

Original article

Risk Factor Assessment in a Carpet Manufacturing Company Using the Failure Modes and Effects Analysis in MazandaranSolale Ramzani^{1*}Seyed Taghi Mirmohammadi²

- 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

چکیده

ساله رضانی^{۱*}
سید تقی میرمحمدی^۲

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 شناسایی شده بین هشت ایستگاه کاری مختلف در این کارخانه، ۱۸/۲ درصد از آن‌ها در محدوده قابل قبول، ۶۷/۳ درصد در سطح غیرقابل قبول 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 به‌دست آمده از پژوهش حاضر می‌توان گفت که به دلیل بالا بودن ریسک‌های ناشی از واحدهای فوق، امکان آسیب‌زایی و رخدادن حوادث شغلی برای افراد شاغل در کارخانه وجود دارد. با وجود کاربردی بودن 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

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: ساله رضانی، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران

Email: solale.ramzany@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۲۰

◀ **استناد:** رضانی، ساله؛ 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

برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری، سطح ریسک قابل قبول، 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 در نظر گرفتن 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 زود هنگام 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 قابل اعتماد 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

شغلی می‌باشد که هر ساله تعداد بی‌شماری از انسان‌ها را در واحدهای صنعتی و تولیدی دچار مشکلات و رنج‌های فراوان می‌کند [۱-۳]. براساس گزارش سازمان (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 قریب‌الوقوع بودن 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،

خواهد كرد. همچنين از طريق اين داده‌ها مى‌توان خطرات احتمالى را اولويت‌بندي كرد و نسبت به رفع يا کاهش آن برنامه‌ريزي دقيق، اقتصادى و مديريتى انجام داد.

روش كار

مطالعه حاضر از نوع توصيفى-مقطعى بوده و در آن تمامى فعاليت‌ها و ماشين‌آلات واحدهاى مختلف يكي از صنايع توليد فرش و موكت استان مازندران با استفاده از روش سرشمارى و با توجه به الگوريتم روش ارزيابى ريسك حالات شكست و تجزيه و تحليل اثرات آن‌ها (FMEA) ارزيابى شدند.

براي انجام اين مطالعه ابتدا بازديد اوليه‌اى توسط تيم ارزيابى ريسك از كل كارخانه به عمل آمد و نحوه فعاليت‌ها و فرايندهاى موجود در هر واحد به دقت مورد بررسى قرار گرفت و تمام خطرات محيطى، تجهيزاتى، مواد، انسانى و غيره موجود كه به‌عنوان تهديدى براي ايمنى مطرح بودند و همچنين حالات هر خطر تجزيه و تحليل شدند و مشخص گرديد كه در صنعت مورد نظر، هشت واحد شامل: نقاشى، آهارزنى، دايكاست، اكستروژن، مونتاژ، ديگ‌سازى، دايكاست بانوان و جوشكارى همراه با ۶۰ شاغل وجود دارد و در بيشتر واحدها تقريباً فعاليت‌هاى مشابه و زيادى وجود دارد كه خطرات مربوط به هر کدام به‌صورت بالقوه مى‌تواند به محيط، تجهيزات، مواد، انسان و غيره آسيب برسانند.

تعيين شدت خسارت

با توجه به اينكه ارزيابى شدت اثر بايد براساس آگاهى و خبرگى افراد گروه انجام شود و از آنجائى كه هر خطر آثار متفاوتى دارد و مى‌بايست اثر خطر را درجه‌بندي كرد و نه خطر را و نيز با توجه به اينكه براي خطرآتي كه مى‌توانند چندين اثر داشته باشند، هر اثر داراى درجه شدت خود مى‌باشد، تيم ارزيابى ريسك، نمره عددى شدت اثر را براي خطرات شناسايى شده تعيين

پرتودرمانى معرفى نمود [۱۳]. از سوي ديگر، عربيان و همكاران در سال ۲۰۱۰ با استفاده از روش FMEA به تجزيه و تحليل خطاهای سيستم توربين‌هاى بادی پرداختند و با كمك اين تكنيك، راه‌كارهايى را براي ارتقاى طراحي توربين‌هاى بادی ارائه نمودند [۱۴]. توانمندی FMEA در تجزيه و تحليل خطرات به حدى است كه از اين تكنيك در صنايع با ريسك آسيب‌رسانى بالا مانند صنعت هوانوردى و نيروگاه اتمى به‌منظور پيشگيرى از وقوع حوادث استفاده مى‌شود [۱۵]. كارآمدى روش FMEA موجب شده است كه علاوه بر صنايع، در مراكز بهداشتى-درمانى نيز از آن به‌منظور بهبود وضعيت ايمنى بيماران و ارائه خدمات اضطرارى پزشكى استفاده شود [۱۶].

