شناسایی و ارزیابی مخاطرات ایمنی کارگاه‌های آموزشی دانشگاه علم و صنعت ایران با روش Fuzzy FMEA

امیرحسین رادمان کیان[۱]، روزبه قوسی[۲]*، مهدی جانی‌نسب[۳]

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۴/۰۵

ارجاع:
رادمان کیان امیرحسین، قوسی روزبه، جانی نسب مهدی. شناسایی و ارزیابی مخاطرات ایمنی کارگاه‌های آموزشی دانشگاه علم و صنعت ایران با روش Fuzzy FMEA. بهداشت کار و ارتقاء سلامت ۱۳۹۹; ۴(۲): ۱۶۷-۱۸۲.

چکیده

مقدمه: بسیاری از حوادث ایمنی در صنایع مختلف ناشی از عملکرد کارکنان است. شناسایی و حذف کانون‌های خطر می‌تواند موجب کاهش تاثیر خطاهای انسانی شود. با توجه به اهمیت ایمنی کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌های آموزشی، این مطالعه با هدف شناسایی و کاهش ریسک‌های موجود در کارگاه‌های ریخته‌گری و ماشین‌افزار دانشگاه علم و صنعت ایران صورت گرفت.

روش بررسی: این مطالعه‌ی توصیفی- تحلیلی در سال ۱۳۹۷ در دانشگاه علم و صنعت ایران انجام شد. پس از شناسایی مخاطرات بالقوه عدد اولویت ریسک (RPN) مخاطرات بالقوه که حاصل‌ضرب سه مولفه‌ی احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف است، با استفاده از روش عدد اولویت ریسک فازی(Fuzzy FMEA) محاسبه شد و به اولویت‌بندی ریسک‌های مذکور پرداخته‌شد. در انتها اقدامات اصلاحی لازم برای کانون های‌مخاطره پیشنهاد شد.

یافته‌ها: ۱۰ ریسک بالقوه در کارگاه ماشین‌افزار با دامنه‌ی RPN از ۵/۸ تا ۲۳۰/۳ و ۱۹ مخاطره بالقوه در کارگاه ریخته‌گری با RPN از ۱/۳ تا ۶۶۵/۳ شناسایی گردید. مخاطره " پرتاب آچار سه‌نظام" RPN=۲۳۰/۳۳ و "نفوذ پلیسه به چشم‌ها" RPN =۱۰۱/۳۳ در کارگاه ماشین‌افزار و "پرتاب مذاب ناشی از احتباس هوا در قطعات فلزی" با RPN =۶۶۵/۳ و "ا نفجار بوته مذاب ناشی از استفاده‌ی نادرست یا استهلاک" با RPN =۳۹۲/۶۶ در کارگاه ریخته‌گری در اولویت ریسک هستند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست‌آمده به روش Fuzzy FMEA در اولویت‌بندی مخاطرات موفق می‌باشد. اجرای اقدامات اصلاحی نظیر آموزش و آگاه‌سازی دانشجویان از خطرات موجود و حذف کانون‌های خطر بتواند سطح ریسک‌های موجود را کاهش دهد.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی ریسک، کارگاه‌های آموزشی، عدد اولویت ریسک، رویکرد فازی

[۱] دانش‌آموخته‌ی کارشناسی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
[۲] عضو هیئت علمی، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
* (نویسنده مسئول:ghousi@iust.ac.ir)
[۳] دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی صنایع، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

مقدمه

یکی از تبعات سوء رشد تکنولوژی در جوامع بشری بروز حوادث گوناگون ازجمله حوادث ناشی از کار و بیماری‌های شغلی است. طبق آمار منتشرشده از سوی اداره‌ی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (Occupational Safety and Health Administration OSHA) بیش از ۵۰۰۰ کارگر صنایع خصوصی ایالات‌متحده در سال ۲۰۱۸ براثر حوادث ناشی از کار جان باختند. هزینه‌ی کلی حوادث مرتبط به کار (از قبیل هزینه‌های پزشکی،دستمزد ازدست‌رفته،بیمه و ...) بالغبر ۱۷۱ میلیارد دلار آمریکا تخمین زده‌شد(۱) . در ایران طی ۱۰ سال گذشته (۱۳۸۷ تا ۱۳۹۶)، ۱۵ هزار و ۹۹۷ نفر در حوادث ناشی از کار جان خود را از دست دادند (۲).

کارگاه‌ها معمولاً به محیط کاری اطلاق می‌شود که در آن جا آموزش‌های مختلفی چون جوشکاری، تراشکاری، ریخته‌گری و غیره به‌صورت عملی آموزش داده می‌شود. دانشگاه‌ها اکثراً دارای کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌های آموزشی و تحقیقاتی هستند ازآنجایی‌که در این کارگاه‌ها و آزمایشگاه‌ها بسیاری از فرایندها برای کسب مهارت‌های عملی انجام می‌شوند و دانشجویان جوان فاقد هرگونه تجربیات قبلی هستند و برای اولین بارکار با تجهیزات،ماشین‌ها،مواد و دستگاه‌ها را تجربه می‌کنند نیاز به توجه بیشتر به ایمنی بهداشت، دکوراسیون ،مهندسی،ساختمان و تجهیزات احساس می‌شود (۳).

محققان حوزه‌ی ایمنی کار، برای ارزیابی ریسک‌ها از یک یا تعدادی عامل (متغیر) موثر استفاده کرده‌اند. این فاکتورها را می‌توان به چهارگروه تقسیم کرد (۴). اولین گروه محققین تنها از یک عامل برای ارزیابی ریسک استفاده کردند. چنگ (Cheng) (۲۰۱۰) از فراوانی نقص ها برای این مسئله استفاده کرده است (۵). در گروه دوم محققین در مقالات از دو عامل به‌منظور فرآیند ارزیابی استفاده نمودند. معمولاً این دو فاکتور فراوانی نقص و سطح تأثیر (Impact level) رخدادها هستند. در گروه سوم عامل شدت تأثیر را به ارزیابی اضافه کردند. آن‌ها برای افزایش دقت نتیجه‌ها از این سه عامل استفاده می‌کردند.

در گروه چهارم تحقیقاتی برای مرحله ارزیابی از بیش از سه عامل استفاده نمودند. یکی از کاربردی‌ترین روشها در این گروه توسط الانباری (۲۰۱۵) استفاده‌شده است (۶). وی دو مسئله‌ی سلامت و ایمنی را باهم ترکیب کرد، چهارسطح برای ارزیابی ریسک شرح دادند و یک مقیاس مناسب برای هر موقعیت تعریف کردند. اکثر پژوهش‌های مرتبط در گروه سوم قرار می‌گیرند و سه عامل را برای محاسبه‌ی عدد اولیتی ریسک درنظرگرفته‌اند.

به طور کلی پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه‌ی ارزیابی ریسک به دو دسته تقسیم می‌شود. دسته‌ی اول به ترکیب روش FMEA با تکنیک‌های دیگر پرداختند و متدولوژی جدیدی معرفی نمودند و تاثیر آن را در قالب مثال‌های کاربردی نمایش دادند. دسته‌ی دوم صرفاً به ارزیابی مخاطرات موجود با استفاده از روش‌های قبلاً معرفی شده، پرداختند. از جمله شاخص‌ترین پژوهش‌های دسته‌ی اول می‌توان به مقالات زیر اشاره کرد:

چین (Chin) و همکاران (۲۰۰۸) در مقاله‌ای تحت عنوان توسعه سیستم طراحی محصول بر مبنای روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن (Failure mode and effects analysis FMEA) و تحت عنوان (EPDS-1) ارائه کردند، برپایه این متدولوژی، می‌توان از طریق ارزیابی مجدد طرح‌های جایگزین، انتخاب مواد اولیه و ارزیابی هزینه‌های تولید،کیفیت وقابلیت اطمینان محصولات را افزایش داد (۷). وانگ (Wang) و همکاران (۲۰۰۹) به ارزیابی ریسک با روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن و با استفاده از میانگین وزن‌دار هندسی پرداختند. آن‌ها اثبات کردند در مقایسه با رویکرد مرسوم FMEA روش ارائه شده، واقع‌گرایانه‌تر، کاربردی‌تر و عملی‌تر است(۸). ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) به اولویت‌بندی ریسک با استفاده از FMEA در شرایط عدم قطعیت پرداختند. آن‌ها برای نشان‌دادن کاربردی بودن پژوهش خود از یک نمونه‌ی واقعی در مورد دقت یک نوع ماشین برش عمودی

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

صنعتی اسفاده‌کردند (۹).

