Journal of Safety Promotion and Injury Prevention,
Vol.5, No.2, Summer 2017

Research Article

Assessment of Potential Risk by the Failure Mode and Effects Analysis in an Air Conditioning Equipment Manufacturing Company

Yari S*

Abstract

Background & Objective: Failure is inevitable in the daily activities and machinery in industrial operations, the causes of which should be properly evaluated and analyzed. Failure mode and effects analysis (FMEA) is a potent and effective method for identifying and eliminating potential failure, as well as the difficulties and failures in systems, design, processes, and services. The present study aimed to assess the potential risk in an air conditioning equipment manufacturing company using the FMEA.

Materials and Methods: In this descriptive cross-sectional study, all activities and machinery in different units of the air conditioning equipment manufacturing company were analyzed by census evaluation and FMEA risk assessment. Cutoff point was determined at 70%, and the risks were categorized into three levels of acceptable (L), medium (M), and unacceptable (H); based on the classification of the organization and control ability. Data analysis was performed in Microsoft Excel 2010.

Results: Among 1,453 identified risks, 237 risks (16.3%) were in the H category with the ratio of 1/6, 473 risks (32.6%) were in the L category with the ratio of 1/3 , and 743 risks (51.1%) were in the M category with the ratio of 1/2 . Moreover, 44 unacceptable risks (H) (3%) were in the Likert classification developed by the researcher in accordance with the organization, which were considered acceptable in the FMEA classification. These risks could be considered the margins of control measures.

Conclusion: According to the FMEA classification, the ratio of H risks to the total risks is 1/10 , while it was obtained at 1/6 in the present study. On the other hand, high number of the identified risks does not necessarily indicate the manufacturing units to be of high risk.

Keywords: FMEA; Risk Assessment; Risk

How to cite this article:
Yari S.**Assessment of Potential Risk by the Failure Mode and Effects Analysis in an Air Conditioning Equipment Manufacturing Company**. J Saf Promot Inj Prev. 2017; 5(2):89-96 .

1. Students Research Committee, Department and Faculty of Health, Shahid beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
***Corresponding Author:** smaeedy@gmail.com

مقاله پژوهشی

مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها
دوره۵. شماره ۲. تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۸۹ تا ۹۶

ارزیابی مخاطرات بالقوه به روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن‌ها در یک شرکت تولید تجهیزات تهویه مطبوع

سعید یاری*

کمیته پژوهشی دانشجویان، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

سابقه و هدف: هر فعالیت و ماشینی در عملیات صنعتی به‌طور روزانه تن به حالاتی از شکست می‌دهد که می‌بایست مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد. حالت شکست و تجزیه‌وتحلیل اثرات آن، روشی قدرتمند و مؤثر جهت شناسایی و حذف شکست بالقوه، مشکلات و خطاها از سیستم، طراحی، فرآیند و خدمات است. هدف از این مطالعه نیز ارزیابی مخاطرات بالقوه ایمنی و بهداشت به روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن‌ها در یک شرکت تولید تجهیزات تهویه مطبوع می‌باشد.

روش بررسی: در این مطالعه توصیفی- مقطعی کلیه فعالیت‌ها و ماشین‌آلات واحدهای مختلف یک شرکت تولیدی تجهیزات تهویه مطبوع با استفاده از سرشماری و به روش ارزیابی ریسک حالات شکست و تجزیه‌وتحلیل اثرات آن‌ها مورد ارزیابی قرار گرفتند. Cut of point ریسک‌ها ۷۰٪ بود و همچنین ریسک‌ها با توجه به گروه‌بندی سازمان بر اساس توانایی کنترل در سه سطح قابل‌قبول (L)، متوسط(M) و غیرقابل‌قبول(H) گروه‌بندی شدند و درنهایت داده‌ها به کمک نرم‌افزارMicrosoft Excel(۲۰۱۰) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند.

یافته‌ها: از تعداد ۱۴۵۳ ریسک شناسایی‌شده ۲۳۷ ریسک (۱۶/۳٪) با نسبت ۱/۶ در اولویت H، ۴۷۳ ریسک (۳۲/۶٪) با نسبت ۱/۳ در اولویت L و ۷۴۳ ریسک (۵۱/۱٪) با نسبت ۱/۲ در اولویت M قرار گرفتند. تعداد ۴۴ ریسک غیرقابل‌قبول(H) (۳٪) در گروه‌بندی لیکرتی که توسط محقق با توجه به نظر سازمان تدوین‌شده است قرار دارد که در گروه‌بندی FMEA در گروه قابل‌قبول قرار دارند که می‌توان این ریسک‌ها را حاشیه اقدامات کنترلی قلمداد کرد.

نتیجه‌گیری: بر اساس گروه‌بندی FMEA نسبت ریسک‌های H به‌کل ریسک‌ها ۱/۱۰ می‌باشد درصورتی‌که این نسبت در گروه‌بندی محقق ۱/۶ است. از طرفی تعداد زیاد ریسک‌های شناسایی‌شده در واحدها دلیل بر پرخطر بودن آن واحد نمی‌باشد.

