

## Identifying and assessing risk in a textile industry in Iran using the technique of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Alireza Shabani<sup>1</sup> , Marziyeh Mirghafari<sup>1</sup> , Ali Seyedzadeh<sup>2</sup> , Masoud Hamerezaee<sup>1</sup> ,  
Bafrin Mouloudpourfard<sup>\*2</sup> 

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

<sup>2</sup> Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Allied Medical Sciences, Iranshahr University of Medical Sciences, Iranshahr, Iran

### Abstract

**Background and Aims:** Textile industries have various types of hazards that cause accidents. One of the ways to prevent workplace accidents is to identify hazards and evaluate them. Therefore, the present study aimed to evaluate the hazards of one of the textile companies using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method.

**Materials and Methods:** This was a descriptive-cross-sectional study, and the FMEA method was used to conduct the study. In this study, two dyeing and rolling halls in the textile industry were evaluated. After calculating the Risk Priority Number (RPN), the hazards were ranked, and the necessary corrective actions were proposed. All stages of this research were conducted in accordance with ethical and research standards.

**Results:** In this study, 145 root causes of potential hazards were identified, of which 71 were recognized as high-risk hazards. The highest risk score was related to the non-functioning of the emergency stop switch. The lowest risk score was related to the steam leakage from steam pipes. The most hazardous activity was found to be the printing of dyes on the fabric. Events leading to death and amputation had the highest frequency.

**Conclusion:** The results showed that after identifying the sources of error, it is possible to prevent the failures and increase the efficiency of the process by preventing damage to materials, operations, and personnel. The present study considers the FMEA method effective in assessing the hazards in the textile company. The results of this method can also be used to reduce the risk level to an acceptable level.

**Keywords:** Risk assessment, Safety, FMEA, Textile industry

**Please cite this article as:** Shabani A, Mirghafari M, Seyedzadeh A, Hamerezaee M, Mouloudpourfard B. Identifying and assessing risk in a textile industry in Iran using the technique of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). Journal of Health in the Field 2024; 12(1):11-21. Doi: <https://doi.org/10.22037/jhf.v12i1.45385>.

**Corresponding Author:** Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Allied Medical Sciences, Iranshahr University of Medical Sciences, Iranshahr, Iran.

**Corresponding Author:** Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health and Allied Medical Sciences, Iranshahr University of Medical Sciences, Iranshahr, Iran.

**Email:** [bafrin.moloudpour@yahoo.com](mailto:bafrin.moloudpour@yahoo.com)

**Received:** 21 May 2024

**Accepted:** 20 July 2024



## شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک در یک صنعت نساجی در ایران با استفاده از تکنیک تجزیه و تحلیل حالات و اثرات شکست (FMEA)

علیرضا شهابانی<sup>۱</sup>، مرضیه میرغفاری<sup>۱</sup>، علی سیدزاده<sup>۲</sup>، مسعود حمه رضایی<sup>۲</sup>، بفرین مولودپورفرد<sup>۲\*</sup>

<sup>۱</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی‌شاپور اهواز، اهواز، ایران  
<sup>۲</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران

### مقاله پژوهشی

#### چکیده

**زمینه و اهداف:** صنایع نساجی دارای انواع مختلفی از خطرات است که باعث حوادث می‌شود. یکی از راه‌های پیشگیری از حوادث محیط کار، شناسایی خطرات و ارزیابی آن‌ها است. به همین دلیل مطالعه حاضر با هدف ارزیابی خطرات یکی از شرکت‌های نساجی به روش تجزیه و تحلیل حالات و اثرات شکست انجام گرفت.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش از نوع توصیفی-مقطعی بوده و برای انجام آن از روش تجزیه و تحلیل حالات و اثرات شکست استفاده شد. در این مطالعه دو سالن رنگرزی و رول‌کشی در صنعت نساجی مورد ارزیابی قرار گرفتند. پس از محاسبه عدد اولویت ریسک، خطرات رتبه‌بندی شدند و اقدامات اصلاحی لازم پیشنهاد گردید. تمام مراحل این تحقیق با رعایت موازین اخلاقی و پژوهشی انجام شد.

**یافته‌ها:** در این مطالعه ۱۴۵ علت ریشه‌ای خطرات بالقوه شناسایی شد که ۷۱ مورد از آن‌ها به عنوان خطرات دارای سطح ریسک بالا شناخته شد. بالاترین ریسک مربوط به عدم کارکرد کلید توقف اضطراری بود. پاشش بخار لوله‌های بخار دارای کمترین ریسک بود. همچنین پرخطرترین فعالیت در قسمت چاپ رنگ بر روی پارچه شناخته شد. رویدادهای منجر به مرگ و قطع عضو، بیشترین فراوانی را داشتند.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد بعد از تشخیص منابع خطا می‌توان از نقص جلوگیری کرد و کارایی فرایند را با جلوگیری از آسیب به مواد، عملیات و پرسنل افزایش داد. پژوهش حاضر روش تجزیه و تحلیل حالات و اثرات شکست را جهت ارزیابی خطرات در شرکت نساجی مؤثر می‌داند. همچنین می‌توان از نتایج این روش برای کاهش سطح ریسک به سطح قابل قبول بهره جست.

