Original article

Risk Factor Assessment in a Carpet Manufacturing Company Using the Failure Modes and Effects Analysis in Mazandaran

Solale Ramzani[1*]
Seyed Taghi Mirmohammadi[2]

1- MSc Student of Occupational Health, Occupational Health Department, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
2- Assistant Professor, Occupational Health Department, Faculty of Health, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

***Corresponding author:** Solale Ramzani, Occupational Health Department, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

Email: solale.ramzany@gmail.com

Received: 16 July 2018
Accepted: 09 February 2019

ABSTRACT

Introduction and purpose: The most prevalent accidents and injuries occur in industries. Risk assessment and risk management are the basis for planning to provide solutions and control hazards. Therefore, the present study aimed to identify and assess the workplace hazards using the failure mode and effects analysis (FMEA) approach in a carpet manufacturing company located in Mazandaran.

Methods: The current study utilized FMEA approach to evaluate the potential risk factors. Some units of carpet manufacturing company including 8 different workstations were assessed with 60 employees. Furthermore, failure modes and effects, as well as the causes of the failure of each component, were evaluated in this study. Subsequently, the Risk Priority Number of each workstation was separately calculated and the crisis level of each risk was prioritized.

Results: According to the results of the study, out of 55 risk factors identified in 8 different workstations at the factory, 18.2 %, 67.3%, and 14.5% of these risk factors were within acceptable, unacceptable, and emergency level, respectively. Moreover, the units, including painting, dipping, extrusion, and assembly obtained the highest risk frequency in terms of explosion and electric shock.

Conclusion: According to the results of this study, workers are highly susceptible to occupational accidents and injuries due to the presence of high risks factors in the above-mentioned unit. Although FMEA approach is applicable to identify the potential failures in work-related accidents, it is recommended using Preliminary Risk Assessment Method in order to conduct a more exact and comprehensive assessment.

Keywords: Failure mode and effects analysis method, Risk assessment, Work-related accident, Workstation

▶ **Citation:** Ramzani S, Mirmohammadi ST. Risk Factor Assessment in a Carpet Manufacturing Company Using the Failure Modes and Effects Analysis in Mazandaran . Journal of Health Research in Community. Winter 2019;4(4): 54-62.

مقاله پژوهشی

ارزیابی عوامل خطر با استفاده از روش FMEA در یکی از صنایع تولید فرش و موکت استان مازندران

سلاله رمضانی[1*]
سید تقی میرمحمدی[2]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲. استادیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

* نویسنده مسئول: سلاله رمضانی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: solale.ramzany@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۰

چکیده

مقدمه و هدف: بیشترین فراوانی حوادث در صنایع مشاهده می‌شود. ارزیابی و مدیریت ریسک، زیربنای برنامه‌ریزی و ارائه راه حل کنترلی برای خطرات می‌باشد. در این راستا، پژوهش حاضر با هدف شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن در یکی از صنایع تولید فرش و موکت در استان مازندران انجام شد.

روش کار: در این مطالعه از روش تجزیه و تحلیل شکست برای ارزیابی خطرات موجود استفاده گردید. تعدادی از واحدهای کاری کارخانه تولید فرش و موکت شامل هشت ایستگاه کاری مختلف همرا با ۶۰ شاغل ارزیابی شدند و حالات شکست، اثرات شکست و دلایل شکست خطاها محاسبه گردید. در ادامه، عدد اولویت‌بندی ریسک هر ایستگاه کاری محاسبه شد و سطوح بحران آن اولویت‌بندی گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از مطالعه حاضر نشان دادند که از ۵۵ ریسک‌فاکتور شناسایی‌شده بین هشت ایستگاه کاری مختلف در این کارخانه، ۱۸/۲ درصد از آن‌ها در محدوده قابل‌قبول، ۶۷/۳ درصد در سطح غیرقابل‌قبول و ۱۴/۵ درصد از خطرات در سطح اضطراری قرار دارند. بر مبنای نتایج، بالاترین ریسک به انفجار و برق‌گرفتگی در واحدهای نقاشی، دیگ‌سازی، اکستروژن و مونتاژ اختصاص داشت.

نتیجه‌گیری: براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر می‌توان گفت که به دلیل بالابودن ریسک‌های ناشی از واحدهای فوق، امکان آسیب‌زایی و رخ‌دادن حوادث شغلی برای افراد شاغل در کارخانه وجود دارد. با وجود کاربردی‌بودن روش FMEA (Failure Mode Effects and Criticality Analysis) در تعیین ریسک‌فاکتورهای حوادث شغلی، پیشنهاد می‌شود از روش تکمیلی ارزیابی مقدماتی خطر برای ارزیابی دقیق‌تر و کامل‌تر این فرایند استفاده شود.