واژگان کلیدی: FMEA، ارزیابی ریسک، ریسک

مقدمه

یک سیستم ترکیب پیچیده‌ای از اجزاء و زیرا جزاء است که رابطه فنی و منظمی در تعاملات متقابل آن‌ها اعمال می‌شود(۱). هر سیستمی در عملیات صنعتی به‌طور روزانه تن به حالاتی از شکست می‌دهد. این حالات شکست شکلی از پایان توانایی یک جزء از یک قسمت، جزء، وسیله، زیرسیستم، واحد عملکردی یا سیستمی که به‌طور انفرادی عمل می‌کند، می‌باشند(۱-۵). به‌طور مختصر دو نوع شکست شامل شکست عملکردی و شکست بالقوه وجود دارد. شکست عملکردی ناتوانی یک جزء دارای یک عملکرد استاندارد ویژه است و درعین‌حال شکست بالقوه شناسایی وضعیت فیزیکی است که نشان‌دهنده قریب‌الوقوع بودن یک شکست کاربردی می‌باشد(۲). زمانی که یک شکست رخ می‌دهد لازم است که تجزیه‌وتحلیل شکست صورت پذیرد(۶). حالت شکست و تجزیه‌وتحلیل اثرات آن(FMEA[1]) روش تجزیه‌وتحلیل انفرادی زیرسیستم هر سیستم با انجام شناسایی آثار حالات شکست مختلف هر قسمت به همراه علل و عواقب آن برای خود قسمت و کل سیستم می‌باشد(۱, ۷). FMEA یک رویکرد تجزیه‌وتحلیل استقرایی و محافظ قابلیت اطمینان سیستم است(۱) و جهت بهبود ایمنی و کیفیت در سازمان اجرا می‌شود(۸). FMEA

آدرس مسئول مکاتبات: smaeedy@gmail.com

۱. Failure Mode and Effects Analysis

به‌منظور فراهم آوردن اطلاعات جهت تصمیم‌گیری در مدیریت ریسک اولین بار توسط سازمان ملی فضانوردی آمریکا (NASA[۲]) در سال ۱۹۶۰ جهت مشخص کردن الزامات قابلیت اعتماد پیشنهاد شد(۹). FMEA به‌طور وسیعی به‌عنوان ابزار ارزیابی ریسک برای تعیین، شناسایی و محدود کردن مشکلات یا شکست‌های بالقوه در تولیدات، فرآیندها، طراحی‌ها و خدمات استفاده‌شده است(۱۰-۱۳)؛ و به‌عنوان یک ابزار تجزیه‌وتحلیل ایمنی و قابلیت اطمینان در صنایع مختلفی به‌ویژه هوافضا، خودروسازی، هسته‌ای و بهداشت و درمان مورداستفاده قرار می‌گیرد (۱۴-۱۷). پیاده‌سازی یک FMEA موفقیت‌آمیز به تیم تولید برای شناسایی حالات بالقوه شکست بر اساس تجربه گذشته خود با فرایندها یا تولیدات مشابه کمک می‌کند؛ بنابراین روش مذکور تیم تولید را قادر می‌سازد تا شکست‌های سیستم را با حداقل تلاش و هزینه کاهش داده یا از بین ببرد (۱۳). به‌تازگی تعدادی از FMEA های ارتقاءیافته با استفاده از مدل‌های محاسبات نرم‌افزاری ارائه‌شده است(۱۸). FMEA به‌طور گسترده‌ای توسط متخصصان، مورداستفاده قرارگرفته و به روشی استاندارد در صنایع امریکا، اروپا و ژاپن تبدیل‌شده است(۱۷). گیاردینا و مورال از FMECA [۳] به‌عنوان یک ابزار برای توسعه معیار ویژه برای قابلیت اعتماد و مدیریت اطلاعات ریسک استفاده کرد(۱۹). کینگ لیان در مطالعه‌ای مشخص می‌کند که FMEA روش مناسبی برای حل مشکلات احتمالی در تحقیقات ارزیابی قابلیت اطمینان است(۲۰). در مطالعه‌ای که کولی انجام داد روش FMEA اهمیت فعالیت‌های تعمیر و نگهداری را برای تشخیص زودهنگام برخی از حالات شکست پنهان نشان داد و بیان می‌کند که FMEA در صورتی قادر به کاهش مشکلات سیستم است که به‌سرعت مورداستفاده قرار گیرد(۱). ماسینی در مطالعه خود FMEA را یک ابزار ساده و عملی جهت تجزیه‌وتحلیل سیستماتیک ریسک در پرتودرمانی معرفی می‌کند(۲۱). یانگ در مطالعه‌ای FMEA را یک فعالیت تیمی باارزش می‌داند که می‌تواند در ایجاد یا بازسازی یک برنامه تضمین کیفیت باهدف بهبود ایمنی، کیفیت و بهره‌وری کمک‌کننده باشد(۶). به‌طورکلی حساسیت یا ارزیابی ریسک در FMEA به‌واسطه‌ی عدد اولویت ریسک (RPN[۴]) از هر حالت شکست که از ضرب نمرات فاکتورهای ریسک شامل احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف به دست می‌آید(۹). درگذشته روش عدد اولویت ریسک مرسوم نقص‌های زیادی را نقد و اختلافات مدل اولویت ریسک را در متون جهت ارتقاء عملکرد FMEA پیشنهاد می‌کرد(۱۱). بااین‌حال درواقع در بسیاری از موارد روش RPN مرسوم برخی 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(۹). پس از محاسبه RPN هر شکست، مدیر می‌تواند RPN ها را از بزرگ‌تر به کوچک‌تر گروه‌بندی کند و به شکست با RPN بالاتر می‌تواند به‌عنوان مهم‌ترین ریسک توجه بیشتری شود(۲۲). هدف از این مطالعه ارزیابی مخاطرات بالقوه ایمنی و بهداشت به روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن‌ها در یک شرکت تولید تجهیزات تهویه مطبوع می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی- مقطعی کلیه فعالیت‌ها و ماشین‌آلات واحدهای مختلف یک شرکت تولیدی تجهیزات تهویه مطبوع با استفاده از روش سرشماری بر اساس رابطه (۱) و با توجه به