**کلیدواژه‌ها:** ارزیابی ریسک، ایمنی، FMEA، شرکت نساجی

**Please cite this article as:** Shabani A, Mirghafari M, Seyedzadeh A, Hamerezaee M, Mouloudpourfard B. Identifying and assessing risk in a textile industry in Iran using the technique of Failure Modes and Effects Analysis (FMEA). Journal of Health in the Field 2024; 12(1):11-21. Doi: <https://doi.org/10.22037/jhf.v12i1.45385>.

\*نویسنده مسئول: گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

Email: [bafrin.moloudpour@yahoo.com](mailto:bafrin.moloudpour@yahoo.com)

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۴/۳۰

## مقدمه

بعد از کشاورزی، صنعت نساجی یکی از بزرگ‌ترین صنایع دنیاست و زمینه اشتغال بیشتر مردم را نیز فراهم می‌کند. انسان از ۹۰۰۰ سال پیش تاکنون از پارچه استفاده می‌کرده است. از همین رو صنعت نساجی قدمت تاریخی زیادی دارد [۱]. صنعت نساجی، صنعت تولید پارچه از الیاف می‌باشد که ابتدا الیاف به نخ و سپس نخ به پارچه تبدیل می‌شود و در آخر فرایندهای تکمیلی مانند رنگرزی و چاپ روی پارچه انجام می‌شود [۲]. بررسی آخرین گزارش آماری نشان می‌دهد که تجارت و صادرات پوشاک از سال ۲۰۱۲ به شدت رو به افزایش بوده است [۳]. در ایران نیز حدود ۸۰۰۰ واحد صنعتی در حوزه نساجی و پوشاک در حال فعالیت هستند که ۱۱ درصد از کل مراکز فعال صنعتی کشور و حدود ۱۲ درصد از اشتغال صنعتی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. صنعت نساجی به دلیل مزیت‌های مهمی از جمله ارزآوری، تولید ثروت ملی، نیاز به سرمایه‌گذاری کمتر نسبت به سایر صنایع و همچنین ارزش افزوده بالا در کشور توسعه زیادی پیدا کرده است و بخش مهمی از صنعت کشور را به خود اختصاص داده است [۴].

صنایع نساجی دارای انواع مختلفی از خطرات است، به عنوان مثال: خطرات فیزیکی، بیولوژیکی، شیمیایی و ارگونومیکی. این خطرات منجر به محیط کار ناسالم، افزایش تعداد آسیب‌ها و بیماری‌های خطرناک در محیط کار می‌شود. کارگران صنایع نساجی در معرض آلودگی‌های الیاف پنبه و در نتیجه بیماری‌های ریوی هستند. همچنین از بیماری‌های متعددی مثل سرطان معده، مری، مغز، سرطان ریه و سرطان خون به دلیل مواجهه با مواد شیمیایی رنج می‌برند [۵، ۶]. نیروی انسانی به عنوان مهمترین عامل در تولید، همواره توسط عوامل بسیاری تهدید می‌شود که یکی از مهمترین آنها حوادث ناشی از کار می‌باشد [۷]. مقایسه حوادث بزرگ در کشورهای مختلف صرف‌نظر از میزان توسعه‌یافتگی آن‌ها مبین شباهت‌های زیاد آن‌ها با یکدیگر است. عواملی نظیر خطاهای انسانی، اعتماد بیش از اندازه به ایمن بودن تاسیسات، اشکالات در طراحی و عدم آمادگی در شرایط بحرانی از دلایل عمده بروز فجایع انسانی و زیست محیطی بوده‌اند [۸]. بر طبق گزارش سازمان بین‌المللی کار در سال ۲۰۱۹ بیش از ۲/۹ میلیون نفر سالانه به علت حوادث شغلی یا بیماری‌های مرتبط با کار جان خود را از دست می‌دهند که ۲/۵۸ میلیون مرگ ناشی از بیماری‌های مرتبط با کار و ۰/۳۳ میلیون مورد مربوط به حوادث شغلی است [۹].