کلمات کلیدی: ارزیابی ریسک، ایستگاه کاری، حوادث ناشی از کار، روش FMEA

◀ **استناد:** رمضانی، سلاله؛ میرمحمدی، سید تقی. ارزیابی عوامل خطر با استفاده از روش AEMF در یکی از صنایع تولید فرش و موکت استان مازندران. مجله تحقیقات سلامت در جامعه، زمستان ۱۳۹۷؛۴(۴): ۶۲-۵۴.

مقدمه

یکی از تبعات منفی رشد تکنولوژی در جوامع بشری، بروز حوادث گوناگون از جمله حوادث ناشی از کار و بیماری‌های

شغلی می‌باشد که هر ساله تعداد بی‌شماری از انسان‌ها را در واحدهای صنعتی و تولیدی دچار مشکلات و رنج‌های فراوان می‌کند [۳-۱]. براساس گزارش سازمان ILO (International Labour Organization) سالانه حدود ۳۱۷ میلیون حادثه رخ می‌دهد و به دلیل وقوع حوادث شغلی و یا بیماری‌های مرتبط با کار، حدود ۶۳۰۰ فرد در معرض بیماری‌های مرتبط با کار قرار دارند؛ در نتیجه هزینه اقتصادی این حوادث حدود ۴ درصد از تولید ناخالص داخلی جهان می‌باشد [۱]. مهم‌ترین بخش از هر برنامه ایمنی و بهداشتی و به عبارت کامل‌تر هر سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت، شناسایی خطرات بوده و در حقیقت موتور سیستم محسوب می‌شود. ابتدا باید خطرات را شناسایی نمود تا بتوان براساس آن راه مقابله و حذف خطر را پیشنهاد کرد و اهداف و برنامه‌های ایمنی بهداشت خود را تنظیم نمود. شایان ذکر است که هرچه شناسایی خطر دقیق‌تر باشد، سیستم مورد نظر عملکرد بهتری خواهد داشت [۲].

به‌طور کلی، دو نوع شکست شامل شکست عملکردی و شکست بالقوه وجود دارد. شکست عملکردی، ناتوانی یک جزء دارای یک عملکرد استاندارد ویژه می‌باشد و شکست بالقوه، شناسایی وضعیت فیزیکی است که نشان‌دهنده قریب‌الوقوع‌بودن یک شکست کاربردی می‌باشد [۳]. هنگامی که یک شکست رخ می‌دهد، لازم است تجزیه و تحلیل آن صورت پذیرد [۴]. برای به حداقل رساندن تلفات و اثرات نامطلوب بر روند تولید بهتر است با استفاده از سیستم‌های نوین مدیریتی و مهندسی، فرهنگ زیربنایی توسعه پایدار را در تمامی نهادها، سازمان‌ها و حتی مراکز آموزشی ایجاد کرد و در این زمینه عملکرد سازمان‌ها را به سوی بهبود مستمر سوق داد [۵]. ارزیابی ریسک یک روش منطقی برای بررسی خطرات می‌باشد که به شناسایی خطرات و پیامدهای بالقوه آن‌ها بر افراد، مواد، تجهیزات و محیط می‌پردازد. در حقیقت از این طریق، داده‌های باارزش برای تصمیم‌گیری در زمینه کاهش ریسک خطرات، بهسازی محیط اطراف تأسیسات خطرناک، برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، سطح ریسک قابل‌قبول، خط‌مشی‌های بازرسی و نگهداری در تأسیسات صنعتی و موارد دیگر فراهم می‌شود [۶].

طی سالیان اخیر روش‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک توسعه یافته است. یکی از این روش‌ها، شیوه حالت‌های شکست و تجزیه و تحلیل پیامد (FMEA) می‌باشد. این روش اولین بار برای تجزیه و تحلیل سیستماتیک حالت‌های شکست و پیامدهای متعاقب آن‌ها در محصولات نظامی به‌ویژه در صنعت هوانوردی مورد استفاده قرار گرفت [۷].

حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثر آن مانند تمام روش‌های تحلیل مخاطرات، قابلیت شناسایی و ارزیابی مخاطرات را دارد. مهم‌ترین دستاورد این روش، تعیین عناصر آسیب‌پذیر فرایند و مناطق بحرانی سیستم است که با درنظرگرفتن شاخص کمی هر خرابی، تأثیر به‌سزایی بر کاهش مخاطرات و هزینه عملیاتی و تعمیراتی واحد دارد. نگاه سخت‌افزاری FMEA این امکان را برای سیستم فراهم می‌کند که با شناسایی زودهنگام حالات بالقوه خرابی و رفع آن‌ها، علاوه بر کاهش میزان خسارات احتمالی، سطح ایمنی و قابلیت اعتماد فرایند را بهبود بخشد [۸] و به‌عنوان یک ابزار تجزیه و تحلیل ایمنی و قابلیت اطمینان در صنایع مختلف به‌ویژه هوافضا، خودروسازی، هسته‌ای و بهداشت و درمان مورد استفاده قرار می‌گیرد [۹].

FMEA به‌طور گسترده‌ای توسط متخصصان مورد استفاده قرار گرفته و به روشی استاندارد در صنایع آمریکا، اروپا و ژاپن تبدیل شده است [۱۰]. فواید FMEA شامل: پیش‌بینی و جلوگیری از مشکلات، کاهش هزینه‌ها، کوتاه‌شدن زمان توسعه محصول و دستیابی به محصولات و فرایندهای امن و بسیار قابل‌اعتماد می‌باشد [۱۱].

Lin در مطالعه‌ای عنوان نمود که FMEA روش مناسبی برای حل مشکلات احتمالی در تحقیقات ارزیابی قابلیت اطمینان است [۱۲]. Masini نیز در مطالعه خود FMEA را یک ابزار ساده و عملی جهت تجزیه و تحلیل سیستماتیک ریسک در

پرتودرمانی معرفی نمود [۱۳]. از سوی دیگر، عربیان و همکاران در سال ۲۰۱۰ با استفاده از روش FMEA به تجزیه و تحلیل خطاهای سیستم توربین‌های بادی پرداختند و با کمک این تکنیک، راه‌کارهایی را برای ارتقای طراحی توربین‌های بادی ارائه نمودند [۱۴]. توانمندی FMEA در تجزیه و تحلیل خطرات به حدی است که از این تکنیک در صنایع با ریسک آسیب‌رسانی بالا مانند صنعت هوانوردی و نیروگاه اتمی به‌منظور پیشگیری از وقوع حوادث استفاده می‌شود [۱۵]. کارآمدی روش FMEA موجب شده است که علاوه بر صنایع، در مراکز بهداشتی- درمانی نیز از آن به‌منظور بهبود وضعیت ایمنی بیماران و ارائه خدمات اضطراری پزشکی استفاده شود [۱۶].

به‌طور کلی، حساسیت یا ارزیابی ریسک در FMEA به واسطه عدد اولویت ریسک (RPN: Risk Priority Number) از هر حالت شکست از ضرب نمرات فاکتورهای ریسک شامل: احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف به‌دست می‌آید. با این حال در بسیاری از موارد روش RPN مرسوم، نقاط ضعف مهمی را در مورد منطق رویکرد نشان می‌دهد؛ بنابراین طیف گسترده‌ای از روش‌ها در متون مختلف برای غلبه بر کاستی‌ها و بهبود اثربخشی، FMEA معمول را ارائه می‌کنند [۱۷]. پس از محاسبه RPN هر شکست، مدیر می‌تواند RPN را از بزرگ‌تر به کوچک‌تر گروه‌بندی کند و به شکست با RPN بالاتر به‌عنوان مهم‌ترین ریسک توجه بیشتری نماید [۱۸].

با توجه به موارد بیان‌شده، هدف از مطالعه حاضر به‌دست‌آوردن یک نمای کلی از خطرات موجود در یک واحد صنعتی می‌باشد که کارگران در آن با خطرات گوناگونی مواجه هستند. شناسایی این خطرات و تطابق آن‌ها با اقدامات کنترلی موجود، اطلاعات دقیق‌تری از سطح ایمنی در بخش‌های مختلف آن را به‌دست خواهد داد. نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، نگاهی پیشگیرانه و آینده‌نگر را نسبت به خطرات پیش رو در فرایندهای مختلف برای مدیران و مسئولان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای شرکت مذکور فراهم خواهد کرد. همچنین از طریق این داده‌ها می‌توان خطرات احتمالی را اولویت‌بندی کرد و نسبت به رفع یا کاهش آن برنامه‌ریزی دقیق، اقتصادی و مدیریتی انجام داد.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع توصیفی- مقطعی بوده و در آن تمامی فعالیت‌ها و ماشین‌آلات واحدهای مختلف یکی از صنایع تولید فرش و موکت استان مازندران با استفاده از روش سرشماری و با توجه به الگوریتم روش ارزیابی ریسک حالات شکست و تجزیه و تحلیل اثرات آن‌ها (FMEA) ارزیابی شدند.