(۱)

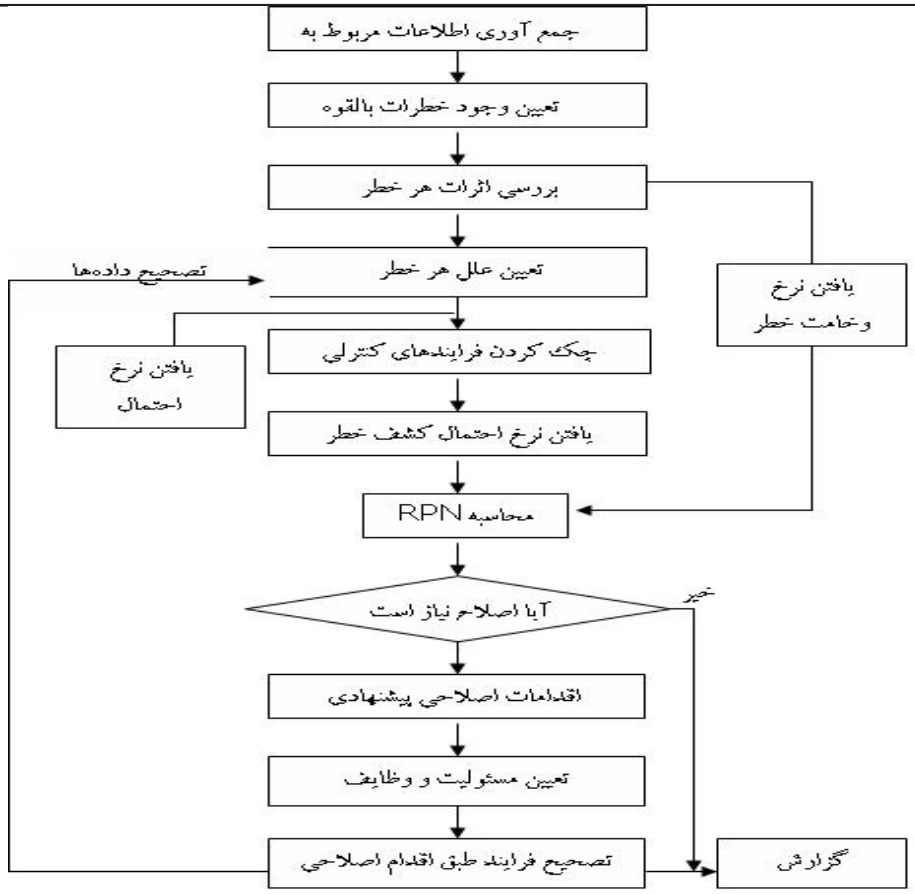
$$S = \sum_{i=0}^{N} N$$

S= حجم نمونه

N= جامعه

الگوریتم روش ارزیابی ریسک حالات شکست و تجزیه‌وتحلیل اثرات آن‌ها (FMEA) در شکل-۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای انجام این مطالعه ابتدا از کل کارخانه بازدید اولیه‌ای به عمل آمد و نحوه فعالیت‌ها و فرایندها موجود در هر واحد به‌دقت موردبررسی قرار گرفت و تمام خطرات محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و... موجود که به‌عنوان تهدیدی برای ایمنی بود و همچنین حالات هر خطر نیز تجزیه‌وتحلیل شد؛ و مشخص گردید که در صنعت موردنظر تعداد ۱۸ واحد شامل واحد فن سازی و کلاف فن، کوئل سازی، جوشکاری، چیلر سازی، پرس، هوا شوی خانگی، نقاشی، هواساز، مونتاژ فن‌کوئل، نجاری، تراشکاری، قالب‌سازی، هوا شوی صنعتی، سند بلاست، برش پروفیل، برق، انبار ۱ و انبار ۲ وجود دارد؛ و مشخص شد که در اکثر واحدها تقریباً فعالیت‌های مشابه و زیادی وجود دارد که خطرات مربوط به هرکدام به‌صورت بالقوه می‌تواند به محیط، تجهیزات، مواد، انسان و...آسیب‌رسان باشد.

۲. National Aeronautics and Space Administration
۳. Failure mode, effects and criticality analysis
۴. Risk Priority Number



شکل۱. الگوریتم روش ارزیابی ریسک حالات شکست و تجزیه‌وتحلیل اثرات آن‌ها (FMEA)

پس از مشخص شدن اطلاعاتی همچون نام واحد، نام قسمت، فعالیت یا تجهیزات، اثرات و علل هر خطر تعیین گردید. نرخ وخامت(Severity) و نرخ احتمال(Occurrence) هر خطر نیز بر اساس شاخص‌های کمی که برحسب مقیاس ۱ تا ۱۰ تعیین گردید(۲۳). احتمال کشف(Detection) نیز توانایی پی بردن به خطر قبل از رخداد آن است که با بررسی فرایندهای کنترلی، استانداردها، الزامات و قوانین کار برحسب مقیاسی بین ۱ تا ۱۰ تعیین گردید و درنهایت با توجه به رابطه(۲) عدد اولویت ریسک(RPN) به کمک این سه فاکتور تعیین شد(۱, ۶, ۸-۱۳, ۱۷, ۲۰, ۲۴, ۲۵).