از جمله شاخص ترین پژوهش‌های دسته‌ی دوم که صرفاً به اجرای روش‌های معرفی‌شده در مسائل کاربردی دنیای واقعی پرداختند، می‌توان به مقالات زیر اشاره کرد:

زو (Xu) و همکاران (۲۰۰۲) یک سیستم FMEA با رویکرد فازی برای ارزیابی سیستم‌های پیشرانه ارائه کردند، با استفاده از روش‌های بهبود پیشنهادشده، برخی از نقاط شکست مثل بلوکه شدن مسیر جریان روغن بهبود نسبی در نمره ریسک کسب شده یافتند (۱۰). چانگ و همکاران (۲۰۱۰) به اولویت‌بندی مجدد نقص‌ها در سیستم تأمین سیلان SiH_4 با استفاده از سیستم رتبه‌بندی فازی شهودی پرداختند. پس از ارائه یک مدل واقعی و مقایسه‌ی مدل مرسوم با مدل پیشنهادی، آن‌ها اثبات کردند که مدل ارائه شده به مراتب دقیق‌تر و منطقی‌تر از مدل مرسوم به اولویت‌بندی مخاطرات پرادخته‌است (۱۱). یانگ و همکاران (۲۰۱۰) یک مدل جدید FMEA بر پایه تئوری فازی برای کنترل ماشین‌ابزار (CNC Computer Numerical Control) ارائه کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که استفاده از رویکرد فازی اولویت‌بندی مخاطرات می‌تواند یک روش معتبر برای تهیه برنامه‌ی پایش تولید باشد (۱۲).

بیوکاوسکی و فلیکس (۲۰۰۵) با کارگیری منطق فازی روشی جهت برآورد سطح ریسک یک سیستم طراحی‌شده پیشنهاد کردند که برگرفته از روش‌های تجزیه حالات خطا و اثرات آن و روش واکاوی حالات خطا، اثرات و حالات بحرانی بوده و به‌طور هم‌زمان معایب هر دو روش را برطرف می‌کند (۱۳). تای و همکاران (۲۰۰۸) به توسعه مدل به‌روزرسانی حادثه بر پایه منطق فازی برای فرایند واکاوی حالات خطا و اثرات آن پرداختند. در این پژوهش مدلی برای پیش‌بینی رخدادها و همچنین راهنمایی برای چگونگی تنظیم و موارد توابع عضویت ارائه‌شد (۱۴). لاپا و گیمارائس (۲۰۰۴) مدل‌سازی سیستم استنتاجی فازی (Failure mode, effects, and criticality analysis FMECA) را به منظور مواجهه با مشکلات قابلیت اطمینان صنایع هسته‌ای معرفی کردند. برای نشان دادن موثر بودن مدل ارائه‌شده، آن را در بخش سیستم پایش شیمیایی و حجمی به کار بردند (۱۵). هادی شیرویه زاد و همکاران (۲۰۰۹) از تحلیل‌های FMEA با رویکرد فازی برای شناسایی و کنترل تنظیمات نقص در اجرای سیستم‌های (Enterprise resource planning ERP) استفاده کرده‌اند (۱۶).

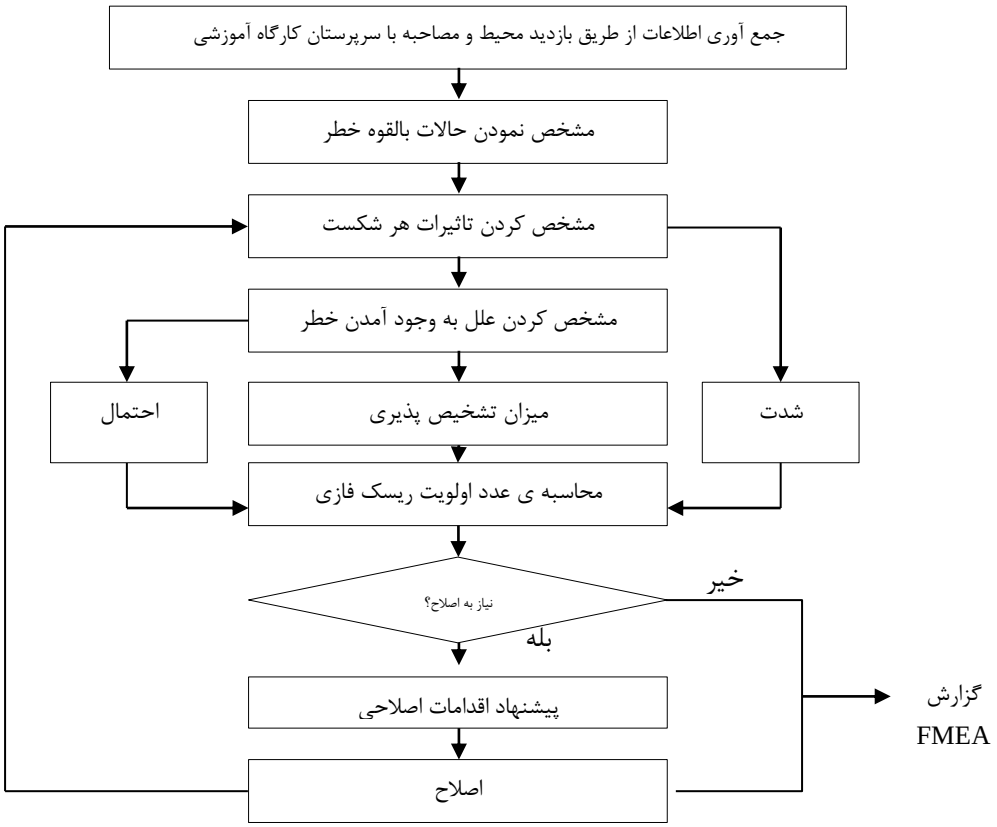
توجه به ایمنی کارگاه‌های آموزشی از دو جهت حائز اهمیت است. اول اینکه دانشجویان مهم‌ترین سرمایه‌های انسانی برای توسعه‌ی کشور هستند لذا حفظ ایمنی و سلامتی آن‌ها در محیط کارگاه‌ها از اولویت‌های کاری دانشگاه‌هاست و دوم این‌که نهادینه کردن مفاهیم ایمنی و اهمیت آن در دانشجویان به‌خصوص دانشجویان رشته‌های فنی و مهندسی می‌تواند از بروز بسیاری از حوادث که امروزه شاهد آن در صنایع مختلف هستیم جلوگیری نماید. این پژوهش با هدف شناسایی و ارزیابی ریسک کارگاه‌های آموزشی و ارائه‌ی راهکارهایی برای اصلاح کانون‌های مخاطره صورت می‌گیرد.

