۵ تعدادی از ۱۰۷ خطر شناسایی شده در ۲۴ ایستگاه کاری موجود در پنج واحد صنعت مورد مطالعه و امتیاز شاخص مربوط به آنها را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود، بالاترین امتیاز شاخص ریسک مربوط به خطر حریق (۹/۷۴) بوده و خطر انفجار و پاشش ذوب بر روی افراد به دلایل مختلف (۷/۸۳) دارای بیشترین فراوانی می باشد. همچنین مطابق با جدول ۵ و با توجه به علل شناسایی شده برای خطرات مشاهده می شود که تعداد قابل توجهی از خطرات شناسایی شده به دلیل شرایط نا ایمن موجود در کارخانه می باشد. فراوانی خطرات

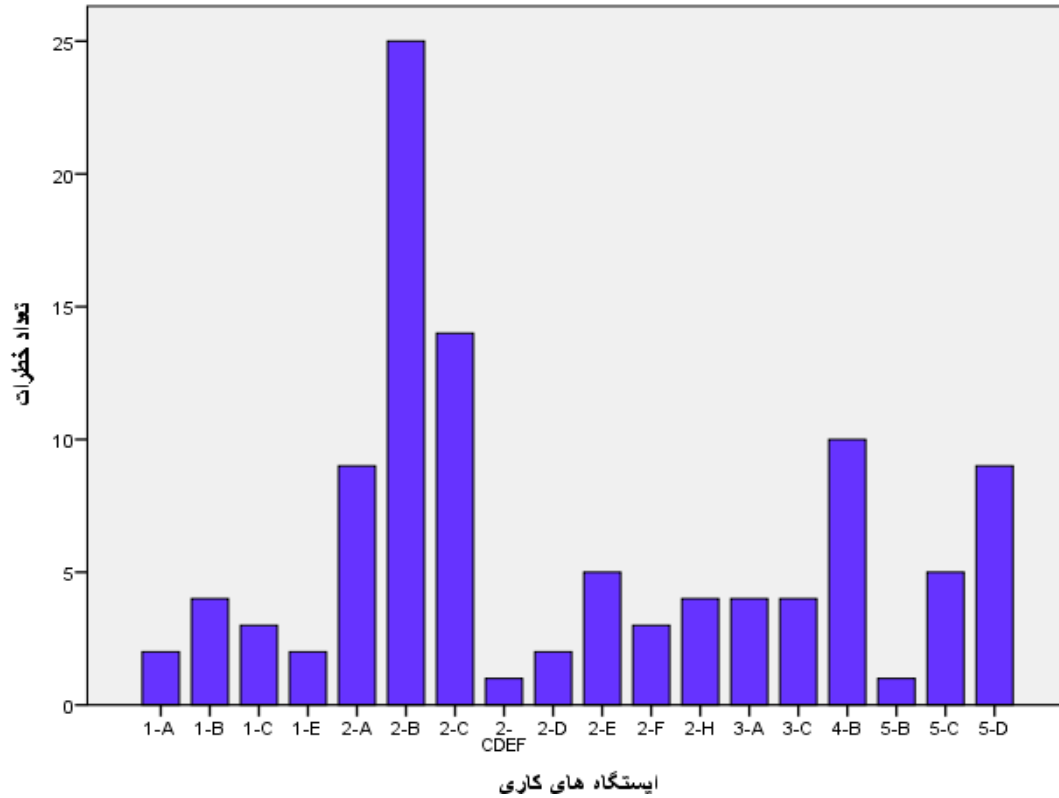
جدول ۵: نمونه‌ای از خطرات شناسایی شده در ایستگاه‌های کاری مختلف در صنعت مورد مطالعه