برای انجام این مطالعه ابتدا بازدید اولیه‌ای توسط تیم ارزیابی ریسک از کل کارخانه به عمل آمد و نحوه فعالیت‌ها و فرایندهای موجود در هر واحد به دقت مورد بررسی قرار گرفت و تمام خطرات محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و غیره موجود که به‌عنوان تهدیدی برای ایمنی مطرح بودند و همچنین حالات هر خطر تجزیه و تحلیل شدند و مشخص گردید که در صنعت مورد نظر، هشت واحد شامل: نقاشی، آهارزنی، دایکاس‌ت، اکستروژن، مونتاژ، دیگ‌سازی، دایکاست بانوان و جوشکاری همراه با ۶۰ شاغل وجود دارد و در بیشتر واحدها تقریباً فعالیت‌های مشابه و زیادی وجود دارد که خطرات مربوط به هرکدام به‌صورت بالقوه می‌تواند به محیط، تجهیزات، مواد، انسان و غیره آسیب برسانند.

تعیین شدت خسارت

با توجه به اینکه ارزیابی شدت اثر باید براساس آگاهی و خبرگی افراد گروه انجام شود و از آنجایی که هر خطر آثار متفاوتی دارد و می‌بایست اثر خطر را درجه‌بندی کرد و نه خطر را و نیز با توجه به اینکه برای خطراتی که می‌توانند چندین اثر داشته باشند، هر اثر دارای درجه شدت خود می‌باشد، تیم ارزیابی ریسک، نمره عددی شدت اثر را برای خطرات شناسایی‌شده تعیین

جدول ۱: RPN خطرات شناسایی‌شده در کارخانه تولید فرش و موکت

نام مکان مورد مطالعه	تعداد خطر شناسایی‌شده	مجموع RPN	میانگین RPN
هشت ایستگاه کاری	۵۵	۷۲۸۱	۱۳۲/۳۸

نمود (جدول ۱) [۱۹].

تعیین احتمال وقوع شکست

این سیستم امتیازدهی می‌تواند براساس نظر تیم ارزیابی ریسک تغییر یابد. احتمال وقوع خسارت یک مفهوم آماری بوده و براساس تجربه و دانش فنی تیم ارزیابی ریسک می‌تواند طرح‌ریزی شده و مورد استفاده قرار گیرد. برای تعیین درجه وقوع در مواردی که داده‌های واقعی در مورد یک خطر در جدول ۱ وجود نداشت، تیم FMEA بالاترین درجه وقوع شکست را در نظر گرفتند. البته در بیشتر موارد، افراد تیم دلیل ایجاد خطر را با کمک مصاحبه حضوری با مهندسین، کارگران باتجربه و واحد تعمیرات کارخانه کشف نمودند و به این ترتیب سنجش درجه وقوع خطر، بهتر صورت پذیرفت [۱۰].

تعیین نرخ احتمال کشف

احتمال کشف، نوعی ارزیابی از میزان توانایی سیستم جهت شناسایی یک علت یا مکانیزم وقوع خطر می‌باشد. در امتیازدهی درجه کشف، اعضای تیم، کنترل‌های موجود ایمنی تجهیزات را بازبینی نمودند و در صورت نبود کنترل‌های جاری، احتمال کشف خطر بالقوه را بسیار کم تلقی کردند و در نتیجه، درجه کشف را بسیار بالا و در حد ۹ یا ۱۰ محاسبه نمودند [۱۹]. لازم به ذکر است که درجه احتمال کشف خطر براساس جدول ۲ تعیین گردید.

نمره اولویت ریسک (RPN)

در روش FMEA از حاصل ضرب شدت در احتمال وقوع در میزان کشف عامل خطر به‌دست می‌آید و می‌تواند از ۱ تا ۱۰۰ متغیر باشد. هرچه این عدد بیشتر باشد، خرابی شدیدتر بوده و عواقب وخیم‌تری را به‌همراه دارد. در نهایت با استفاده از RPN به‌دست‌آمده می‌توان آن را در سه گروه بحران‌های ضعیف (۹۹-۱)، بحران‌های متوسط (۱۴۹-۱۰۰) و بحران‌های مهم (۱۰۰۰-۱۵۰) قرار داد. شایان ذکر است که بحران‌های متوسط و مهم به اقدامات کنترلی فوری نیازمند هستند.