رابطه (۲) $S \times O \times D = RPN$

عدد ریسک عددی بین ۱ تا ۱۰۰۰ بود که بر اساس نظر سیستم سطح اطمینان ۷۰٪ در نظر گرفته شد(۲۳)؛ بنابراین با توجه به رابطه زیر داریم:

$$۱۰۰۰ \times ٪۷۰ = ۷۰۰ \longrightarrow ۱۰۰۰ - ۷۰۰ = ۳۰۰$$

پس خطراتی که RPN بالای ۳۰۰ داشتند و همچنین برای خطراتی که دارای حداقل یک فاکتور ۱۰ بودند اقدام اصلاحی در نظر گرفته شد. همچنین عدد اولویت ریسک به‌دست‌آمده بر اساس جدول-۱ در سه گروه قابل‌قبول(L)، متوسط(M) و غیرقابل‌قبول یا بحرانی(H) قرار می‌گیرد. این اولویت‌بندی بر اساس قوانین و مقررات سازمان و میزان توانایی آن در تأمین هزینه‌های موردنیاز مطالعه تعیین‌شده است. همچنین در این مطالعه ریسک‌های با شدت پیامد زیاد و احتمال وقوع کم که در گروه L یا M قرارگرفته بودند نیز به‌صورت ویژه بررسی شدند.

جدول۱. گروه‌بندی عدد اولویت ریسک (RPN)

طبقه‌بندی ریسک	محدوده RPN	تعریف
قابل‌قبول	۳۳۳≥ RPN≥۱/۳	ریسک‌هایی که وجود آن‌ها مجاز تلقی شده و وجود کنترل‌های جاری اطمینان لازم را جهت جلوگیری از وقوع حوادث و بیماری‌ها می‌دهد.
متوسط	۳۳۳/۶۶۶≥ RPN≥۳/۶	ریسک‌هایی که تحت کنترل بوده ولی نیازمند تجدیدنظر هستند و می‌توان در آینده آن‌ها را بهبود داد و به سطح قابل‌قبول رساند ولی در حال حاضر اولویت ندارند- اقدامات ایمنی باید موردبررسی قرار گیرد.
غیرقابل‌قبول(بحرانی)	۶۶۶/۱۰۰۰≥ RPN≥۶	ریسک‌هایی که بایستی به‌طور کامل حذف‌شده یا سطح آن‌ها کاهش یابد، کنترل‌های جاری کافی نبوده، نیاز به اختصاص منابع کافی برای کاهش ریسک بوده و اقدامات ایمنی ضروری است.

داده‌ها پس از گردآوری وارد نرم‌افزارMicrosoft Office Excel۲۰۱۰ شده و سپس با استفاده از روش آمار توصیفی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند؛ و درنهایت اقدامات کنترلی نیز بر اساس حذف علل ریشه‌ای خطر، کاهش وخامت اثر خطا، افزایش احتمال کشف خطر در فرایند و افزایش رضایت کاری کارکنان از وضعیت ایمنی ارائه شد. با توجه به جدول-۲ که نمونه‌ای از کاربرگ تکمیل‌شده به روش FMEA می‌باشد، کارخانه موردنظر ارزیابی ریسک شد. با توجه به این کاربرگ، نرخ وخامت خطر بر اساس اثرات شکست، نرخ احتمال وقوع بر اساس علل یا مکانیسم بالقوه شکست و نرخ احتمال کشف نیز بر اساس کنترل‌های موجود در فرآیند برآورد گردید.