روش بررسی

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ برای یافتن مهم‌ترین کانون‌های مخاطره در کارگاه‌های ریخته‌گری و ماشین‌افزار دانشگاه علم و صنعت ایران انجام شد. کارگاه ماشین افزار دانشگاه علم و صنعت عمدتا به آموزش مهارت‌های تراشکاری با ماشین تراش، فرم تراشی، مخروط تراشی و ابزار تیز کنی می‌پردازد. در کارگاه ریخته‌گری دانشجویان با مبانی ریخته‌گری و مدل‌سازی فلزات آهنی و غیرآهنی و آلیاژسازی توسط کوره القایی و کوره آزمایشگاهی آشنا می‌شوند. اولین گام برای پیاده‌سازی روش FMEA شناسایی حالات نقص است. این حالات نقص لیست شده سپس بر مبنای ۳ جنبه‌ی فراوانی،کشف و شدت امتیازدهی می‌شوند. به‌صورت سنتی امتیازدهی FMEA به‌صورت تخصیص مقدارهای گسسته به هر آیتم در مقیاس‌های از پیش تعریف‌شده است. برای مثال ۱ تا ۵ یا ۱ تا ۱۰ . به

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

منظور افزایش دقت مدل، به جای امتیازدهی سنتی از امتیاز دهی فازی توسط خبره استفاده شد. در این روش بعد از این که لیست مخاطرات احتمالی از طریق مصاحبه با خبره و حضور مستمر در کارگاه و مشاهده رفتار دانشجویان تعیین شد، چک‌لیستی از کانون‌های ریسک تهیه شد. در مصاحبه‌ی بعدی لیست تهیه شده در مقابل خبره قرار گرفت. برای ارزیابی ریسک کانون‌های مخاطره از معیار های کلامی جداول فوق استفاده شد. سپس مقایسه‌ای نسبی بین کانون‌های مخاطره هرکارگاه شکل گرفت تا اولویت‌های خطر پذیری مشخص شوند. بدیهی‌است کانون‌هایی که عدد اولویت ریسک بزرگ‌تری دارند برای اقدامات اصلاحی یا پیشگیرانه در اولویت هستند. لازم به ذکر است با توجه به ماهیت فعالیت کارگاه‌ها، اعداد اولویت ریسک به دست آمده نمی توانند مبنای مقایسه‌ی مخاطرات بین کارگاه‌ها باشند، به این معنا که برابری RPN در دو کانون مخاطره کارگاه‌های ریخته‌گری و ماشین‌افزار به معنای ریسک یکسان آن دو کانون نیست و اعداد به دست آمده فقط جنبه‌ی مقایسه‌ی درون‌گروهی دارند. شکل (۴) گام‌های ارزیابی ریسک در کارگاه آموزشی را نمایش می‌دهد.



شکل ۱: فرآیند ارزیابی ریسک کارگاه آموزشی مطابق با روش FMEA

در این بخش ابتدا به معرفی مختصر روش FMEA می‌شود سپس روش فازی و چگونگی تلفیق آن با FMEA بیان می‌شود.

روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن

تعریف متغیرها: شدت مخاطره (Severity) یک مقیاس ارزیابی است که جدی بودن اثر یک شکست را در صورت وقوع آن تعریف می‌کند. احتمال وقوع (Occurrence) احتمال یا به‌عبارتی‌دیگر شمارش تعداد نقص‌ها نسبت به تعداد انجام فرآیند است. احتمال تشخیص (Detection) احتمال پیش‌بینی شکست قبل از وقوع آن است. عدد اولویت ریسک (Risk

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

Priority Number RPN) حاصل‌ضرب شدت مخاطره (S)، احتمال وقوع (O) و احتمال تشخیص (D) را نشان می‌دهد. مقدار بحرانی بودن هر آیتم با محاسبه‌ی RPN مشخص می‌شود آن دسته از الگوهای نقص که عدد اولویتی ریسک بالاتری دارند بحرانی‌تر هستند. نحوه‌ی محاسبه‌ی عدد اولویت ریسک در رابطه (۱) نمایش داده‌شده‌است (۱۷).

$$RPN=O\times S\times D \qquad (۱)$$

تلفیق روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن با متدولوژی فازی

FMEA برای فراهم آوردن اطلاعات به‌منظور اتخاذ تصمیمات مدیریت ریسک استفاده می‌شود.جزییات دقیق استفاده از FMEA و کاربردهای متنوع آن در صنایع مختلف توسط استاماتیس مستند شده است (۱۸).

دستیابی به یک درک کمی در بسیاری از مسائل تصمیم‌گیری کار بسیار دشوار و پیچیده‌ای است. تئوری مجموعه فازی، که در سال ۱۹۶۵ توسط پروفسور زاده مطرح شد قادر است تا عدم قطعیت را در فرایندهای تصمیم‌گیری بکار گیرد .پس از معرفی این تئوری، منطق فازی جهت نمایش عدم قطعیت و مفاهیم مبهم به زبان ریاضی معرفی گردید تا از طریق فرموله کردن بتوان آن‌ها را در مسائل موجود مورداستفاده قرار دارد (۷). همان‌طوری که پیش‌تر اشاره شد زمانی که رابطه میان معیارهای موجود دارای عدم قطعیت است و یا رابطه‌ی میان آن‌ها را نمی‌توان به‌صراحت بیان کرد،استفاده از تئوری فازی بسیار مفید است. $A=(a_1,a_2,a_3)$ یک عدد فازی مثلثی است که در آن اعداد a_1، a_2 و a_3 اعداد قطعی (crisp value) بوده و $a_1 < a_2 < a_3$ و تابع عضویت مثلثی (Triangular membership function) مربوط به آن طبق رابطه‌ی (۲) تعریف می‌شود (۱۹):

$$f_{(\tilde{A})}(X)=\begin{cases}0, x<a_1\\ \dfrac{(x-a_1)}{(x_2-a_1)}, a_1<x<a_2\\ \dfrac{(a_3-x)}{(a_3-a_2)}, a_2<x<a_3\\ 0, x>a_3\end{cases} \qquad (۲)$$

شدت، احتمال وقوع و قابلیت شناسایی فرایند مانند آنچه در محاسبه عدد اولویت ریسک سنتی به کار می‌رود، به عنوان ورودی برای تابع عدد اولویت ریسک فازی استفاده می‌شود.تابع عضویت این سه فاکتور با استفاده از متغیرهای زبان (linguistic) تعیین می‌گردد. در جداول زیر معیارهای طبقه‌بندی واژگان زبانی خلاصه‌شده است.

در جدول ۱ رتبه‌بندی فازی برای معیارهای زبانی قابلیت کشف نشان داده‌شده‌است.

در شکل ۲ نمودار فازی مثلثی قابلیت کشف و درجه‌ی عضویت هر گزینه نشان‌داده‌شده است.

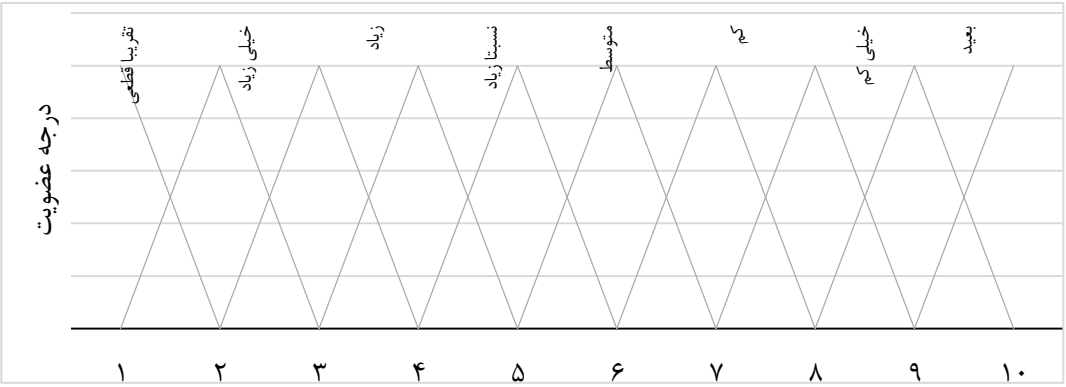
جدول (۲) نمایانگر رتبه‌بندی فازی برای معیارهای زبانی شدت وقوع نقص است.