جدول ۲: سطح بحران خطرات شناسایی‌شده در کارخانه فرش و موکت

تعداد خطرات ضعیف	تعداد خطرات متوسط	تعداد خطرات مهم
۱۰	۳۷	۸

با توجه به جدول ۳ که نمونه‌ای از کاربرگ تکمیل‌شده به روش FMEA می‌باشد، کارخانه مورد نظر به لحاظ ریسک ارزیابی شد. با توجه به این کاربرگ، نرخ وخامت خطر براساس اثرات شکست، نرخ احتمال وقوع براساس علل یا مکانیسم بالقوه شکست و نرخ احتمال کشف براساس کنترل‌های موجود در فرایند برآورد گردید و برای بهبود وضعیت ریسک و کاهش آن، توصیه‌های ایمنی توسط تیم ارزیابی ریسک به اطلاع مدیریت ارشد رسید تا اقدامات کنترلی و پیشنهادی در کاربرگ FMEA درج شود.

از آنجایی که در این مقاله خطرات هشت ایستگاه کاری مورد بررسی قرار گرفت و سپس تأثیرات آن بر افراد شاغل ارزیابی گردید، هیچ‌گونه آزمایشی به‌طور مستقیم در مورد افراد شاغل انجام نشد و افراد با رضایت کامل در مطالعه حضور یافتند. روش کسب اطلاعات به‌صورت بازدیدهای میدانی، چک‌لیست و مصاحبه صورت گرفت.

جدول ۳: نمونه کاربرگ تکمیل‌شده FMEA

شغل/فعالیت/تجهیزات	خطرات	علت خطر	پیامد	اقدامات کنترلی موجود	احتمال وقوع	شدت	احتمال کشف	RPN	رتبه ریسک	اقدامات کنترلی پیشنهادی
روشن‌کردن مشعل و فن	برق‌گرفتگی	اتصالی	شوک و مرگ	اتصال به زمین تابلو برق	۷	۳	۵	۱۰۵	M	نصب کف‌پوش عایق استفاده از کفش ایمنی
آوردن بشکه چسب کنار دستگاه	افتادن بشکه	حمل با دست	آسیب پا	ندارد	۲	۳	۵	۳۰	L	پوشیدن کفش ایمنی
	حمل بار	سنگینی بار	اختلالات اسکلتی-عضلانی	ندارد	۲	۴	۹	۷۲	L	آموزش حمل صحیح بار

یافته‌ها

مطابق با نتایج ثبت‌شده در برگه‌های کاری FMEA، در این مطالعه ۵۵ خطر شناسایی گشته و بررسی شد و نتایج در هشت کاربرگ اختصاصی FMEA ثبت گردید. فراوانی خطرات و مجموع RPN مطالعه در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است. بر پایه اطلاعات جدول ۴، میانگین RPN در بخش‌های گوناگون این کارخانه در واحدهای مختلف، متفاوت می‌باشد.

بنابراین اگر خطرات ضعیف را معادل ریسک‌های قابل‌قبول، خطرات متوسط را معادل ریسک‌های غیرقابل‌قبول و خطرات مهم را معادل ریسک‌های اضطراری در نظر بگیریم، آنگاه ۱۸/۲ درصد از خطرات مشاهده‌شده قابل‌قبول، ۶۷/۳ درصد از خطرات غیرقابل‌قبول و ۱۴/۵ درصد از خطرات در سطح اضطراری قرار دارند.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان به قابلیت و گستره وسیع روش FMEA در ارزیابی‌های غیرصنعتی مانند زیست محیطی پی برد. در این پژوهش شناسایی ریسک به دو گروه مصنوعی و طبیعی تقسیم گردید و تغییراتی در رتبه‌بندی نرخ‌های تعریف‌شده مانند نرخ شدت اثر، احتمال وقوع و کشف ایجاد شد؛ برای مثال در جداول قراردادی ابزار مورد استفاده شدت پیامد و احتمال وقوع آن، اعداد از یک تا چهار و در جدول احتمال کشف، در سه دسته

جدول ۴: میانگین RPN بخش‌های مختلف کارخانه تولید فرش و موکت

نام بخش	میانگین RPN	نام بخش	میانگین RPN
نقاشی	۱۲۵/۸	مونتاژ	۱۹۰/۲
آهارزنی	۵۸/۳۷	دیگ‌سازی	۱۳۷/۱
دایکاست	۲۰۱/۵	دایکاست بانوان	۷۸
اکستروژن	۱۳۱/۸	جوشکاری	۱۱۱/۵