| ردیف | نوع خطر                                | علت خطر  | امتیاز شاخص ریسک |
|------|--|--|------------------|
| ۱    | خطر حریق                               | هم‌جواری چنگ ثابت با بوته ۱ و ۲ و نشستی روغن و گازوئیل از آن حین تعمیرات و پاشش ذوب روی آن                         | ۹/۲۴             |
| ۲    | خطر انفجار                             | عایق نبودن شیلنگ‌های اکسیژن که برای بالا بردن دمای پاتیل در واحد سی‌سی‌ام به کار می‌رود و پاشش ذوب روی آن‌ها       | ۷/۸۳             |
| ۳    | خطر انفجار                             | شارژ نمودن بیش از حد کوره و احتمال پل زدن  | ۷/۴۰             |
| ۴    | خطر پاشش ذوب به صورت اپراتور شارژ کوره | عدم استفاده از شیلد صورت   | ۶/۲۲             |
| ۵    | خطر انفجار                             | وارد نمودن اجسام فلزی قابل انفجار به درون کوره   | ۶/۲۲             |
| ۶    | خطر سقوط افراد                         | عدم وجود حفاظ در راه‌پله‌های ایستگاه عرشه  | ۵/۶۲             |
| ۷    | خطر پرتاب قراضه و برخورد به کارگر      | محصور نبودن اتاق اپراتور پرس   | ۵/۵۷             |
| ۸    | خطر برخورد جرثقیل با کارگر             | بازدید چشمی از جرثقیل سقفی بدون هماهنگی با اپراتور جرثقیل  | ۵/۵۷             |
| ۹    | خطر انفجار                             | تجهیز نبودن کپسول‌های اکسیژن به شیر اطمینان و مانومتر  | ۵/۴۸             |
| ۱۰   | خطر قطع عملیات                         | پاشیدن ذوب روی اتصالات و شیلنگ‌های مگنت  | ۵/۳۲             |
| ۱۱   | خطر ورود اجسام خارجی به چشم            | عدم استفاده اپراتور برشکار از عینک مخصوص   | ۵/۳۲             |
| ۱۲   | خطر ایجاد ناراحتی تنفسی                | عدم استفاده کارگران سایت از ماسک و وجود دود غلیظ در اثر عدم تهویه مناسب سایت                                       | ۵/۳۲             |
| ۱۳   | خطر آسیب به سیم بکسل جرثقیل            | اپراتوری نامناسب جرثقیل‌ها و وارد شدن فشار بیش از حد به سیم بکسل   | ۵/۳۲             |
| ۱۴   | خطر پاشش مذاب روی بدن کارگر            | عدم استفاده از دستکش و عینک مخصوص حین ریخته‌گری در واحد ایستگاه سی‌سی‌ام   | ۵/۳۲             |
| ۱۵   | خطر انفجار                             | از بین رفتن صفحات میکا در جداره نسوز کوره به دلیل عدم تعویض به موقع  | ۵/۲۳             |
| ۱۶   | خطر آسیب به افراد در شرایط اضطراری     | نبود دستورالعمل مکتوب در خصوص وظایف کارگران و یا بازدیدکنندگان در شرایط اضطراری و مناسب نبودن مسیرهای فرار اضطراری | ۵/۲۳             |
| ۱۷   | خطر حریق                               | وجود شیلنگ گازوئیل پیش گرم‌کن در زیر قراضه‌ها و آسیب به آن و نشستی سوخت  | ۵/۲۳             |
| ۱۸   | خطر برق‌زدگی چشم                       | عدم استفاده از عینک مخصوص در حین نمونه‌برداری از ذوب   | ۵/۰۳             |
| ۱۹   | خطر پاشش ذوب روی افراد                 | پرتاب عمدی برخی قراضه‌های خاص به درون کوره   | ۵/۰۳             |
| ۲۰   | خطر آسیب به سیم بکسل جرثقیل            | نگه‌داشتن جرثقیل در ارتفاع   | ۵/۰۳             |