در شکل ۳ درجه‌ی عضویت هر یک از گزینه‌های شدت وقوع نمایش داده‌شده است که همانند قابلیت کشف، تابع عضویت مثلثی تشکیل می‌دهند.

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

جدول۱: رتبه‌بندی فازی برای قابلیت کشف نقص (۸)

رتبه	احتمال کشف	عدد فازی		
		بدبینانه a_3	محتمل a_2	خوش‌بینانه a_1
عدم قطعیت مطلق	شانسی وجود ندارد	۱۰	۱۰	۹
خیلی بعید	شانس خیلی بعید	۱۰	۹	۸
بعید	شانس بعید	۹	۸	۷
خیلی کم	شانس خیلی کم	۸	۷	۶
کم	شانس کم	۷	۶	۵
متوسط	شانس متوسط	۶	۵	۴
نسبتاً زیاد	شانس نسبتاً زیاد	۵	۴	۳
زیاد	شانس زیاد	۴	۳	۲
خیلی زیاد	شانس خیلی زیاد	۳	۲	۱
تقریباً قطعی	شانس تقریباًقطعی	۲	۱	۱

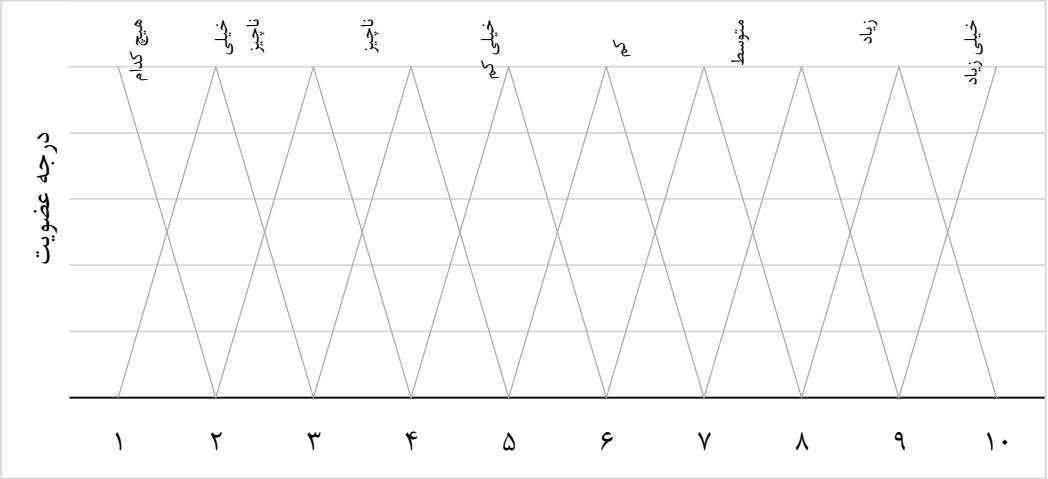


شکل ۲ ارزیابی قابلیت کشف و توابع عضویت آنها

جدول۲: رتبه‌بندی فازی برای شدت وقوع نقص (۸)

رتبه	شدت اثر	عدد فازی		
		بدبینانه a_3	محتمل a_2	خوش‌بینانه a_1
خطرناک بدون هشدار	رتبه نقص بدون هشدار،بسیار بالا	۱۰	۱۰	۹
خطرناک با هشدار	رتبه نقص با هشدار،بسیار بالا	۱۰	۹	۸
خیلی زیاد	غیرقابل تعمیر با نقص مخرب سیستم	۹	۸	۷
زیاد	غیرقابل تعمیر با آسیب به تجهیزات سیستم	۸	۷	۶
متوسط	غیرقابل تعمیر با خسارت جزئی به سیستم	۷	۶	۵
کم	غیرقابل تعمیر بدون آسیب به سیستم	۶	۵	۴
خیلی کم	سیستم قابل تعمیر با افت قابل‌توجه عملکرد	۵	۴	۳
ناچیز	سیستم قابل تعمیر با افت کم عملکرد	۴	۳	۲
خیلی ناچیز	سیستم قابل تعمیر با حداقل اختلال	۳	۲	۱
هیچ‌کدام	بی‌تأثیر	۲	۱	۱

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]



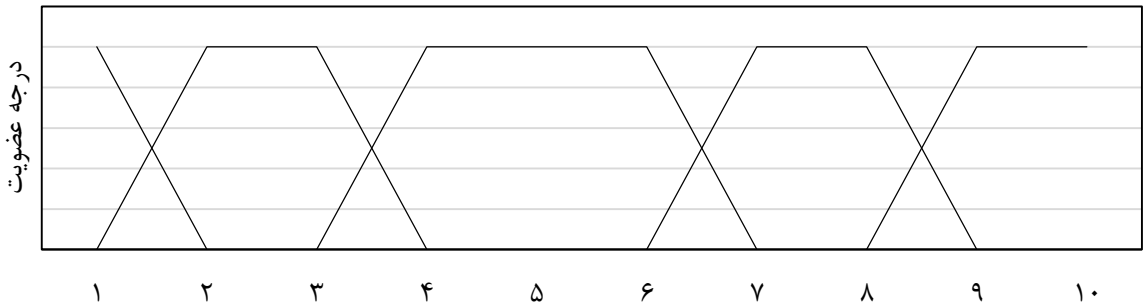
شکل ۳ ارزیابی شدت وقوع نقص و توابع عضویت آن‌ها

بر خلاف موارد قبلی برای قابلیت کشف و شدت، احتمال وقوع نقص تابع عضویت ذوزنقه‌ای دارد، به این معنا که دو عدد برای محتمل بودن یک ریسک در نظر می‌گیریم، و در فاصله‌ی این دو عدد، درجه عضویت بالاترین مقدار و ثابت است.

یه طور مثال در جدول ۳ رتبه‌ی "متوسط" دارای اعداد فازی (۳و۴-۶و۷) است. در شکل ۴ درجه‌ی عضویت هر یک از گزینه‌های احتمال وقوع نمایش داده‌شده است. با توجه به مقادیر اعداد فازی،تابع عضویت مثل دو حالت قبل مثلثی نیست.

جدول۳: رتبه‌بندی فازی احتمال وقوع شکست (۸)

رتبه	احتمال وقوع	عدد فازی		
		بدبینانه a_3	محتمل a_2	خوش‌بینانه a_1
خیلی زیاد	نقص تقریباً اجتناب‌ناپذیر است	۱۰	۹،۱۰	۸
زیاد	نقص مکرر	۹	۷،۸	۶
متوسط	نقص‌های گاه‌به‌گاه	۷	۴،۶	۳
کم	نقص نسبتاً کم	۴	۲،۳	۱
بعید	وقوع نقص بعید است	۲	۱	۱



شکل ۴: ارزیابی احتمال وقوع شکست و توابع عضویت آن‌ها

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

یافته‌ها

دراین بخش ابتدا به گزارش یافته‌های پژوهش، سپس به بحث و تحلیل در مورد نتایج و بیان محدودیت‌ها پرداخته می‌شود.

بعد از جمع‌آوری توصیفی رتبه‌های مربوط به هر یک از پارامترهای قابلیت کشف،شدت و احتمال وقوع، به تبدیل داده‌های توصیفی به رتبه‌بندی فازی و محاسبه‌ی RPN فازی، غیر فازی سازی و محاسبه‌ی عدد اولویت ریسک قطعی پرداخته شد که نتایج آن‌ها در جداول ۴ و ۵ خلاصه‌شده است سپس اعداد اولویتی ریسک بر اساس فرمول (۴) فازی زدایی گردیدند. در این فرمول وزن W_2برابر ۴ و وزن‌های W_3 و W_1 برابر ۱ تعیین گردید (۲۰). بر اساس وزن‌دهی مذکور، اهمیت اعداد محتمل در اولویت‌بندی ۴ برابر اعداد خوشبینانه و بدبینانه در نظر گرفته می‌شود.

$$RPN = \frac{W_1(a) + W_2(b) + W_3(c)}{W_1 + W_2 + W_3} \qquad (۴)$$

کارگاه ماشین‌افزار

در جدول ۴، مخاطره‌های کارگاه ماشین‌افزار لیست‌شده‌اند. ریسک‌ها به ترتیب اعداد RPN مرتب‌شدند و بر اساس مصاحبه با خبرگان و نظرسنجی از دانشجویان پر بسامدترین اقدامات اصلاحی ارائه‌شدند. به طور کلی ۱۰ شکست با میانگین ۵۹/۶ شناسایی شد.