تقسیم گردیدند [۱۴]. این تغییرات عامدانه، حکایت از قدرت انعطاف‌پذیری کاربرد FMEA در شرایط مختلف دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

از ۵۵ مورد خطر بالقوه‌ای که به روش FMEA در کارخانه تولید فرش و موکت شناسایی گردیدند، هشت مورد به‌عنوان خطرات دارای ریسک بالا شناخته شدند. بالاترین شدت اثر (S) مربوط به انفجار و برق‌گرفتگی در واحدهای نقاشی، دیگ‌سازی، اکستروژن و مونتاژ بود که با توجه به اقدامات کنترلی موجود با وجود شدت اثر بالا، سطح بحران آن اضطراری نبود؛ بلکه متوسط ارزیابی گردید. با توجه به تشابه در ریسک‌های شناسایی‌شده در اغلب بخش‌ها می‌توان

از روش‌های کنترلی مشابه برای اصلاح فرایند استفاده کرد که این امر در کاهش هزینه و وقت، مفید واقع خواهد شد؛ به‌طور مثال بخش‌های اکستروژن، مونتاژ، دیگ‌سازی و نقاشی دارای ریسک برق‌گرفتگی می‌باشند که از طریق سامانه‌های عیب‌یابی خودکار و با عایق‌کاری مناسب و بررسی‌کردن دوره‌ای آن‌ها می‌توان از سطح ریسک این دو کاست.

با توجه به جدول ۳ که از طریق مرتب‌کردن میانگین RPN بخش‌های ارزیابی‌شده به‌دست آمده است، می‌توان بالاترین و پایین‌ترین سطح بحران و موارد بینابین آن‌ها را تشخیص داد. با توجه به محاسبه مقدار RPN برای هریک از ریسک‌های شناسایی‌شده می‌توان پی برد که در مجموع هریک از بخش‌ها به‌ترتیب چه سطح ریسکی دارند؛ در نتیجه می‌توان بسیار سریع‌تر بخش‌هایی که با بالاترین میزان بحران درحال کار هستند را پیدا کرد و نسبت به روش‌های کنترلی ریسک آن قسمت اقدام نمود.

بر مبنای نتایج، بالاترین میزان RPN مربوط به نصب پولکی به پره‌ها به وسیله جوش در ایستگاه کاری مونتاژ بود؛ بنابراین امکان مرگ به دلیل نبود سیستم ارت وجود دارد؛ در نتیجه در این قسمت از کارخانه می‌بایست بازنگری در اقدامات کنترلی صورت گیرد.

در روش FMEA شیوه‌های مختلفی برای تعیین اولویت‌ها در میان خسارت‌ها وجود دارد. دو رویکرد از رویکردهای رایج‌تر، استفاده از دو شاخص و یا سه شاخص متفاوت هستند که در این مقاله از سه شاخص شدت خسارت، احتمال وقوع خسارت و احتمال کشف خطر که بین اعداد ۱ تا ۱۰ متغیر می‌باشند، استفاده شد و حاصل ضرب این سه شاخص نشان‌دهنده اولویت ریسک RPN بود.

در این راستا، در مطالعه‌ای که به روش مشابه با هدف ارزیابی ریسک‌فاکتورهای بروز حوادث و اولویت‌بندی بحران خطرات شناسایی‌شده برای پیشگیری از وقوع آن در کارخانه تولید تجهیزات مدارس در سال ۱۳۹۵ انجام شد، کلیه واحدهای کاری کارخانه تولید تجهیزات آموزشی شامل ۱۲ ایستگاه کاری مختلف همرا با ۵۵ شاغل ارزیابی شد و حالات شکست، اثرات شکست و علل شکست خطاها محاسبه گردید. در ادامه، عدد اولویت‌بندی ریسک (RPN) در هر ایستگاه کاری محاسبه گردید و سطوح بحران آن اولویت‌بندی شد. نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان دادند که از ۵۱ ریسک‌فاکتور مختلف شناسایی‌شده در بین ۱۲ ایستگاه کاری مختلف در این کارخانه، ۲۵/۴ درصد در محدوده قابل‌قبول، ۵۴/۹ درصد در سطح غیرقابل‌قبول و ۱۹/۶ درصد از خطرات در سطح اضطراری قرار دارند. بالاترین ریسک نیز مربوط به کار بر روی دستگاه گیوتین، برشکاری، خم‌کن و سوراخ‌کاری در اثر برق‌گرفتگی بود. البته کاهش میزان وقوع آن‌ها در اثر اقدامات کنترلی نشان می‌دهد که با وجود شدت اثر بالا، سطح بحران آن‌ها متوسط می‌باشد. شایان ذکر است که بین سطوح الویت‌بندی ریسک (RPN) و فراوانی حوادث ناشی از کار رابطه مستقیمی برقرار بود. همچنین، به دلیل بالابودن ریسک‌های ناشی از دستگاه‌های فوق، امکان آسیب‌زایی و حوادث شغلی برای افراد شاغل در کارخانه وجود داشت [۱۹].