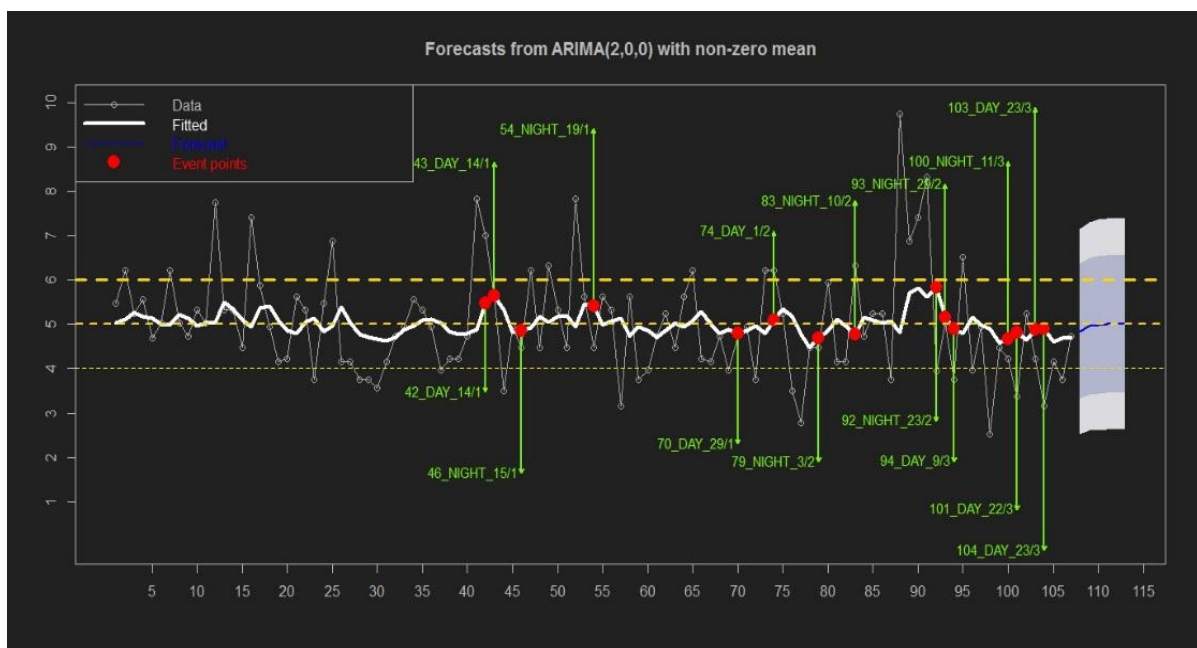
عناوین ایستگاه‌های کاری به کار رفته در نمودار ۱ عبارت از: 1- A(واحد فراوری-ایستگاه تخلیه قراضه)، 1-B(واحد فراوری ایستگاه تفکیک و جداسازی)، 1-C(واحد فراوری ایستگاه برشکاری)، 1-D(واحد فراوری ایستگاه بارگیری و حمل)، 1-E(واحد فراوری ایستگاه پرس کاری)، 2-A(واحد ذوب ایستگاه تامین قراضه عرشه)، 2-B(واحد ذوب شارژ کوره)، 2-C(واحد ذوب ایستگاه نظارت و پایش کوره)، 2-D(واحد ذوب ایستگاه سرپاره گیری)، 2-E(واحد ذوب ایستگاه آنالیز گیری)، 2-F(واحد ذوب ایستگاه افزودن مواد کمک ذوب)، 2-G(واحد ذوب ایستگاه تخلیه ذوب)، 2-H(واحد ذوب ایستگاه حمل پاتیل)، 3-A(واحد نسوز کاری نسوز کاری کوره)، 3-B(واحد نسوز کاری نسوز کاری پاتیل)، 3-C(واحد نسوز کاری نسوز کاری تاندیش)، 4-A(واحد CCM ایستگاه تورچ)، 4-B(واحد

5-C (واحد پشتیبانی ایستگاه انبارداری) و 5-D (واحد پشتیبانی ایستگاه های فنی) می باشند.

CCM ایستگاه ریخته گری)، 4-C (واحد CCM ایستگاه برشکاری)، 4-D (واحد CCM ایستگاه حمل شمش)، 5-A (واحد پشتیبانی ایستگاه کنترل کیفیت)، 5-B (واحد پشتیبانی ایستگاه لجستیک)،



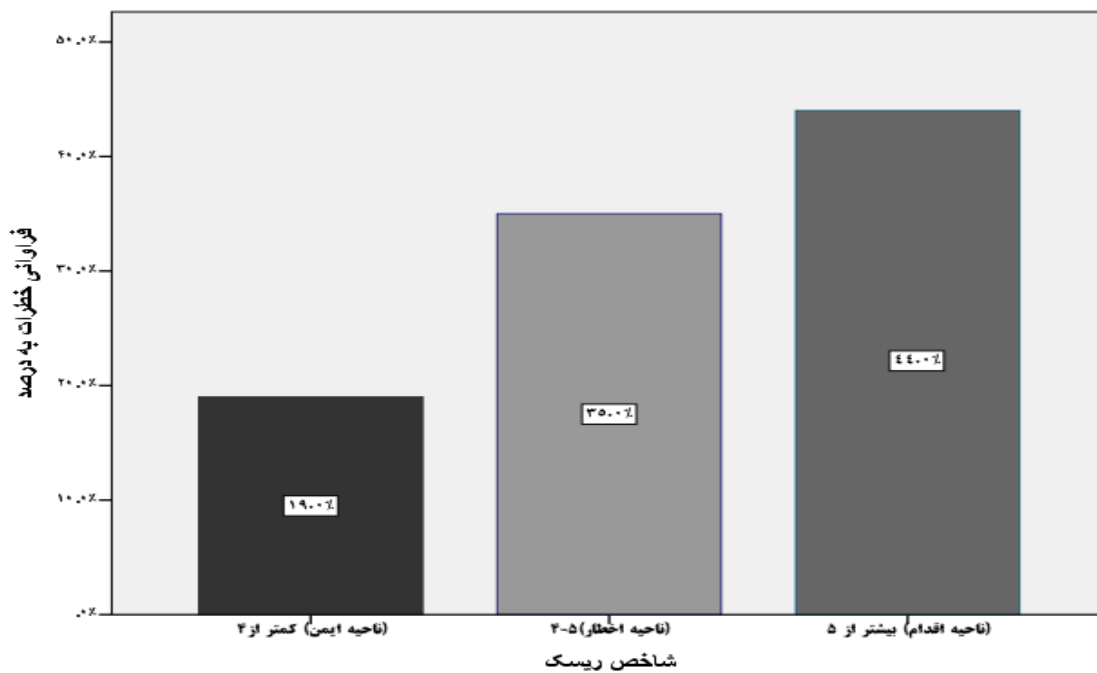
نمودار ۱: فراوانی خطرات ثبت شده در ایستگاه های کاری مختلف در صنعت مورد مطالعه