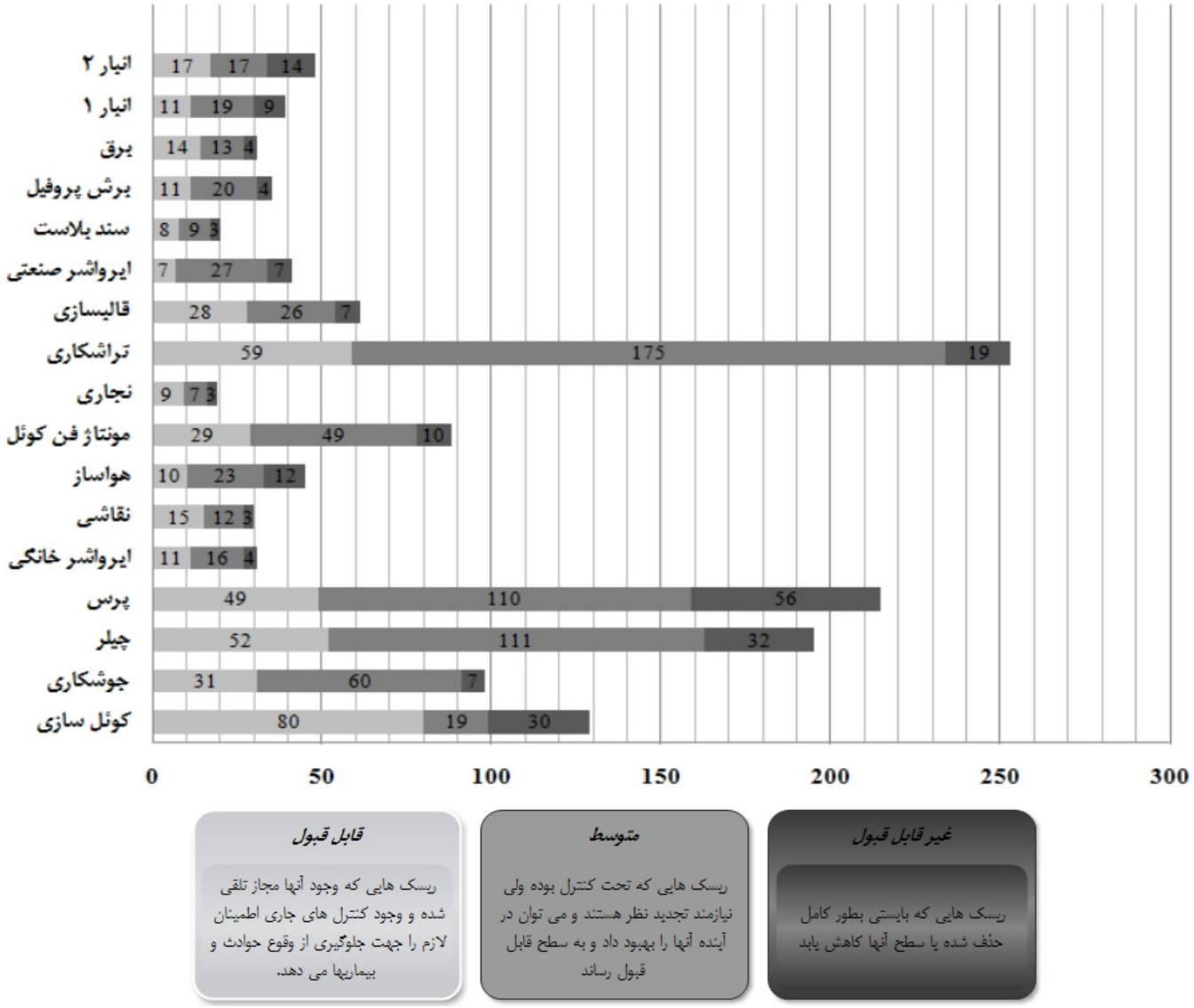
جدول۲. نمونه کاربرگ تکمیل‌شده FMEA

عملکرد	حالات بالقوه شکست	اثرات شکست	نرخ وخامت خطر (S)	علل/ مکانیسم بالقوه شکست	نرخ احتمال وقوع (O)	کنترل‌های موجود در فرآیند - پیشگیری - کشف	نرخ احتمال کشف خطر(D)	عدد اولویت ریسک (RPN)	اقدامات پیشنهادی	نتایج اقدامات S	O	D	RPN
اکسپندر خودکار	چرخش و حرکت بازویی دستگاه و انتقال لوله‌های مسی و کوئل ها	-برخورد با تجهیزات -برخورد با افراد	۷	-باز بودن درب اتاقک اکسپندر - کار کردن افراد بدون صلاحیت با دستگاه - بازرسی ناکافی - جانمایی نامناسب تجهیزات	۶	-اتاقک برای دستگاه -بازرسی ناکافی -آسیب‌دیدگی اتاقک باز بودن درب اتاقک	۷	۲۹۴	-نصب حفاظ فتوالکتریک - آموزش افراد - رعایت پاکیزگی در کارگاه - بازرسی منظم و دوره‌ای	۶	۳	۳	۵۴

یافته‌ها

با ارزیابی ریسک انجام‌شده تعداد ۱۴۵۳ ریسک در صنعت موردنظر یافت شد که جزئیات آن در نمودار-۱ نشان داده‌شده و با توجه به آن فراوانی ریسک‌ها به ترتیب (بدون در نظر گرفتن سطح ریسک) در واحد تراشکاری۲۵۳ (۱۷/۴٪)، پرس ۲۱۵ (۱۴/۸٪)، چیلر ۱۹۵ (۱۳/۴٪)، کوئل سازی ۱۲۹ (۸/۹٪)، جوشکاری ۹۸(۶/۷٪)، مونتاژ فن‌کوئل ۸۸ (۶٪)، فن سازی و کلاف فن ۷۵ (۵/۲٪)، قالب‌سازی ۶۱ (۴/۲٪)، انبار شماره دو ۴۸ (۳/۳٪)، هواساز ۴۵ (۳/۱٪)، هوا شوی صنعتی ۴۱ (۲/۸٪)، انبار یک ۳۹ (۲/۷٪)، برش پروفیل ۳۵ (۲/۴٪)، هوا شوی خانگی ۳۱ (۲/۱٪)، برق ۳۱ (۲/۱٪)، نقاشی ۳۰ (۲٪)، سند بلاست ۲۰ (۱/۴٪) و نجاری ۱۹ (۱/۳٪) می‌باشد؛ بنابراین بیشترین ریسک را واحد تراشکاری و کمترین آن را واحد نجاری دارا بود. در نمودار مذکور همچنین فراوانی ریسک‌های قابل‌قبول، غیرقابل‌قبول و متوسط نیز برحسب تعداد نشان داده‌شده است و از این نظر بیشترین ریسک‌های غیرقابل‌قبول(H) را واحد پرس (۵۶

ریسک)، ریسک‌های متوسط(M) را واحد تراشکاری (۱۷۵ ریسک) و ریسک‌های قابل‌قبول(L) را واحد کوئل سازی (۸۰ ریسک) دارا بود و کمترین ریسک‌های غیرقابل‌قبول(H) را واحدهای سند بلاست، نجاری و نقاشی (۳ ریسک) و ریسک‌های متوسط(M) را واحد نجاری (۷ ریسک) و ریسک‌های قابل‌قبول(L) را واحد هوا شوی صنعتی (۷ ریسک) دارا بود.