حوادث کاری یک مشکل جدی در جامعه ما تلقی می‌شود و پیامدهای مهمی از نظر روانی، سلامتی، اجتماعی و اقتصادی دارد [۱۰]. جهت پیشگیری از وقوع حوادث، ابتدا باید علل حوادث را بررسی و پردازش نمود تا از تکرار حوادث مشابه جلوگیری کرد [۱۱]. یکی از راه‌های پیشگیری از حوادث محیط کار، شناسایی خطرات و ارزیابی آن‌ها است. ارزیابی ریسک روشی سازمان‌یافته و نظام‌مند در جهت برآورد ریسک و

ارزشیابی آن جهت رتبه‌بندی تصمیمات در راستای کاهش ریسک به حد قابل قبول سیستم است [۱۲]. در حقیقت از این طریق، داده‌های بسیار باارزشی برای تصمیم‌گیری در زمینه کاهش ریسک خطرات، بهسازی محیط اطراف و تاسیسات خطرناک و برنامه‌ریزی برای شرایط اضطراری فراهم می‌کند [۱۳]. روش تجزیه و تحلیل حالات و اثرات شکست FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) یک روش ارزیابی ریسک نیمه کمی است و بدلیل جامع و فراگیر بودن این روش برای صنایع پیچیده مناسب بوده و در زمینه مدیریت ریسک برای تضمین قابلیت اطمینان و ایمنی محصول و سیستم در صنایع مختلف قابل اعتماد است [۱۴]. این روش را می‌توان برای تعیین مؤثر نقص‌ها و خطاهای احتمالی یک فرآیند یا سیستم استفاده کرد. در واقع این روش بر شناسایی خطاها و پیشگیری از وقوع مشکلات احتمالی و نیز یافتن کم هزینه‌ترین راه حل و ارائه پیشنهاد سازنده در جهت حل مشکلات تأکید دارد [۱۵].

اهداف اصلی استفاده از FMEA شناسایی حالت‌های شکست احتمالی، ارزیابی اثرات بعدی آن‌ها بر عملکرد سیستم و در نتیجه توصیه استراتژی‌هایی برای حذف یا کاهش احتمال وقوع یا شدت و افزایش قابلیت تشخیص حالت شکست است. کاربرد مطلوب FMEA منجر به کاربرد آن در بسیاری از مطالعات عملی مربوط به ارزیابی ریسک شده است.

در واقع تکنیک FMEA روشی برای اولویت‌بندی حالت‌های شکست بر اساس نمره اولویت ریسک (Risk Priority Number: RPN) است [۱۶]. ارزیابی وضعیت ایمنی و بهداشت شغلی در صنایع نساجی جهت شناسایی خطرات بحرانی به دلیل وجود مخاطرات گسترده بسیار مهم است. همچنین از آنجایی که این صنایع نیازمند تأمین، حفظ و نگهداری شرایط ایمن در محیط کاری برای شاغلین و محیط‌زیست هستند [۶]؛ لذا مطالعه حاضر با هدف شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک یکی از شرکت‌های نساجی به روش FMEA جهت کاهش احتمال بروز حوادث انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش از نوع توصیفی-مقطعی بوده و برای انجام آن از روش ارزیابی ریسک FMEA جهت شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک استفاده شد [۱۷]. بررسی مطالعات نشان داده است که علی‌رغم به‌کارگیری روش‌های مختلف در ارزیابی و اولویت‌بندی خطرات بالقوه و تحلیل نقاط شکست، در ۹۵ درصد موارد، صنایع تولیدکننده محصول از روش FMEA استفاده کرده‌اند. زیرا این روش با وجود سادگی، ابزاری قدرتمند برای تشخیص و کمک به کاهش خطرات موجود و همچنین روشی کارآمد برای شناسایی، پیشگیری و کنترل خطرات بالقوه و آنالیز

باشد. اطلاعات فنی، زیست‌محیطی و ارگونومیک نیز در شناسایی بهتر علل مؤثر هستند. در این مرحله اعضای تیم با استفاده از ابزارهایی مانند بارش افکار و نمودار علت و معلول عللی را که می‌توانستند منجر به وقوع هر یک از حالات خطا شوند، شناسایی کردند.

۷. فهرست کردن کنترل‌های جاری به‌منظور شناسایی هر یک از خطاها: در این مرحله اعضای تیم، کنترل‌هایی که به‌صورت جاری در فرایند تحت مطالعه جهت شناسایی حالات خطا وجود داشت، شناسایی و فهرست کردند. از جمله کنترل‌های جاری شامل: بررسی موارد عدم انطباق با استاندارد، الزامات، قوانین و دستورالعمل‌ها می‌باشد.