نمودار ۲: هم افزایی رویدادهای به وقوع پیوسته در مدت مطالعه و شاخص پیش بینی کننده ریسک

به وجود رویدادهای به وقوع پیوسته در آن ناحیه، به‌عنوان ناحیه اقدام تعریف شد. نتایج فوق امکان ارزیابی و اولویت‌بندی خطرات شناسایی‌شده را تسهیل نموده است. با توجه به مشخص شدن نواحی سه‌گانه که ذکر آن به میان آمد، خطرات ثبت‌شده بر اساس میزان امتیاز شاخص ریسک به‌دست‌آمده برای آن‌ها دسته‌بندی شد. نمودار شماره سه مربوط به دسته‌بندی خطرات شناسایی‌شده برحسب درصد فراوانی در نواحی سه‌گانه است.

همانگونه که در نمودار ۲ مشاهده می‌شود، وقتی شاخص پیش‌بینی کننده ریسک در گستره عددی کمتر از چهار بوده، رویدادی در مدت مطالعه مورد ثبت قرار نگرفته است. با استفاده از این نتایج گستره عددی کمتر از چهار به‌عنوان ناحیه ایمن در نظر گرفته شد. همچنین گستره عددی بین چهار و پنج هم که چند رویداد در این گستره رخ داده به‌عنوان ناحیه اخطار، و گستره ای از این روند که به ناحیه بالاتر از پنج در حال صعود می‌باشد نیز با توجه



نمودار ۳: مقایسه درصد فراوانی خطرات اولویت‌بندی شده در نواحی ایمن، اخطار و اقدام

ایمن به ترتیب ۳۵٪ و ۱۹٪ بوده است. در ادامه و در جداول ۶ تا ۸ برخی از خطرات قرار گرفته در هر یک از دسته‌بندی‌ها و نواحی فوق‌الذکر ارائه شده است.

همانگونه که از نتایج ارائه شده در نمودار ۳ قابل مشاهده است، بیشترین خطرات شناسایی شده (۴۴٪) در ناحیه اقدام بوده است. همچنین درصد فراوانی مربوط به خطرات ناحیه اخطار و ناحیه

جدول ۶: برخی از خطرات دسته‌بندی‌شده بر اساس امتیاز شاخص ریسک در ناحیه اقدام

| ردیف | مخاطره   | علت   | شاخص ریسک |
|------|--|---|-----------|
| ۱    | خطر انفجار   | عدم دقت کارگران فرآوری برای تفکیک مناسب قراضه‌ها  | ۷/۷۵      |
| ۲    | خطر انفجار   | آسیب لوله‌های مسی خنک‌کننده اطراف کوره در اثر پر کردن کوره و بالا رفتن بیش‌ازحد سطح ذوب | ۷/۰۰      |
| ۳    | خطر پاشش مذاب روی بدن کارگر                                  | عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی از قبیل کلاه و عینک و مقنعه توسط اپراتورهای عرشه      | ۶/۸۹      |
| ۴    | خطر انفجار   | وارد نمودن اجسام فلزی قابل انفجار به درون کوره  | ۶/۲۲      |
| ۵    | خطر برق‌زدگی و آسیب به چشم                                   | عدم استفاده کارگران ایستگاه عرشه از عینک مخصوص در حین تخلیه ذوب و نگاه کردن به ذوب      | ۵/۶۵      |
| ۶    | خطر سقوط اشیاء یا افراد از راهروهای منتهی به جرثقیل‌های سقفی | عدم نظافت راهروها و چرب بودن آن و وجود اشیاء مختلف در کف این راهروها                    | ۵/۲۳      |