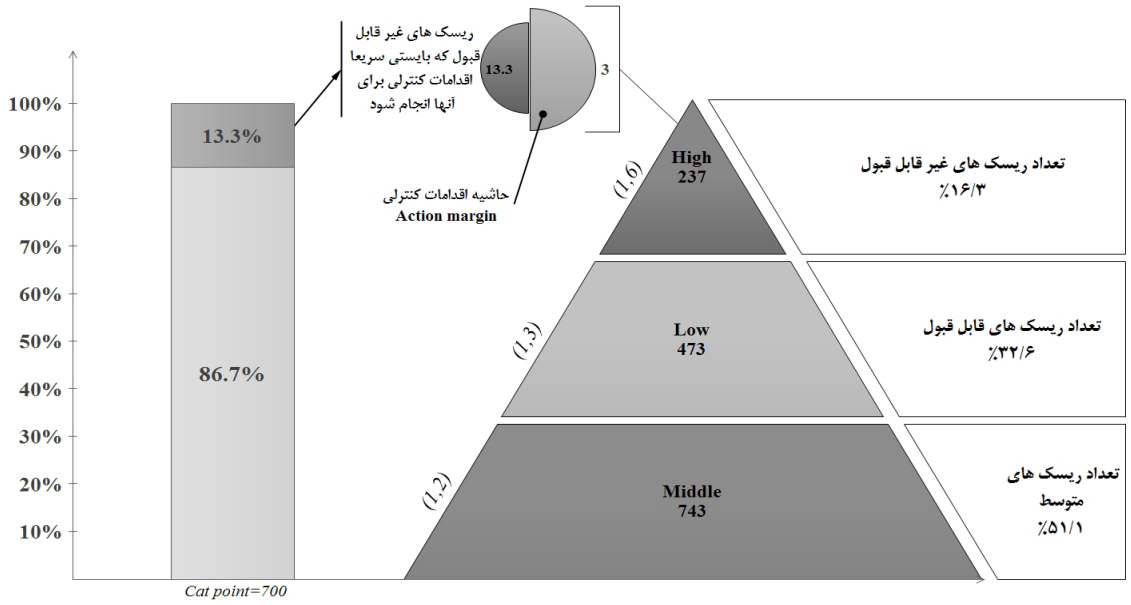


نمودار۲. فراوانی ریسک‌های شناسایی‌شده در واحدهای مختلف

میزان فراوانی ریسک‌های شناسایی‌شده در اولویت‌های مختلف در شکل-۲ برحسب تعداد نشان داده‌شده است که با توجه هرم ریسک از ۱۴۵۳ ریسک شناسایی‌شده ۲۳۷ ریسک (۱۶/۳٪) با نسبت در۱/۶ اولویت H قرار داشتند یعنی به ازای هر ۶ ریسک شناسایی‌شده یک ریسک در گروه H قرار می‌گیرد، تعداد ۴۷۳ ریسک (۳۲/۶٪) با نسبت ۱/۳ در اولویت L قرار گرفتند یعنی به ازای هر ۳ ریسک شناسایی‌شده یک ریسک در گروه قابل‌قبول قرار می‌گیرد و تعداد ۷۴۳ ریسک (۵۱/۱٪) با نسبت ۱/۲ در اولویت M قرار داشتند یعنی به ازای هر ۲ ریسک یک ریسک در گروه متوسط قرار می‌گرفت.

همچنین فراوانی ریسک‌های مذکور با توجه به Cat point = ۷۰۰ که بر اساس فرمول روش FMEA و توانایی سازمان کنترل نمودن ریسک‌ها می‌باشد تعداد ۱۹۳ ریسک (۱۳/۳٪) در گروه غیرقابل‌قبول دارند و تعداد ۱۲۶۰ ریسک (۸۶/۷٪) در گروه قابل‌قبول قرار گرفتند و با دقت در شکل زیر مشخص می‌شود که تعداد ۴۴ ریسک غیرقابل‌قبول (۳٪) در گروه‌بندی لیکرتی که توسط محقق با توجه به نظر سازمان تدوین‌شده است قرار دارد که در گروه‌بندی FMEA در گروه قابل‌قبول قرار دارند که می‌توان این ریسک‌ها را حاشیه اقدامات کنترلی(Action Margin) قلمداد کرد و آن را چنین تعریف کرد