جدول۴: شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک کارگاه ماشین‌افزار

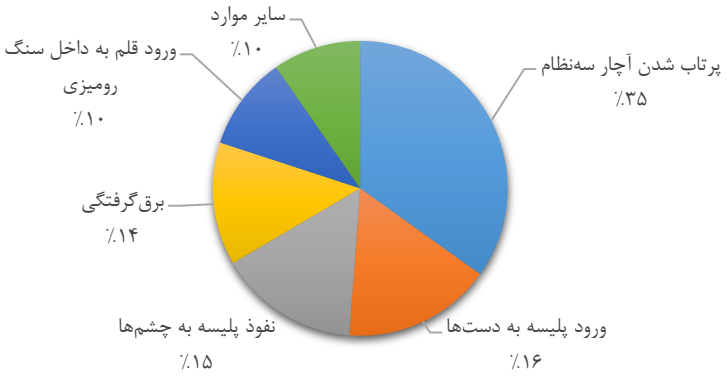
ردیف	شکست بالقوه	اثر شکست	علت بالقوه/ مکانیزم شکست	شدت خطر	احتمال وقوع	احتمال تشخیص	RPN فازی	اقدامات اصلاحی پیشنهادی
				(بدبینانه، محتمل، خوشبینانه)				
۱	پرتاب آچار سه‌نظام	شکستگی‌اندام ها	باز نکردن آچار و برخورد آن با افراد حاضر در کارگاه	(۶،۷،۸)	(۷،۸،۹)	(۳،۴،۵)	۲۳۰/۳۳	طراحی و نصب مکانیزم جلوگیری از عملکرد ماشین تراش در صورت اتصال آچار سه نظام به آن
۲	ورود پلیسه به چشم‌ها	جراحت‌های بینایی	باربرداری بیش از حد توسط ماشین تراش	(۷،۸،۹)	(۵،۶،۷)	(۱،۲،۳)	۱۰۱/۳۳	الزام دانشجویان به استفاده از عینک‌های ایمنی
۳	شوک الکتریکی ناشی از اتصالی	برق‌گرفتگی و حریق	آلوده بودن دستگاه‌ها و کف کارگاه‌ها به روغن	(۱،۲،۳)	(۲،۳،۴)	(۱،۲،۳)	۸۹/۰۰	بازبینی مداوم ماشین‌ها، اتصال به زمین آن‌ها و اهتمام بیشتر به آموزش
۴	ورود قلم تراشکاری به دستگاه سنگ رومیزی	پرتاب شدن قلم تراشکاری و ضرب‌دیدگی دست ناشی از کم شدن ضخامت سنگ و عدم تنظیم لبه	آشنا نبودن با شیوه‌ی کار سنگ رومیزی و عجله در استفاده از آن	(۳،۴،۵)	(۴،۵،۶)	(۱،۲،۳)	۸۸/۰۰	تنظیم و بازبینی مداوم لبه‌ی فولادی قابل تنظیم، آموزش دانشجویان برای بازبینی ضخامت شکاف قبل از استفاده از ماشین
۵	سطح پرداخت نشده قطعه کار	ورود پلیسه به دست‌ها و بریدگی دست‌ها	لمس بدون دستکش قطعه کار هنگام چرخش آن	(۶،۷،۸)	(۱،۲،۳)	(۵،۶،۷)	۴۳/۶۶	الزام به استفاده از دستکش‌های ایمنی،خودداری از لمس سطح قطعه کار در حال چرخش روی ماشین
۶	نشت جریان برق	کوفتگی، شکستگی ناشی از	کابل‌ها سرگردان	(۱،۲،۳)	(۱،۱،۲)	(۱،۲،۳)	۲۷/۰۰	قطع کابل‌ها و مسطح سازی کف

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

ردیف	شکست بالقوه	اثر شکست	علت بالقوه/ مکانیزم شکست	شدت خطر	احتمال وقوع	احتمال تشخیص	RPN فازی	اقدامات اصلاحی پیشنهادی
				(بدبینانه، محتمل، خوشبینانه)				
	و افتادن	زمین‌خوردگی	کف کارگاه که به هیچ ماشینی متصل نیست					کارگاه
۷	بریدگی دست‌ها	جراحت شدید انگشتان شامل پارگی و ضرب دیدگی	ماندن دست بین قلم گیر و سه‌نظام	(۱،۲،۳)	(۱،۱،۲)	(۲،۳،۴)	۴۴/۳۳	آموزش دانشجویان، تهیه چک‌لیست قبل از شروع کار
۸	افتادن	کوفتگی، شکستگی ناشی از شکستن استند و افتادن کاربر	فرسودگی استند چوبی محل ایستادن کاربر	(۳،۴،۵)	(۳،۴،۵)	(۳،۴،۵)	۸/۳۳	سرویس استندها تعویض یا نمونه‌های مقاوم‌تر
۹	افتادن درون کانال‌های برق	کوفتگی، شکستگی، برق‌گرفتگی	شکستگی جوش‌های پوشش‌های کانال‌های برق کف کارگاه	(۱،۲،۳)	(۱،۱،۲)	(۲،۳،۴)	۸/۳۳	بازبینی و سرویس کانال‌ها
۱۰	افتادن مرغک ۱۰۰ کیلوگرمی از انتهای ماشین تراش	کوفتگی و شکستگی پاها	عدم آموزش کافی، عدم وجود مهار در انتهای ریل	(۱،۲،۳)	(۲،۳،۴)	(۳،۴،۵)	۵/۸۳	جوش دادن یک قطعه در انتهای ریل مرغک برای جلوگیری از افتادن آن

شکل ۵ نشان می‌دهد که پرتاب آچار سه‌نظام بالاترین عدد اولویت ریسک را دارد و پس از آن جراحات ناشی از پلیسه‌ها ، برق‌گرفتگی ، داخل شدن قلم تراشکاری در دستگاه سنگ در رتبه‌های بعدی قرار دارد.



شکل ۵: نمودار لیست مخاطرات بر مبنای نمره‌ی اولویت خطرپذیری کارگاه ماشین‌افزار

کارگاه ریخته‌گری

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

در جدول ۵ مخاطره‌های کارگاه، شکست‌ها، اثرات شکست، اعداد اولویت ریسک فازی و اقدامات اصلاحی نمایش داده‌شده‌است. در این کارگاه ۱۹ شکست عمده با میانگین RPN ۱۱۱.۸۵۴ شناسایی گردید.