جدول ۷: برخی از خطرات دسته‌بندی شده بر اساس امتیاز شاخص ریسک در ناحیه اخطار

| ردیف | خطر                                      | علت   | شاخص ریسک |
|------|--|---|-----------|
| ۱    | خطر انفجار                               | وجود چربی روی اتصالات کپسول اکسیژن در ایستگاه سی‌سی‌ام                              | ۴/۹۵      |
| ۲    | خطر برق‌گرفتگی                           | فقدان کف‌پوش عایق برق برای تابلوهای برق موجود در پمپ خانه                           | ۴/۹۵      |
| ۳    | خطر ایجاد افت شنوایی در کارگران زیر کوره | وجود سروصدای بیش‌ازحد مجاز در زیر کوره و عدم استفاده از گوشی حفاظتی                 | ۴/۹۵      |
| ۴    | خطر ابتلا به بیماری‌های ریوی             | استفاده از هوای پرفشار برای تمیز کردن لباس‌هایی که به گردوغبار حاوی سیلیس آغشته است | ۴/۴۷      |
| ۵    | خطر پاشش ذوب برای افراد بازدیدکننده      | نبود دستورالعمل‌هایی برای بازدید ایمن از سایت                                       | ۴/۴۷      |
| ۶    | خطر حریق                                 | نشستی روغن هیدرولیک از شیلنگ جک هیدرولیک پاتیل در ایستگاه سی‌سی‌ام                  | ۴/۲۳      |

جدول ۸: برخی از خطرات دسته‌بندی شده بر اساس امتیاز شاخص ریسک در ناحیه ایمن

| ردیف | خطر                                      | علت  | شاخص ریسک |
|------|--|--|-----------|
| ۱    | خطر برخورد مگنت به افراد یا تجهیزات دیگر | اپراتوری مگنت از راه دور   | ۳/۷۶      |
| ۲    | خطر پاشش مذاب روی بدن کارگر              | عدم استفاده کارگر پاتیل چی در ایستگاه سی‌سی‌ام از مقنعه و شیلد صورت هنگام نمونه‌برداری از ذوب                  | ۳/۹۸      |
| ۳    | خطر برق‌زدگی و آسیب به چشم               | عدم استفاده اپراتور حمل پاتیل از عینک مخصوص و نگاه کردن مستقیم به ذوب  | ۳/۵۶      |
| ۴    | خطر برخورد نمونه ذوب به افراد            | پرتاب نمونه ذوب از محل عرشه به سمت آزمایشگاه   | ۳/۹۸      |
| ۵    | خطر ورود اعضاء بدن به درون میکسر ماسه    | نبود حفاظ بر روی میکسر ماسه  | ۳/۷۶      |
| ۶    | سقوط جرثقیل مگنت                         | مرغوب نبودن سیم بکسل مورد استفاده در مگنت فدرال و پارگی آن در مدت کمتر از حد انتظار و وجود زدگی و عدم تعویض آن | ۳/۳۶      |

### بحث و نتیجه‌گیری

مطالعه ای که توسط میرفخرالدینی و همکاران با هدف رتبه‌بندی خطرات با استفاده از تحلیل خوشه ای فازی صورت گرفت، خطر پاشش مذاب روی افراد از مهم ترین خطرات شناسایی شده ذکر شد (۲۰). نتایج این مطالعه نشان داد که خطرات شناسایی شده در مطالعه حاضر تا حد زیادی با مطالعه مذکور مطابقت دارد، لذا این نتایج نشان می‌دهد که اقدامات جدی بایستی در خصوص مقابله با این خطرات در نظر گرفته شود. به نظر می‌رسد که شارژ نمودن کوره با قراضه‌های نامطلوب عمده‌ترین دلیل پاشش ذوب به اطراف باشد و لذا آموزش کارگران ایستگاه‌های کاری تفکیک قراضه و شارژ کوره و نظارت بر نحوه انجام‌وظیفه توسط آن‌ها ممکن است در کاهش خطرات فوق نقش مستقیم و کلیدی داشته باشد. مشاهدات ما نیز نشان‌دهنده این واقعیت بوده است

مطالعه حاضر باهدف به‌کارگیری و ارائه روش استفاده از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک جهت شناسایی و ارزیابی خطرات ایمنی در یک صنعت فولاد صورت گرفت و تعداد ۱۰۷ خطر در این صنعت شناسایی شد و بر اساس مقایسه شاخص پیش‌بینی کننده ریسک تعریف شده، با رویدادهای به وقوع پیوسته در مدت مطالعه، خطرات شناسایی شده در سه دسته شامل حالت ایمن (۱۹ درصد)، حالت اخطار (۳۵ درصد) و حالت اقدام (۴۴ درصد) (دارای اولویت کم، متوسط و فوری) طبقه‌بندی شد. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین خطرات شناسایی شده مربوط به خطر انفجار و پاشش ذوب روی افراد بوده و به استثنای یک مورد خطر حریق، بیشترین شاخص ریسک به‌دست‌آمده به همین خطرات اختصاص داشته است. در