به‌طور كلّى، حساسيت يا ارزيابى ريسك در FMEA به واسطه عدد اولويت ريسك (RPN: Risk Priority Number) از هر حالت شكست از ضرب نمرات فاكورهاي ريسك شامل: احتمال وقوع، شدت و احتمال كشف به‌دست مى‌آيد. با اين حال در بسيارى از موارد روش RPN مرسوم، نقاط ضعف مهمى را در مورد منطق رويكرد نشان مى‌دهد؛ بنابر اين طيف گسترده‌اى از روش‌ها در متون مختلف براي غلبه بر كاستى‌ها و بهبود اثربخشى، FMEA معمول را ارائه مى‌كنند [۱۷]. پس از محاسبه RPN هر شكست، مدير مى‌تواند RPN را از بزرگ‌تر به كوچك‌تر گروه‌بندي كند و به شكست با RPN بالاتر به‌عنوان مهم‌ترين ريسك توجه بيشترى نمايد [۱۸].

با توجه به موارد بيان شده، هدف از مطالعه حاضر به‌دست آوردن يك نماى كلّى از خطرات موجود در يك واحد صنعتى مى‌باشد كه كارگران در آن با خطرات گوناگونى مواجه هستند. شناسايى اين خطرات و تطابق آن‌ها با اقدامات كنترلى موجود، اطلاعات دقيق‌ترى از سطح ايمنى در بخش‌هاى مختلف آن را به‌دست خواهد داد. نتايج به‌دست آمده از اين مطالعه، نگاهى پيشگيرانه و آينده‌نگر را نسبت به خطرات پيش رو در فرايندهاى مختلف براي مديران و مسئولان ايمنى و بهداشت حرفه‌اى شركت مذكور فراهم

جدول ۱: RPN خطرات شناسایی شده در کارخانه تولید فرش و موکت

| نام مکان مورد مطالعه | تعداد خطر شناسایی شده | مجموع RPN | میانگین RPN |
|----------------------|-----------------------|-----------|-------------|
| هشت ایستگاه کاری | ۵۵ | ۷۲۸۱ | ۱۳۲/۳۸ |

نمود (جدول ۱) [۱۹].

جدول ۲: سطح بحران خطرات شناسایی شده در کارخانه فرش و موکت

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

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 به دست می‌آید و می‌تواند از ۱ تا

۱۰۰ متغیر باشد. هرچه این عدد بیشتر باشد، خرابی شدیدتر بوده و عواقب وخیم‌تری را به همراه دارد. در نهایت با استفاده از RPN به دست آمده می‌توان آن را در سه گروه بحران‌های ضعیف (۱-۹۹)، 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.

با توجه به جدول ۳ که نمونه‌ای از کاربرگ تکمیل شده 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 کاربرد تکمیل شده FMEA

| شغل/فعالیت/تجهیزات | خطرات | علت خطر | پیامد | اقدامات کنترلی موجود | احتمال وقوع | شدت | احتمال کشف | RPN | رتبه ریسک | اقدامات کنترلی پیشنهادی |
|----------------------------|-------------|------------|------------------------|----------------------------|-------------|-----|------------|-----|-----------|---|
| روشن کردن مشعل و فن | برق گرفتگی | اتصال | شوک و مرگ | اتصال به زمین تابلو برق | ۷ | ۳ | ۵ | ۱۰۵ | M | نصب کف پوش 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 |

یافته ها

مطابق با نتایج ثبت شده در برهه های کاری FMEA، در این مطالعه ۵۵ خطر شناسایی گشته و بررسی شد و نتایج در هشت کاربردگ 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 بخش های گوناگون این کارخانه در واحدهای مختلف، متفاوت می باشد.

بنابراین اگر خطرات ضعیف را معادل ریسک های قابل قبول، خطرات متوسط را معادل ریسک های غیر قابل قبول و خطرات مهم را معادل ریسک های اضطراری در نظر بگیریم، آنگاه ۱۸/۲ درصد از خطرات مشاهده شده قابل قبول، ۶۷/۳ درصد از خطرات غیر قابل قبول و ۱۴/۵ درصد از خطرات در سطح اضطراری قرار دارند.