جدول ۵: شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک کارگاه ریخته‌گری

ردیف	شکست بالقوه	اثر شکست	علت بالقوه/ مکانیزم شکست	شدت خطر	احتمال وقوع	احتمال تشخیص	RPN فازی	اقدامات اصلاحی پیشنهادی
				(بدبینانه، محتمل، خوشبینانه)				
۱	پاشش مذاب	پرتاب مذاب و سوختگی	حبس شدن هوا در داخل قطعات متخلخل (مثل پروفیل‌ها ولوله‌ها)	(۸،۹،۱۰)	(۶،۷،۸)	(۲،۳،۴)	۶۶۵/۳۳	حفظ فاصله مطمئنه از کوره و آموزش
۲	پاشش مذاب	پرتاب مذاب و سوختگی	ترکیدن بوته و یا نفوذ مذاب به بیرون از بوته	(۸،۹،۱۰)	(۸،۹،۱۰)	(۷،۸،۹)	۳۹۲/۶۶	استفاده از بوته‌های استاندارد و اهتمام به آموزش
۳	پاشش مذاب	برخورد مواد مذاب با کویل های مسی و انفجار کوره	خورده شدن جداره دیواره‌ی نسوز کوره القایی و خارج شدن دیواره از حالت یکنواختی	(۲،۳،۴)	(۸،۹،۱۰)	(۱،۱،۲)	۲۰۱/۶۶	بازرسی‌های مداوم کوره و چک کردن کاربر قبل از هرگونه بارگیری
۴	پاشش مذاب	شوتینگ مواد مذاب براثر وجود بخار در درجه‌ها	پیش‌گرم نکردن درجه ها	(۱،۲،۳)	(۶،۷،۸)	(۱،۱،۲)	۱۸۰/۰۰	الزام دانشجویان به مطمئن شدن از خشک شدن درجه‌ها
۵	بخار	سوختگی ناشی از افزایش حجم ناگهانی بخار	وجود رطوبت زیاد ماسه‌ها	(۱،۲،۳)	(۳،۴،۵)	(۶،۷،۸)	۱۵۵/۳۰	اهتمام بیشتر به آموزش، اطمینان از عدم مرطوب بودن ماسه
۶	ریختن مذاب	سوختگی	لبریز شدن پاتیل‌های مواد مذاب به هنگام حمل‌ونقل و جابجایی و جاری شدن مذاب در کف کارگاه	(۶،۷،۸)	(۵،۶،۷)	(۸،۹،۱۰)	۱۲۳/۳۳	توجه به متناسب بودن مقدار بارگیری پاتیل با ارتفاع آن
۷	پاشش جرقه	عیوب انکساری	تشعشات حرارتی	(۱،۲،۳)	(۱،۲،۳)	(۱،۱،۲)	۹۴/۰۰	استفاده از عینک‌های ایمنی به‌خصوص در مراحل آخر ذوب
۸	جریان نشتی از بدنه دستگاه‌ها	برق‌گرفتگی	اتصالی دستگاه‌ها	(۵،۶،۷)	(۶،۷،۸)	(۱،۲،۳)	۴۶/۶۶	بررسی مداوم کوره‌ها
۹	گرد و غبار	ایجاد بیماری‌های مختلف ریوی مثل سیلیکوز	پخش گرد و غبار مضر	(۶،۷،۸)	(۷،۸،۹)	(۲،۳،۴)	۵۱/۶۶	الزام به استفاده از ماسک
۱۰	نشتی گاز	پخش گاز به اطراف توسط کوران‌های محیطی سوختگی و مسمویت	آب بندی نامناسب درب‌های بارگیری	(۱،۲،۳)	(۱،۱،۲)	(۸،۹،۱۰)	۴۷/۳۳	آشنایی دانشجویان با علائم مسمومیت کربن دی‌اکسید و در دسترس قرار دادن لوازم احیا
۱۱	ریختن مذاب	سوختگی	پرتاب مذاب ناشی از گرم نشدن کافی مذاب و	(۷،۸،۹)	(۵،۶،۷)	(۲،۳،۴)	۴۱/۰۰	آموزش دانشجویان برای ایجاد سوراخ در سطح

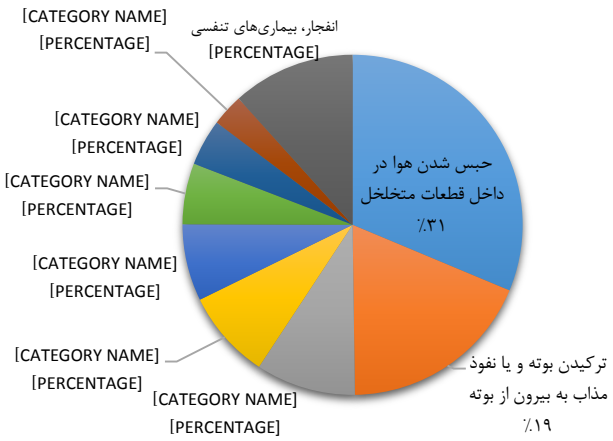
[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

ردیف	شکست بالقوه	اثر شکست	علت بالقوه/ مکانیزم شکست	شدت خطر	احتمال وقوع	احتمال تشخیص	RPN فازی	اقدامات اصلاحی پیشنهادی
				(بدبینانه، محتمل، خوشبینانه)				
			انجماد لایه‌ی فوقانی و تجمع بخار در زیر لایه‌ی جامد					مذاب
۱۲	افتادن درجه‌ها	شکستگی وکوفتگی پاها	افتادن درجه بر روی پاها هنگام حمل	(۲،۳،۴)	(۱،۲،۳)	(۱،۱،۲)	۲۸/۶۶	آموزش دانشجویان، اطمینان از توانایی
۱۳	اشتعال، سوختگی	سوختگی	اشتعال در اثر وجود منیزیم به ویژه در ریخته‌گری‌های آهن	(۱،۲،۳)	(۲،۳،۴)	(۱،۱،۲)	۲۳/۶۶	استفاده از مواد مانع رسیدن اکسیژن به پاتیل ذوب مثل آرگون
۱۴	در معرض تشعشعات قرار گرفتن	یونیزه شدن خون و سردردهای مداوم	تشعشات کوره القایی	(۱،۱،۲)	(۱،۱،۲)	(۱،۱،۲)	۲۲/۶۷	اطمینان از وجود یوک در دیواره‌ی کوره
۱۵	شدت نور	عیوب انکساری به دلیل شدت نور	تشعشعات حوضچه و راهگاه مذاب آن	(۷،۸،۹)	(۶،۷،۸)	(۱،۲،۳)	۱۰/۶۶	حفظ فاصله‌ی مطمئنه با حوضچه و راهگاه مذاب
۱۶	آلوده بودن تجهیزات به روغن	سوختگی، آتش‌سوزی	آتش‌سوزی براثر آلوده بودن ابزار و قطعات به روغن	(۳،۴،۵)	(۴،۵،۶)	(۱،۲،۳)	۱۰/۶۶	اطمینان از تمیز بودن ابزار
۱۷	شکست تجهیزات و ابزار	شکست ابزار و تجهیزات، سوختگی، کوفتگی و آتش‌سوزی	شکست تجهیزات و ابزار ناشی از عدم توجه به نقطه ذوب آن‌ها	(۲،۳،۴)	(۴،۵،۶)	(۱،۱،۲)	۷/۶۶	استفاده از ابزار استاندارد و آموزش
۱۸	آسیب در دستان	کوفتگی، شکستگی	گیرکردن انگشتان بین زنجیرهای الک برقی	(۱،۱،۲)	(۱،۲،۳)	(۱،۱،۲)	۳/۰۰	آموزش دانشجویان
۱۹	نشت گازهای آلاینده	انفجار حتی با کوچک‌ترین جرقه	افزایش غلظت گازهای اشتعال‌زا مثل اتان، بوتان، پروپان به ۵٪	(۴،۵،۶)	(۶،۷،۸)	(۱،۱،۲)	۱/۳۳	آموزش آشنایی با علائم مسمومیت و وجود گاز، اطمینان از تهویه مناسب کارگاه

از شکل ۶ واضح است که احتباس هوا در قطعات متخلخل بالاترین نمره‌ی اولویت ریسک را دارد. اولویت های بعدی عبارت‌اند از: ترکیدن بوته و نفوذ مذاب به بیرون و مستهلک شدن بوته و خطر انفجار آن.