که در زمان اعمال نظارت از سوی سرپرست یا کارشناسان ایمنی کارخانه، وظیفه شارژ کوره به نحو مناسب‌تری انجام گرفته و پاشش ذوب به اطراف کمتر بود. نتایج مطالعه‌ای که توسط Nordlöf و همکاران در سال ۲۰۱۵ در یک صنعت فولاد صورت گرفت نشان داد که کارگران در صنایع فولاد ریسک پذیری بیشتری نسبت به کارگران در دیگر صنایع داشته و بالتبع اعمال نا ایمن بیشتری از سوی آنها مشاهده شد (۱۸). مشاهدات ما در طول مطالعه حاضر با نتایج به دست آمده از مطالعه Nordlöf و همکاران همخوانی دارد. در مطالعه ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۴) با استفاده از تکنیک FMEA در یک مجموعه فولاد نشان داد که محل‌هایی از مجموعه مورد مطالعه‌شان که بیشترین امتیاز ریسک را به خود اختصاص داده بودند در واحد ذوب قرار داشته است. نتایج مطالعه حاضر در خصوص مقایسه فراوانی خطرات شناسایی شده در ایستگاه‌های کاری مختلف نشان داد که ایستگاه‌های کاری شارژ کوره، نظارت و پایش کوره، ریخته‌گری و تأمین قراضه عرشه بیشترین خطرات را به خود اختصاص دادند. نتایج مطالعه حاضر با نتایج به دست آمده از مطالعه ابراهیم‌زاده و همکاران (۱۴) همخوانی دارد. در بسیاری از مطالعات انجام شده در خصوص تجزیه و تحلیل علل حوادث (۸، ۹، ۲۱)، معلوم شده است که بیشترین دلایل حوادث به وقوع پیوسته در نتیجه اعمال نا ایمن بوده است. چنانچه فرض شود که علل خطرات شناسایی شده در یک صنعت خاص علل وقوع رویدادها در همان صنعت باشد، می‌توان گفت که نتایج مطالعه حاضر در خصوص علل خطرات یا علل رویدادها در صنعت مورد مطالعه با نتایج مطالعات گذشته همخوانی ندارد، چراکه نتایج این مطالعه نشان‌دهنده سهم قابل توجه شرایط نا ایمن نسبت به اعمال نا ایمن در علل خطرات ثبت شده بوده است. یکی از دلایل مهم این موضوع به ماهیت خطرناک صنعت فولاد و وظایف موجود در این صنعت بازمی‌گردد، چراکه می‌توان گفت حتی در صورتی که وظایف به صورت نسبتاً ایمن هم صورت گیرد بازهم خطرات مربوط به شرایط موجود در ماهیت وظایف وجود خواهد داشت (۱۶، ۱۷). همچنین شاید بتوان اظهار کرد که برای مثال نسبت هاینریش (۸) در خصوص دلایل وقوع حوادث احتمالاً در

شرایطی به دست آمده که وضعیت ایمنی صنایع مورد بررسی وی از نظر سخت‌افزاری و ماشین‌آلات در وضعیت نسبتاً مطلوبی بوده و لذا اعمال نا ایمن در وقوع رویدادها نقش اساسی و پررنگ را داشته است، با این حال مشاهدات ما نشان داد که برخی از محل‌های موجود در صنعت فولاد مورد مطالعه، حتی از برخی شرایط ابتدایی مربوط به ایمنی محروم بوده است. برای مثال سالم بودن و عدم زدگی در سیم‌های برق یکی از ابتدایی‌ترین و کم هزینه‌ترین شرایطی است که بایستی در یک صنعت در نظر گرفته شود، با این وجود یکی از خطرات شناسایی شده در این صنعت به دلیل وجود اشکال در خصوص همین شرایط بوده و بنابراین اینکه خطرات شناسایی شده در مطالعه حاضر تا حد زیادی به دلیل شرایط نا ایمن باشد دور از ذهن نیست.

مبنای رتبه‌بندی‌های ریسک در بسیاری از مطالعات گذشته عمدتاً ماتریس احتمال-پیامد بوده است، که برخی از محققین بر غیرقابل اطمینان بودن این رویه تأکید کرده‌اند (۲۲). در مطالعه حاضر رتبه هر یک از خطرات با استفاده از رابطه یک (۷) که به غیر از احتمال و پیامد، دو فاکتور فرکانس مواجهه و تعداد افراد در معرض خطر را نیز شامل کرده، به دست آمد. مبنای اولویت‌بندی خطرات شناسایی شده هم واقعیت موجود در صنعت، در خصوص رویدادهای به وقوع پیوسته در مدت مطالعه بوده است. در این مطالعه روند شاخص ریسک همه خطرات شناسایی شده با استفاده از مدل (2) MA به دست آمد و پس از هم افزایی رویدادهای به وقوع پیوسته بر روی روند شاخص پیش بینی کننده ریسک، با مقایسه گستره‌های عددی این روند از نظر وقوع رویداد، اولویت‌بندی خطرات شناسایی شده صورت گرفت. بایستی اذعان کرد که تعیین نواحی مذکور که در مطالعه حاضر به عنوان ناحیه ایمن (شاخص ریسک کمتر از عدد چهار)، ناحیه اخطار (شاخص ریسک بین اعداد چهار و پنج) و ناحیه اقدام (شاخص ریسک بالاتر از عدد پنج) در نظر گرفته شده است، می‌تواند به دلایل مختلف در هر صنعت قابل تغییر باشد. به عنوان مثال با توجه به میزان ریسک پذیرفته شدنی که با نظر مدیران یک صنعت ممکن است تغییر نماید، می‌توان محدوده‌های متفاوتی را برای هر یک از سه حالت فوق در نظر گرفت. در