که سازمان این ریسک‌ها را می‌تواند در حاشیه کنترل ریسک‌ها قرار دهد؛ یعنی می‌تواند به‌دلخواه آن‌ها را کنترل کند. درواقع این حاشیه فاصله بین حد پایین گروه H در گروه‌بندی محقق (۶۶۶/۶) و Cat point برآورد شده توسط روش FMEA (۷۰۰) می‌باشد. به‌طورکلی ۱۳ ریسک (۰/۸۹٪) دارای نرخ احتمال وقوع یا نرخ وخامت خطر حداکثر (۱۰) می‌باشند که در حالت معمول در گروه غیرقابل‌قبول (با توجه به گروه‌بندی FMEA) قرار نمی‌گرفتند اما با توجه به‌قاعده در گروه ریسک‌های غیرقابل‌قبول لحاظ گردیدند. تعداد ۳ ریسک از این ریسک‌ها دارای نرخ وخامت خطر حداکثر در گروه L و تعداد ۱۰ ریسک دیگر دارای نرخ احتمال وقوع حداکثر در گروه M قرار می‌گرفتند. از طرفی تعداد ۶۲۲ ریسک (۴۲/۸٪) از ریسک‌ها دارای کنترل (بدون در نظر گرفتن نرخ احتمال کشف خطر) و تعداد ۸۳۱ ریسک (۵۷/۲٪) بدون اقدامات کنترلی بودند. به‌طور میانگین عدد نرخ وخامت خطر ۶/۷۲، نرخ احتمال وقوع خطر ۷/۱۷ و نرخ احتمال کشف خطر ۸/۹۶ بود بنابراین نرخ احتمال کشف خطر بیشترین تأثیر را بر عدد اولویت ریسک(RPN) دارا بود.



شکل۳. فراوانی ریسک‌های شناسایی‌شده در گروه‌های مختلف

بحث

با انجام این مطالعه که در یک صنعت تولید تجهیزات تهویه مطبوع انجام شد، مشخص شد که بر اساس گروه‌بندی FMEA نسبت ریسک‌های H به‌کل ریسک‌ها ۱/۱۰ می‌باشد درصورتی‌که این نسبت در گروه‌بندی محقق ۱/۶ است. اختلاف بین این دو نوع گروه‌بندی را می‌توان حاشیه اقدامات کنترلی(Action Margin) قلمداد کرد از طرفی لیو روش FMEA را یک روش به رسمیت شناخته‌شده خوب و یک تکنیک مهندسی استاندارد جهت شناسایی، رتبه‌بندی و کاهش شکست‌های بالقوه در محصولات و فرآیندها معرفی می‌کند(۱۰). لیو در مطالعه‌ای دیگر مسیرهایی را برای تحقیقات آینده جهت رفع بیشتر نقص‌های شناخته‌شده مرتبط با FMEA سنتی را بیان می‌کند(۱۱). همچنین لیو از روش FMEA به‌عنوان یک ابزار مهم تجزیه‌وتحلیل ایمنی و قابلیت اطمینان یاد می‌کند(۱۲, ۲۴). همچنین ژیااو در مطالعه‌ای باهدف تجزیه‌وتحلیل حالات شکست مضاعف و ارزیابی عدد اولویت ریسک وزن یافته درروش FMEA، اثربخشی این روش را با مثال‌هایی عددی اثبات کرد(۱۷). هزبوالاه نیز در مطالعه‌ای روش تجزیه‌وتحلیل اثرات حالات شکست و وضعیت بحرانی (FMECA) را روشی مناسب برای گروه‌بندی و اولویت‌بندی شکست‌های سیستماتیک و درنتیجه کمک به تیم مهندسی جهت انجام پروژه بهبود بر اساس مشکل واقعی می‌داند(۲). پس با توجه به مطالعات گذشته نیز می‌توان نتیجه گرفت که گروه‌بندی ریسک‌ها با توجه به دستورالعمل روش FMEA [۵] صحیح می‌باشد و از طرفی گروه‌بندی بر اساس قوانین و مقررات سازمان[۶] ارزیابی‌شونده و میزان توانایی آن در تأمین هزینه‌های موردنیاز نیز گروه‌بندی کاربردی و صحیحی است؛ بنابراین اختلاف این دو نوع گروه‌بندی که پیشتر Action margin نام گرفت می‌تواند سه حالت را به وجود آورد.

- اگر System Method > FMEA Method نشان‌دهنده توانایی بیشتر از ۳۰٪ سازمان در راستای حذف ریسک‌های اولویت‌بندی شده می‌باشد.

۵. FMEA Method
۶. System Method

- اگر System Method < FMEA Method نشان‌دهنده توانایی کمتر از ۳۰٪ سازمان در راستای حذف ریسک‌های اولویت‌بندی شده می‌باشد.
- اگر System Method = FMEA Method نشان‌دهنده توانایی ۳۰٪ سازمان در راستای حذف ریسک‌های اولویت‌بندی شده می‌باشد. در این حالت Action Margin صفر است.

بزداگ در مطالعه‌ای معتقد است که تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن‌ها به‌طورکلی نیازمند مقابله با عدم قطعیت قابل‌توجهی در ارتباط با فرایند ارزیابی ریسک در یک گروه از کارشناسان است(۸). جیانگ در مطالعه‌ای از روش FMEA جهت تجزیه‌وتحلیل حالات شکست در آزمایشگاه شیمی بالینی استفاده کرد(۲۶). تعداد ریسک‌های زیاد در واحدهای تراشکاری، پرس، چیلر سازی و کوئل‌سازی به علت وسعت زیاد واحد نسبت به دیگر واحدها، فعالیت‌های زیاد انجام‌شده در واحدها، کار با دستگاه‌ها و تجهیزات پرمخاطره و وجود تعداد کارگرهای بیشتر نسبت به سایر واحدها می‌باشد بنابراین تعداد زیاد ریسک‌های شناسایی‌شده در واحدها دلیل بر پرخطر بودن آن واحد نمی‌باشد به‌طور مثال با توجه به این‌که واحد تراشکاری ازنظر تعداد ریسک‌ها بیشترین مقدار ریسک را دارد ازنظر تعداد ریسک‌های H در رده چهارم قرار دارد.