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]



شکل ۶: نمودار نمره اولویت خطرپذیری کارگاه ریخته‌گری

بحث

این پژوهش با هدف شناسایی، ارزیابی و اولویت‌بندی مخاطرات موجود در دو کارگاه ریخته‌گری و ماشین افزار دانشگاه علم و صنعت ایران صورت گرفت. طبق مطالعات صورت‌گرفته اکثر پژوهش‌های موجود برای ارزیابی ریسک از روش FMEA استفاده می‌کنند(۲۱) و (۲۲). در این مطالعه سعی شده با استفاده از روش فازی دقت براوردهای فوق افزایش یابد. همانند بسیاری از مطالعات موجود در زمینه‌ی ارزیابی ریسک، مخاطرات مربوط به جریان الکتریسیته اعداد اولویت ریسک بالایی کسب می‌کنند (۱)، (۲) و (۶). اما با توجه به کم تجربه بودن کاربران در کارگاه‌های آموزشی، در این پژوهش ریسک‌های دیگری که ناشی از عدم آشنایی دانشجویان با ابزار و تجهیزات است اولویت بالاتری کسب کردند.

از میان ۱۰ ریسک شناخته شده در کارگاه ماشین افزار ۱۰٪ در سطح بالا (با RPN بیش از ۱۵۰)، ۳۰٪ در سطح متوسط (با RPN بین ۵۰ و ۱۵۰) و ۶۰٪ در سطح پایین هستند. اما از میان ۲۹ ریسک شناسایی شده در کارگاه ریخته‌گری، ۱۷٪ در سطح بالا، ۱۴٪ در سطح متوسط و ۳۱٪ در سطح پایین هستند. همانطور که مشخص است نتایج محاسبه شده با سایر مطالعات انجام شده در زمینه‌ی ارزیابی ریسک با روش FMEA تفاوت دارد. جواد کرمی (۲۰۲۰) در مقاله‌ی "شناسایی و ارزیابی مخاطرات ایمنی و بهداشتی در پژوهشکده‌ی هوا خورشید دانشگاه فردوسی مشهد با روش FMEA" بیشترین فراوانی ریسک‌ها را با ۵۰٪ فراوانی طبقه متوسط معرفی کرده‌است (۲۳). همچنین کامران نجفی و همکاران (۲۰۱۷) به ارزیابی ریسک در یک پروژه‌ی حفاری تونل پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در تمام ۱۲ واحد کاری بررسی شده، بیشترین فراوانی ریسک‌ها مربوط به طبقه‌ی متوسط است (۲۱). در پژوهش حاضر، بیشترین فراوانی کانون‌های خطر در سطح پایین (سطح قابل قبول در نمره‌ی RPN کسب شده) قرار دارد و نتایج حاصل با پژوهش‌های مذکور هم‌سو نیست که می‌تواند ناشی از عدم حذف کانون‌های ریسک با RPN بسیار پایین در محاسبات باشد. فلاح مدواری و همکاران به ارزیابی ریسک به روش FMEA و بررسی تاثیر پیاده‌سازی سیستم مدیریت یکپارچه (IMS) و بر کاهش RPN پرداختند، با توجه به این‌که فقط دو سطح قابل قبول و غیر قابل قبول برای دسته‌بندی RPN ها معرفی کردند، اکثریت فعالیت‌های معرفی شده در سطح قابل قبول قرار گرفتند (۲۴) که نتایج از این نظر با پژوهش حاضر هم‌سو است.

درکارگاه ماشین‌افزار پرتاب شدن آچار سه‌نظام به دلیل باز نکردن دوباره آن از روی سه‌نظام بعد از بستن قطعه با اختلاف زیادی از بقیه موارد نمره‌ی اولویت خطرپذیری بالایی دارد. پس‌ازآن نفوذ پلیسه‌های ناشی از تراشکاری به چشم، برق‌گرفتگی ناشی از اتصالی، داخل شدن قلم تراشکاری در حین تیز نمودن آن در دستگاه سنگ و ورود پلیسه های

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

تراشکاری به دست‌ها به دلیل لمس سطح قطعه کار در حال چرخش در رتبه‌های بعدی قرار دارد.

درکارگاه ریخته‌گری حبس شدن هوا درون قطعات متخلخل هنگام ذوب بیشترین خطر را دارد چراکه هوای حبس شده درون پروفیل‌ها یا حفره‌ها تحت حرارت منبسط‌شده و با فشار زیاد از منافذ ایجادشده به بیرون پرتاب می‌شود که می‌تواند باعث پرتاب مذاب شود. اولویت های بعدی عبارت‌اند از:ترکیدن بوته و نفوذ مذاب به بیرون و پرتاب شدن مذاب در اثر تماس با گاز مشتعل کننده کوره، خورده شدن تدریجی دیواره داخلی کوره و برخورد مواد مذاب با کویل های مسی کوره و انفجار آن‌ها و شوتینگ مواد مذاب هنگام ریخته‌گری براثر رطوبت باقی‌مانده در درجه‌ها که ناشی از پیش گرم نکردن درست و کامل آن‌ها است.

نتایج به دست آمده نشان داد علی رغم سادگی اقدامات کنترلی، عدم انجام هریک از آن‌ها می‌تواند باعث بروز سوانح ایمنی شود. به عنوان مثال اطمینان از عدم وجود رطوبت در ماسه ریخته‌گری می‌تواند در ابتدای شروع فعالیت توسط ناظر کارگاه صورت گیرد، اما عدم انجام آن و آشنا نبودن دانشجو با اقدامات کنترلی یا سهل‌انگاری در اجرای آن‌ها می‌تواند به‌راحتی باعث بروز حوادث ناشی از حرارت و پرتاب مذاب شود. بیشترین RPN های محاسبه شده در کارگاه ماشین‌افزار مربوط به خطرات ناشی از استفاده‌ی نادرست از ماشین‌تراش بود. با توجه به استاندارد بودن دستگاه‌ها، اولویت اقدامات اصلاحی با آموزش صحیح دانشجویان و تهیه چک‌لیست پیش از شروع کار است. استفاده از روش فازی، و همچنین استفاده از خرد جمعی و کار گروهی (که از نقاط قوت مطالعه‌ی پیش رو نیز محسوب می‌شود) می‌تواند در کاربرد و قابل اعتماد بودن نتایج حاصله مفید باشد. از جمله محدودیت‌های موجود در زمان تهیه گزارش، می‌توان به فقدان مستندات لازم برای مطالعه‌ی تمام فعالیت‌هایی که در کارگاه صورت می‌گیرد و روش اصولی و علمی انجام فعالیت‌ها اشاره‌کرد. در کارگاه ماشین‌افزار فعالیت‌های بسیار زیادی از قبیل ساخت انواع چرخ‌دنده‌های پیچیده، عملیات سنگ‌زنی، کف‌سابی، کله‌زنی انجام می‌شود، اما در این گزارش فقط فعالیت دانشجویان مقطع کارشناسی مهندسی صنایع بر اساس سیلابس درس کارگاه ماشین‌افزار ۱ مورد بررسی قرارگرفته‌است. همینطور در کارگاه ریخته‌گری و مدل‌سازی نیز تولید انواع آلیاژهای سفارشی، خراطی و سایر پروژه‌های صنعتی و تحقیقاتی انجام می‌شود که فقط مجموعه فعالیت‌های منطبق بر سیلابس درسی دانشجویان مهندسی صنایع مورد بررسی قرار گرفته‌است.

نتیجه گیری

علی‌رغم استاندارد بودن تجهیزات و ماشین‌آلات ، کماکان حوادث جزیی در کارگاه‌های ماشین‌افزار و ریخته‌گری به وقوع می‌پیوندد. این حوادث تقریبا در تمام موارد ناشی خطاهای دانشجویان است که دو دلیل عمده دارد: ۱. بی توجهی و سهل انگاری دانشجویان در محیط کارگاه و ۲. عدم آشنایی کامل با نحوه‌ی کار با دستگاه‌ها و خطرات بالقوه‌ی آن‌ها. لذا آموزش مسائل ایمنی و برگزاری جلسات آموزشی در ابتدای ترم و پیش از حضور در کارگاه می‌تواند در کنترل مخاطرات موثر باشد. به نظر می‌رسد یکی از راه‌های توسعه‌ی پژوهش حاضر، تدوین یک پژوهش برای ارزیابی و شناسایی کانون‌های ریسک به تفکیک انواع ماشین‌آلات و محیط باشد. همچنین در نظر گرفتن فاکتورهایی مانند عدم قطعیت در محاسبات می‌تواند در بهبود دقت اندازه‌گیری RPN موثر باشد.