پیش‌بینی کننده ریسک که کاربردی ساده و سریع داشته و می‌تواند در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گیرد می‌تواند در فرایند مدیریت ریسک نقش مهمی ایفا نماید. چنین روش‌هایی که کاربردهای متفاوتی دارند می‌توانند باعث کاهش دوباره کاری‌ها و بهره‌وری بیشتر از زمان گردد. شاخص پیش‌بینی کننده ریسک اگرچه به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی عملکرد ایمنی طراحی شده، اما نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که از این شاخص می‌توان برای شناسایی و ارزیابی خطرات ایمنی در صنایع که از ارکان مدیریت ریسک به حساب می‌آید نیز استفاده کرد.

#### سپاسگزاری

از زحمات تمامی پرسنل کارخانه فولاد سامان یزد به خصوص مدیرعامل کارخانه و سرپرست واحد ایمنی و بهداشت این مجموعه، که صمیمانه ما را در انجام این مطالعه یاری نمودند تشکر و قدردانی می‌نماییم. لازم به ذکر است که مطالعه حاضر بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نویسنده مسئول می‌باشد.

خصوص محدودیت‌های مطالعه حاضر لازم به ذکر است که تمرکز این مطالعه بر روی ارائه راهکارهای کنترلی در خصوص رفع خطرات شناسایی شده نبوده و در این مطالعه سعی شد تا روش استفاده از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک برای شناسایی و ارزیابی خطرات موجود در صنعت ارائه شود. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های این مطالعه نیز مربوط به کمبود مطالعات انجام شده در خصوص ارزیابی خطرات صنعت فولاد و عدم دسترسی به چنین مطالعاتی بوده و لذا امکان مقایسه نتایج به دست آمده با نتایج دیگر مطالعات در این حوزه به خوبی فراهم نشد. وارد کردن فاکتورهای دیگر در رابطه یک برای به دست آوردن شاخص ریسک (۷) و ارائه متدی جدید برای به دست آوردن شاخص ریسک و همچنین شناسایی و ارزیابی خطرات با استفاده از شاخص پیش‌بینی کننده ریسک در دیگر صنایع و ارائه راهکارهای کنترلی برای کاهش خطرات، می‌تواند موضوع مطالعات آینده در این حوزه باشد. شناسایی و ارزیابی خطرات موجود در صنایع با استفاده از شاخص‌هایی چون شاخص

#### References:

- 1- Jahangiri M, Norouzi M. *Risk Assessment and Management*. 1<sup>st</sup> ed. Tehran: Fanavar; 2012: p. 224.
- 2- Ebrahimzadeh M, Halvani G, Mortazavi M, Soltani R. *Assessment of Potential Hazards by Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) Method in Shiraz Oil Refinery*. Occupa Med Quart J 2011; 3(2): 16-23.
- 3- Ghosh S, Jintanapakanont J. *Identifying and assessing the critical risk factors in an underground rail project in Thailand: a factor analysis approach*. Int J Project Manag 2004; 22(8): 633-43.
- 4- Jahangiri M, Rostamabadi A, Norouzi M. *Risk assessment and management*. Tehran: Fanavar; 1393: p. 288.
- 5- Tyler B. *Using the Mond Index to measure inherent hazards*. Process Safety Progress 1985; 4(3): 172-5.
- 6- Khan F, Abbasi S. *Accident hazard index: a multi-attribute method for process industry hazard rating*. 1997: p. 217-24.
- 7- Chen J-R, Yang Y-T. *A predictive risk index for safety performance in process industries*. J Loss Preven Process Industries 2004; 17(3): 233-42.
- 8- Brauer RL. *Safety and health for engineers*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons; 2016: p. 733.
- 9- Seo D-C. *An explicative model of unsafe work behavior*. Safety Sci 2005; 43(3): 187-211.