با توجه به نتایج مطالعه حاضر می توان به قابلیت و گستره وسیع روش FMEA در ارزیابی های غیر صنعتی مانند زیست محیطی پی برد. در این پژوهش شناسایی ریسک به دو گروه مصنوعی و طبیعی تقسیم گردید و تغییراتی در رتبه بندی نرخ های تعریف شده 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 بخش های مختلف کارخانه تولید فرش و موکت

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

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

بحث و نتیجه گیری

از ۵۵ مورد خطر بالقوه ای که به روش FMEA در کارخانه تولید فرش و موکت شناسایی گردیدند، هشت مورد به عنوان خطرات دارای ریسک بالا شناخته شدند. بالاترین شدت اثر (S) مربوط به انفجار و برق گرفتگی در واحدهای نقاشی، دیگ سازی، 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 ریسک های شناسایی شده در اغلب بخش ها می توان

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 بررسی کردن 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 هر یک از ریسک‌های شناسایی‌شده می‌توان پی برد که در مجموع هر یک از بخش‌ها به‌ترتیب چه سطح ریسکی دارند؛ در نتیجه می‌توان بسیار سریع‌تر بخش‌هایی که با بالاترین میزان بحران در حال 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 پرها 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 ریسک فاکتورهای 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 ریسک فاکتور مختلف شناسایی‌شده در بین ۱۲ ایستگاه کاری مختلف در این کارخانه، ۲۵/۴ درصد در محدوده قابل قبول، ۵۴/۹ درصد در سطح غیرقابل قبول 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 به‌دست آمده 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

ريسك‌ها با توجه به دستورالعمل روش FMEA صحيح مى‌باشد. هرچه توانايى سازمان در حذف ريسك‌ها بيشتر باشد، در مراحل بعدى ارزيابى ريسك، ريسك‌هاى با RPN پايين‌تر در اولويت خواهند بود و وضعيت ايمنى سازمان بهبود سريع‌ترى خواهد داشت؛ در نتيجه وضعيت مطلوب‌تر و حوادث كمتر خواهد شد. نتايج بررسى‌ها نشان مى‌دهند كه به دليل بالا بودن ريسك‌هاى ناشى از دستگاه‌هاى فوق در ايستگاه‌هاى كارى مذكور، امكان آسيب‌زايى و حوادث شغلى براى افراد شاغل در كارخانه وجود دارد. با وجود كاربرى بودن تكنيك FMEA در تعيين ريسك فاكترهاى حوادث ناشى از كار پيشنهاد مى‌شود از تكنيك تكميلي ارزيابى مقدماتى خطر (PHA: Preliminary Hazard Analysis) نيز براى ارزيابى دقيق‌تر و كامل‌تر اين فرايند استفاده شود.

قدردانى

بدين وسيله از معاونت پژوهشى دانشگاه علوم پزشكى مازندران كه از اين طرح با كد ۲۷/۹۷ حمايت مالى نمودند و نيز از سركار خانم عارفى راد بابت همكارى در راستاى انجام اين طرح تشكر و قدردانى مى‌گردد.

References

1. Kolahdouzi M, Halvani GH, Nazaripour Abdehghah 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,

بالقوه ايمنى و بهداشت به روش تجزيه و تحليل حالات شكست و اثرات آن‌ها در يك شركت توليد تجهيزات تهويه مطبوع انجام شد، از ۱۴۵۳ ريسك شناسايى شده، ۲۳۷ ريسك (۱۶/۳ درصد) با نسبت ۱/۶ در اولويت H، ۴۷۳ ريسك (۳۲/۶ درصد) با نسبت ۱/۳ در اولويت L و ۷۴۳ ريسك (۵۱/۱ درصد) با نسبت ۱/۲ در اولويت M قرار گرفتند [۲۱].

همچنين در مطالعه‌اى كه با هدف شناسايى خطرات و ارزيابى ريسك با استفاده از تكنيك آناليز ايمنى شغلى و تكنيك تجزيه و تحليل عوامل شكست و آثار آن در يكي از كارخانه‌هاى آرد كشور انجام شد، در نهايت با توجه به كد ارزيابى ريسك در هر روش، اولويت‌بندى خطرات صورت گرفت و راه حل كنترلى ارائه گرديد. براساس نتايج به‌دست آمده از پژوهش در سه فعاليت انجام شده توسط كارگران كه شامل: گرفتن بار، حمل بار به سمت انبار و قراردادن بار در داخل انبار بود، در مجموع ۱۲ خطر شناسايى گرديد كه ۴۵/۵۴ درصد از خطرات شناسايى شده در محدوده ريسك غير قابل قبول، ۳۶/۳۶ درصد در محدوده ريسك نامطلوب و ۹/۰۹ درصد در محدوده ريسك قابل قبول قرار گرفتند. در پايان، پيشنهادهات اصلاحى براى حذف و يا محدودسازى اين خطرات ارائه گرديد [۲۲].

با توجه به مطالعات گذشته مى‌توان نتيجه گرفت كه گروه‌بندى

- Finlay M, Sankrecha 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 Electric 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).