تقدیر و تشکر

از آنجاییکه اجرای پروژه‌ی پیش رو بدون استفاده از تجربیات خبرگان کارگاه‌ها غیرممکن بود. لذا از زحمات آقایان مهندس زیوری مسئول کارگاه ماشین‌افزار دانشکده مهندسی صنایع و مهندس شیخ علیزاده مسئول کارگاه ریخته‌گری دانشکده مهندسی متالورژی، کمال تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

مشارکت نویسندگان

طراح پژوهش: ر.ق

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]
[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

جمع‌آوری داده، نگارش و اصلاح مقاله: ا.ر

بازبینی مقاله: م.ج

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

منابع

1. Work Injury Costs. Available from: https://injuryfacts.nsc.org/work/costs/work-injury-costs/ . 2019.
2. Death of 15997 people in working place accidents in 10 years: Iranian Legal Medicine Organization;. Available from: https://bit.ly/2MuRHg3. 2018.
3. Harrison L. Environmental, health, and safety auditing handbook: McGraw-Hill; 2018.
4. Ghousi R, Khanzadi M, Mohammadi Atashgah K. A Felexible Method of Bulding Construction Safty Risk Assesment and Investments Financial Aspect of Safty Program. International Journal of Optimization in Civil Engineering. 2018;8(3):433-52.
5. Cheng C-W, Leu S-S, Lin C-C, Fan C. Characteristic analysis of occupational accidents at small construction enterprises. Safety Science. 2010;48(6):698-707.
6. Al-Anbari S, Khalina A, Alnuaimi A, Normariah A, Yahya A. Risk assessment of safety and health (RASH) for building construction. Process Safety and Environmental Protection. 2015;94:149-58.
7. Chin K-S, Chan A, Yang J-B. Development of a fuzzy FMEA based product design system. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2008;36(7-8):633-49.
8. Wang Y-M, Chin K-S, Poon GKK, Yang J-B. Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. Expert systems with applications. 2009;36(2): 1195-207.
9. Zhang Z, Chu X. Risk prioritization in failure mode and effects analysis under uncertainty. Expert Systems with Applications. 2011;38(1): 206-14.
10. Xu K, Tang LC, Xie M, Ho SL, Zhu M. Fuzzy assessment of FMEA for engine systems. Reliability Engineering & System Safety. 2002;75(1):17-29.
11. Chang K-H, Cheng C-H, Chang Y-C. Reprioritization of failures in a silane supply system using an intuitionistic fuzzy set ranking technique. Soft Computing. 2010;14(3):285.
12. Yang Z, Xu B, Chen F, Hao Q, Zhu X, Jia Y, editors. A new failure mode and effects analysis model of CNC machine tool using fuzzy theory. The 2010 IEEE International Conference on Information and Automation. IEEE ; 2010.
13. Bukowski L, Feliks J, editors. Application of fuzzy sets in evaluation of failure likelihood. 18th International Conference on Systems Engineering (ICSEng'05). IEEE; 2005.
14. Tay KM, Teh CS, Bong D, editors.

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

Development of a Fuzzy-logic-based Occurrence Updating model for Process FMEA. 2008 International Conference on Computer and Communication Engineering. IEEE; 2008.

15. Guimarães ACF, Lapa CMF. Fuzzy FMEA applied to PWR chemical and volume control system. Progress in Nuclear Energy. 2004;44(3): 191-213.
16. Shirouyehzad H, Badakhshian M, Dabestani R. The Identification and Control of Failure Preferences in ERP Implementation Using FMEA. Proceeding of 13th WMCSCI. 2009:232-7.
17. Press D. Guidelines for failure modes and effects analysis for medical devices: CRC Press; 2018.
18. Stamatis DH. Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution: Quality Press; 2003.
19. Tay KM, Lim CP. Fuzzy FMEA with a guided rules reduction system for prioritization of failures. International Journal of Quality & Reliability Management. 2006.
20. George B, Maria B. Fuzzy logic for business, finance, and management: World Scientific; 2007.
21. Najafi K, Kazemi Rad J, Ghanbari M, Hejazi R, Kashfi M. Identification and Assessment of Occupational Risks in Mechanized Excavation of Metro Tunnel using the Failure Mode and Effects Analysis Technique (FMEA). Occupational hygene and health promotion journal. 2017;1(2):129-42. [Persian]
22. Fashi Ramandi F. Investigating the Correlation between Risk Assessment Results with Performance Indicators of Accidents in a Container Terminal. Occupational hygene and health promotion journal. 2018;2(2):122-32. [Persian]
23. Karami j. Health and Safety Hazard Identification and Evaluation in Sun Air Reaserch Institiute of Ferdowsi University of Mashhad Using the FMEA Approach. Occupational hygene and health promotion journal. 2020;4(1):81-93. [Persian]
24. Fallah Madvari R, Fallah Madvari A, Mosafarkhani M, Mohammadian Y, Laal F. Risk Assessment by FMEA Method and the Impact of Deploying an Integrated Management System (IMS) Risk Priority Number (RPN). Occupational hygene and health promotion journal. 2018;2(1): 32-9. [Persian]

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]

Risk assessment of workshops at Iran University of Science and Technology Using Fuzzy FMEA

Amir Hossein RADMAN KIAN[1],Rouzbeh GHOUSI*[2], Mahdi JANINASAB[3]

Original Article

Received: 2019/03/18
Accepted: 2020/06/25

Citation:

RADMAN KIAN AH, GHOUSI R, JANINASAB M. Risk assessment of workshops at Iran University of Science and Technology Using Fuzzy FMEA. Occupational Hygiene and Health Promotion 2020; 4(2): 167-182.

Abstract

Introduction: Many safety accidents in various industries are caused by poor safety culture of employees. Therefore, safety training can play an essential role in reducing workplace accidents and any damage to students. According to the importance of university workshops, the purpose of this study was to identify and assess the safety and health risks of the foundry and machinery workshops of Iran University of Science and Technology.

Methods: This descriptive study was conducted at Iran University of Science and Technology in the 2018. After identifying risks, the Fuzzy Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) technique was used to identify and assess the RPN number of risks which is calculated by multiplying of **Severity** x **Occurrence** x **Detection** and all risks were prioritized based on the calculated RPNs. Finally, corrective actions are presented to reduce injury risks.

Results: The RPN range of 10 potential hazards in the machinery workshop calculated from 5.8 to 230.3, and the RPN range of 19 potential hazards in the foundry workshop calculated from 1.3 to 665.3. The danger of " throwing lathe chuck wrench " with RPN=230/33 in machinery workshop and "melt throwing due to air retention in metal parts " with RPN=665/33 in foundry workshop received the top priorities.

Conclusion: Based on the calculated results, it is expected that the implementation of proposed corrective actions and the development of educational programs to promote students' safety culture Scan reduce the level of existing risks significantly.

Keywords: Risk Assessment, University Workshops, Failure Modes, Risk Priority Number, Fuzzy Approach

[1] B.S. , Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran
[*] (Corresponding Author: E-mail: ghousi@iust.ac.ir)
[3] M.Sc, Industrial Engineering, Department of Industrial Engineering, School of Industrial Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran

[Downloaded from ohhp.ssu.ac.ir on 2026-01-31]

[DOI: 10.18502/ohhp.v4i2.3991]