در پژوهشی دیگر که با هدف ارزیابی ریسک‌های زیست محیطی و همچنین ارائه راه‌کارهای مؤثر در کاهش آن‌ها در دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات انجام شد، با توجه به قرارگیری دانشگاه در شرایط اکولوژیکی خاص، جنبه‌ها و پیامدهای زیست محیطی فراوانی در این واحد دانشگاهی مشاهده گردید؛ بنابراین ریسک‌های زیست محیطی، فعالیت‌ها و خدمات واحد علوم و تحقیقات به روش FMEA شناسایی و ارزیابی شدند. مطابق با نتایج به‌دست‌آمده از ارزیابی فاضلاب بهداشتی و آزمایشگاهی، تخریب منابع طبیعی و تولید پسماند ناشی از طرح جامع در سطح ریسک بالا قرار گرفتند. براساس مقایسه سطوح ریسک، ۶۳ درصد از ریسک‌ها در سطح ریسک بالا، ۱۴ درصد در سطح ریسک متوسط و ۲۳ درصد در سطح ریسک ضعیف قرار گرفتند [۲۰].

علاوه‌براین، در مطالعه‌ای که با هدف ارزیابی مخاطرات

بالقوه ایمنی و بهداشت به روش تجزیه و تحلیل حالات شکست و اثرات آن‌ها در یک شرکت تولید تجهیزات تهویه مطبوع انجام شد، از ۱۴۵۳ ریسک شناسایی‌شده، ۲۳۷ ریسک (۱۶/۳ درصد) با نسبت ۱/۶ در اولویت H، ۴۷۳ ریسک (۳۲/۶ درصد) با نسبت ۱/۳ در اولویت L و ۷۴۳ ریسک (۵۱/۱ درصد) با نسبت ۱/۲ در اولویت M قرار گرفتند [۲۱].

همچنین در مطالعه‌ای که با هدف شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک با استفاده از تکنیک آنالیز ایمنی شغلی و تکنیک تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن در یکی از کارخانه‌های آرد کشور انجام شد، در نهایت با توجه به کد ارزیابی ریسک در هر روش، اولویت‌بندی خطرات صورت گرفت و راه حل کنترلی ارائه گردید. براساس نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش در سه فعالیت انجام‌شده توسط کارگران که شامل: گرفتن بار، حمل بار به سمت انبار و قراردادن بار در داخل انبار بود، در مجموع ۱۲ خطر شناسایی گردید که ۴۵/۵۴ درصد از خطرات شناسایی‌شده در محدوده ریسک غیرقابل‌قبول، ۳۶/۳۶ درصد در محدوده ریسک نامطلوب و ۹/۰۹ درصد در محدوده ریسک قابل‌قبول قرار گرفتند. در پایان، پیشنهادات اصلاحی برای حذف و یا محدودسازی این خطرات ارائه گردید [۲۲].

با توجه به مطالعات گذشته می‌توان نتیجه گرفت که گروه‌بندی ریسک‌ها با توجه به دستورالعمل روش FMEA صحیح می‌باشد. هرچه توانایی سازمان در حذف ریسک‌ها بیشتر باشد، در مراحل بعدی ارزیابی ریسک، ریسک‌های با RPN پایین‌تر در اولویت خواهند بود و وضعیت ایمنی سازمان بهبود سریع‌تری خواهد داشت؛ در نتیجه وضعیت مطلوب‌تر و حوادث کمتر خواهد شد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند که به دلیل بالابودن ریسک‌های ناشی از دستگاه‌های فوق در ایستگاه‌های کاری مذکور، امکان آسیب‌زایی و حوادث شغلی برای افراد شاغل در کارخانه وجود دارد. با وجود کاربردی‌بودن تکنیک FMEA در تعیین ریسک‌فاکتورهای حوادث ناشی از کار پیشنهاد می‌شود از تکنیک تکمیلی ارزیابی مقدماتی خطر (PHA: Preliminary Hazard Analysis) نیز برای ارزیابی دقیق‌تر و کامل‌تر این فرایند استفاده شود.