نتیجه‌گیری

هر چه قدر 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، درنتیجه وضعیت مطلوب‌تر و حوادث کمتر خواهد شد. از طرفی تعداد زیاد ریسک‌های شناسایی‌شده در واحدها دلیل بر پرخطر بودن آن واحد نمی‌باشد.

بااین‌وجود پیشنهاد می‌شود که در این راستا تحقیقات بیشتر و عمیق‌تری صورت پذیرد.

تشکر و قدردانی

تیم تحقیق نهایت تشکر را از مدیریت شرکت تهویه و تمامی پرسنل مستقر در واحد بهداشت، ایمنی و محیط‌زیست دارد. همچنین تشکر و قدردانی ویژه‌ای می‌شود از آقای حسین قهری کارشناس ایمنی مستقر در این شرکت.

References

1. Colli A. Failure mode and effect analysis for photovoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015;50:804-9.

2. Hasbullah NH, Ahmad R. Failure analysis of tyre production process using FMECA method. Case Studies in Engineering Failure Analysis. 2015.

3. Yari S. Inherent safety design in compose of urban gas station. Safety Promotion and Injury Prevention. 2015;3(2):135-40.

4. Normohammadi M, Kakooei H, Omidi L, Yari S, Alimi R. Risk Assessment of Exposure to Silica Dusts in Building Demolition Sites. Safety and Health at Work. 2016. 30; 7(3):251-5.[Pub Med]

5. Yari S, Fallah AA, Varmazyar S. Assessment of Semi-Quantitative Health Risks of Exposure to Harmful Chemical Agents in the Context of Carcinogenesis in the Latex Glove Manufacturing Industry. Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP. 2015;17(S3); 205-11.[Pub Med]

6. 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. International Journal of Radiation Oncology, Biology,Physics. 2015;91(5):1003-8.[Pub Med]

7. Shafiee M, Dinmohammadi F. An FMEA-based risk assessment approach for wind turbine systems: a comparative study of onshore and offshore. Energies. 2014;7(2):619-42.

8. Bozdag E, Asan U, Soyer A, Serdarasan S. Risk prioritization in Failure Mode and Effects Analysis using interval type-2 fuzzy sets. Expert Systems with Applications. 2015;42(8):4000-15.

9. Liu HC, You JX, You XY, Shan MM. A novel approach for failure mode and effects analysis using combination weighting and fuzzy VIKOR method. Applied Soft Computing. 2015;28:579-88.

10. Liu HC, You JX, Fan XJ, Lin QL. Failure mode and

effects analysis using D numbers and grey relational projection method. Expert Systems with Applications. 2014;41(10):4670-9.

11. Liu HC, Liu L, Liu N. Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review. Expert systems with applications. 2013;40(2):828-38.

12. Liu HC, Liu L, Bian QH, Lin QL, Dong N, Xu PC. Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. Expert Systems with Applications. 2011;38(4):4403-15.

13. Jong CH, Tay KM, Lim CP. Application of the fuzzy failure mode and effect analysis methodology to edible bird nest processing. Computers and electronics in agriculture. 2013;96:90-108.

14. Song W, Ming X, Wu Z, Zhu B. A rough TOPSIS approach for failure mode and effects analysis in uncertain environments. Quality and Reliability Engineering International. 2014;30(4):473-86.

15. Liu HC, Fan XJ, Li P, Chen YZ. Evaluating the risk of failure modes with extended MULTIMOORA method under fuzzy environment. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2014;34:168-77.

16. Su X, Deng Y, Mahadevan S, Bao Q. An improved method for risk evaluation in failure modes and effects analysis of aircraft engine rotor blades. Engineering Failure Analysis. 2012;26:164-74.

17. Xiao N, Huang HZ, Li Y, He L, Jin T. Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA. Engineering Failure Analysis. 2011;18(4):1162-70.

18. Liu J, Martinez L, Wang H, Rodriguez RM, Novozhilov V. Computing with words in risk assessment. International Journal of Computational Intelligence Systems. 2010;3(4):396-419.

19. Giardina M, Morale M. Safety study of an LNG regasification plant using an FMECA and HAZOP integrated methodology. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2015;35:35-45.

20. 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. Safety science. 2014;62:248-56.

21. 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. Practical radiation oncology. 2014;4(6):392-7. [Pub Med]

22. 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. Computers & Industrial Engineering. 2013;66(4):634-42.

23. Jafari MJ, Gharari NA, Sheikhi HR. The reliability of a tunnel boring machine. International journal of occupational hygiene. 2009;1(1):20-5.

24. Liu HC, Liu L, Liu N, Mao LX. Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment. Expert Systems with Applications. 2012;39(17):12926-34.

25. Liao CJ, Ho CC. Risk management for outsourcing biomedical waste disposal–Using the failure mode and effects analysis. Waste management. 2014;34(7):1324-9. [Pub Med]

26. Jiang Y, Jiang H, Ding S, Liu Q. Application of failure mode and effects analysis in a clinical chemistry laboratory. Clinica Chimica Acta. 2015;448:80-5.[Pub MED]