- 10- Thun J-H, Hoenig D. *An empirical analysis of supply chain risk management in the German automotive industry*. Int J Produc Economic 2011; 131(1): 242-9.
- 11- Craighead CW, Blackhurst J, Rungtusanatham MJ, Handfield RB. *The severity of supply chain disruptions: design characteristics and mitigation capabilities*. Decision Sci 2007; 38(1): 131-56.
- 12- Tuncel G, Alpan G. *Risk assessment and management for supply chain networks: A case study*. Computers in Industry 2010; 61(3): 250-9.
- 13- Matook S, Lasch R, Tamaschke R. *Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework*. Int J Opera Produc Manag 2009; 29(3): 241-67.
- 14- Ebrahemzadih M, Halvani G, Shahmoradi B, Giahhi O. *Assessment and Risk Management of Potential Hazards by Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) Method in Yazd Steel Complex*. Open J Safety Sci Technol 2014; 4(03): 127.
- 15- Chapman C, Ward S. *Project risk management: processes, techniques and insights*. 2003.
- 16- Von Starck AM, Alfred Kramer, Carl. *Handbook of thermoprocessing technologies: fundamentals, processes, components, safety*. Vulkan-Verlag GmbH; 2005.
- 17- Rudnev V, Loveless D, Cook RL, Black M. *Handbook of induction heating*: CRC Press; 2002.
- 18- Nordlöf H, Wiitavaara B, Winblad U, Wijk K, Westerling R. *Safety culture and reasons for risk-taking at a large steel-manufacturing company: Investigating the worker perspective*. Safety Sci 2015;73:126-35.
- 19- Brown KA, Willis PG, Prussia GE. *Predicting safe employee behavior in the steel industry: Development and test of a sociotechnical model*. J Opera Manag 2000; 18(4): 445-65.
- 20- Mirfakhrodini S H PM, Mirfakhrodini F S. *Harmful Modes and Effects Classification Using Fuzzy Cluster Analysis Case Study: Steel Making Factory of Iran Alloy Steel Company*. Industrial Manag Stud 2013; 10(27): 68-93.
- 21- Shirali G, Karami E, Goodarzi Z. *Human errors identification using the human factors analysis and classification system technique (HFACS)*. J Health Safety Work 2013; 3(3): 45-54.
- 22- Chapman C, Ward S. *Project risk management: processes, techniques, and insights*. New Jersey: Wiley; 2003: p. 408.

## *Applying predictive risk index to identify and evaluate safety dangers in a steel industry*

*Ebrahim nazaripour (MSc)<sup>1</sup>, Mehdi jahangiri (PHD)<sup>2\*</sup>, Gholamhossein Halvani, (MSc)<sup>3</sup>, Morteza Mohammadzadeh (PHD)<sup>4</sup>, Reza Gharib (BS)<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Bam University of Medical Sciences, Bam, Iran

<sup>2</sup> Research Center for Health Sciences, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

<sup>3</sup> Department of Ergonomics, School of Health, Yazd University of Medical Sciences, Yazd, Iran

<sup>4</sup> Department of Biostatistics, School of Medical Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>5</sup> UG, HSE Supervisor, Yazd Steel Industry, Yazd, Iran

*Received:* 22 Feb 2016

*Accepted:* 19 Dec 2016

### *Abstract*

**Introduction:** Risk management is the most part of health and safety executive (HSE) management systems and it can be used to identify dangers as well as prioritize actions to relieve dangers. Dangers identifying and evaluating risk scores of the dangers are two steps of the risk management that lead to prioritize identified dangers and help decision makers to allocate the necessary resources based on aforesaid steps.

**Methods:** In this descriptive study, the dangers in workstations in a steel industry were identified and evaluated by the used of predictive risk index (PRI). To achieve this goal, risk index was calculated by a geometric averaging equation for all the dangers, and the PRI was defined by using MA (2) model. After overlapping occurred events and PRI trend, the ranges of the PRI were assigned as safe, warning and action modes, based on existence or lack of events on the PRI.

**Results:** Among all 107 identified dangers in the studied factory, the higher identified danger risk index was related to fire risk (9.74), explosion hazard and melt splashing on the workers (7.83). The highest frequency of identify hazards were related to the workstations furnace charging (25 hazards), furnace inspection (14 hazards), and the lower dangers were recorded in the workstations logistic and adding melting additive (one hazard). Evaluating of dangers was shown that the higher dangers were assigned to the action mode (48 hazards) and fast actions were needed to be taken.

**Conclusion:** Identifying and evaluating dangers by methods such as PRI, which has fast and easy to function, and it can be used for several applications and save more time.

**Key words:** Dangers identifying and evaluating; Predictive risk index; Moving average model; Steel industry

#### *This paper should be cited as:*

nazaripour E, jahangiri M, Halvani Gh, Mohammadzadeh M, Gharib R. *Applying predictive risk index to identify and evaluate safety dangers in a steel industry*. Occupational Medicine Quarterly Journal 2017; 9(3): 45-57.

*\*Corresponding Author: Tel: +989364766045, Email: jahangiri\_m@sums.ac.ir*