قدردانی

بدین‌وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی مازندران که از این طرح با کد ۲۷/۹۷ حمایت مالی نمودند و نیز از سرکار خانم عارفی راد بابت همکاری در راستای انجام این طرح تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Kolahdouzi M, Halvani GH, Nazaripour Abdehgah E, Ghaljahi M, Yazdani Aval M, Abbasi M. Investigation of the effect of control measures on reduction of risk events in an edible oil factory in Tehran, Iran. Arch Hyg Sci 2017; 6(3):250-8 (Persian).
2. Occupational Safety and Health Administration. Safety and health program management guidelines; issuance of voluntary guidelines. Federal Register 1989; 54:3904-16.
3. Hasbullah NH, Ahmad R. WITHDRAWN: failure analysis of tyre production process using FMECA method. New York: Elsevier; 2015.
4. Younge KC, Wang Y, Thompson J, Giovinazzo J, Finlay M, Sankreacha R. Practical implementation of failure mode and effects analysis for safety and efficiency in stereotactic radiosurgery. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2015; 91(5):1003-8.
5. Petersen PE. Sociobehavioural risk factors in dental caries-international perspectives. Community Dent Oral Epidemiol 2005; 33(4):274-9.
6. Nivolianitou Z. Risk analysis and risk management: a European insight. Law Probabil Risk 2002; 1(2):161-74.
7. Bowles JB, Peláez CE. Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis. Reliabil Eng Syst Saf 1995; 50(2):203-13.

8. Modes RF. Effects analysis (FMEA) practices for non-automobile applications. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers; 2001.
9. Song W, Ming X, Wu Z, Zhu B. A rough TOPSIS approach for failure mode and effects analysis in uncertain environments. Qual Reliabil Eng Int 2014; 30(4):473-86.
10. Xiao N, Huang HZ, Li Y, He L, Jin T. Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA. Eng Failure Anal 2011; 18(4):1162-70.
11. Allahyari T. Hazardous analysis and risk assessment in chemical processes. Tehran: Fanavaran Andisheh Publications; 2005. P. 56-61 (Persian).
12. Lin QL, Wang DJ, Lin WG, Liu HC. Human reliability assessment for medical devices based on failure mode and effects analysis and fuzzy linguistic theory. Saf Sci 2014; 62:248-56.
13. Masini L, Donis L, Loi G, Mones E, Molina E, Bolchini C, et al. Application of failure mode and effects analysis to intracranial stereotactic radiation surgery by linear accelerator. Pract Radiat Oncol 2014; 4(6):392-7.
14. Arabian-Hoseynabadi H, Oraee H, Tavner PJ. Failure modes and effects analysis (FMEA) for wind turbines. Int J Electri Power Energy Syst 2010; 32(7):817-24.
15. Ashley L, Armitage G, Neary M, Hollingsworth G. A practical guide to failure mode and effects analysis in health care: making the most of the team and its meetings. Jt Comm J Qual Patient Saf 2010; 36(8):351-8.
16. Guimarães AC, Lapa CM. Fuzzy inference to risk assessment on nuclear engineering systems. Appl Soft Comput 2007; 7(1):17-28.
17. Liu HC, You JX, You XY, Shan MM. A novel approach for failure mode and effects analysis using combination weighting and fuzzy VIKOR method. Appl Soft Comput 2015; 28:579-88.
18. Chen PS, Wu MT. A modified failure mode and effects analysis method for supplier selection problems in the supply chain risk environment: a case study. Comput Indust Eng 2013; 66(4):634-42.
19. Mirmohammadi T, NaseriPouya Z, Hosseinalipour Z. Risk factors assessment in educational equipment manufacturers company using FMEA. J Health Res Community 2016; 2(2):9-18 (Persian).
20. Carlson CS. Understanding and applying the fundamentals of FMEAs. Annual Reliabil Maintainab Sym 2014; 10:1-35.
21. Yari S. Assessment of potential risk by the failure mode and effects analysis in an air conditioning equipment manufacturing company. Saf Prom Injury Prev 2017; 5(2):89-96 (Persian).
22. Ghaljahi M, Namrudi S. Identification and assessment of hazard risks in a flour mill by the JSA and FMEA methodology. J Health Res Community 2017; 3(3): 82-9 (Persian).