۸. محاسبه عدد اولویت ریسک (RPN): عدد اولویت ریسک (رابطه شماره ۱) حاصلضرب سه عدد شدت پیامد (Severity)، احتمال وقوع (Occurrence) و احتمال کشف (Detection) است [۲۱]:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (۱)$$

عدد اولویت ریسک به‌عنوان شاخصی برای طبقه‌بندی خطاها و انجام اقدامات اصلاحی محاسبه شد. هر چه این عدد بالاتر باشد، اولویت آن برای آنالیز و تخصیص منابع بالاتر است. برای اعداد با ریسک بالا اقدامات اصلاحی در نظر گرفته شد.

الف) شدت پیامد: میزان جدی بودن مخاطرات بالقوه بر انسان، محیط‌زیست و اعتبار و سرمایه شرکت است. برای آن شاخص کمی وجود دارد که با مقیاس بیان می‌گردد. امتیاز هر مخاطره با توجه به پیامد آن با استفاده از جدول شماره ۱ تقسیم‌بندی می‌شود.

ب) احتمال وقوع: بیانگر سوابق رخداد خطر است و مشخص می‌کند که علت یا مکانیزم بالقوه خطر با چه فرکانسی رخ می‌دهد. تنها با از بین بردن یا کاهش علل هر خطر است که می‌توان به کاهش عدد احتمال وقوع امیدوار بود. احتمال وقوع بر مبنای ۱ تا ۱۰ سنجیده می‌شود. برای تعیین میزان آن باید به سوابق بروز خطر در شرکت و صنایع مشابه و همچنین کنترل‌های جاری رجوع کرد. مقدار احتمال وقوع از جدول شماره ۲ بر اساس احتمال وقوع برای هر یک از علل بروز خطر انتخاب می‌شود.

ج) احتمال کشف: نوعی ارزیابی از میزان توانایی است که جهت شناسایی علت وقوع خطر وجود دارد. به عبارت دیگر، توانایی پی‌بردن به خطر قبل از رخداد آن است. بررسی فرآیندهای کنترلی، استانداردها و قوانین کار و نحوه اعمال آن‌ها برای دست یافتن به این عدد بسیار مفید است. براساس نوع کنترل‌های جاری، امتیاز قابلیت کشف خطر از جدول شماره ۳ انتخاب می‌شود.

اثرات شکست‌ها روی سازمان است و سبب ارتقای قابلیت اطمینان و ایمنی در سازمان می‌شود [۱۸]. در حال حاضر انواع روش FMEA وجود دارد:

۱. FMEA طراحی (DFMEA) که بر شکست‌های احتمالی در طراحی یک محصول یا سیستم تمرکز می‌کند.

۲. FMEA فرآیندی (PFMEA) که بر خرابی‌های احتمالی در فرآیند تولید یا مونتاژ تمرکز می‌کند

۳. FMEA سیستمی (SFMEA) که خرابی‌های بالقوه را در یک سیستم کامل ارزیابی می‌کند.

۴. FMEA نرم‌افزاری (SW-FMEA) که بر خرابی‌های احتمالی در سیستم‌های نرم‌افزاری تمرکز دارد.

۵. FMEA خدماتی (SERV-FMEA) که بر خرابی‌های بالقوه در یک فرآیند سرویس تمرکز می‌کند.

پژوهش حاضر که از نوع FMEA فرآیندی است، در دو سالن رنگرزی و رول‌کنی در یک صنعت نساجی انجام گرفت. در سالن رنگرزی تعداد ۱۴ دستگاه و در سالن رول‌کنی تعداد ۳ دستگاه موجود بود که فرایند ارزیابی ریسک برای این دستگاه‌ها و همچنین بخش رنگ‌سازی و هر کدام از سالن‌ها انجام شد [۱۹]. از آنجایی که ریسک‌ها اکثراً به‌صورت کیفی بوده و دارای مقیاس‌های متفاوتی بودند، لذا برای کمی نمودن آن‌ها و در نهایت ارزیابی و طبقه‌بندی آن‌ها از روش FMEA استفاده گردید. این تکنیک به ترتیب زیر به اجرا درآمد [۲۰]:

۱. تشکیل اعضای تیم ارزیابی ریسک

۲. مشخص نمودن فرآیند تحت مطالعه: همه واحدهای در حال فعالیت شرکت شناسایی و فعالیت‌ها و فرایندها بررسی شد.

۳. مشخص کردن گام‌های فرآیند و عوامل تشکیل‌دهنده سیستم: فرآیند مورد نظر تعریف شد.

۴. فهرست کردن حالات بالقوه خطا برای هر یک از آن‌ها (تعیین خطرات بالقوه): تمام خطرات محیطی، تجهیزاتی، انسانی که ایمنی را تهدید می‌کند در نظر گرفته شد و حالات هر خطر نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۵. تعیین اثرات بالقوه بروز هر یک از این حالات خطا: اثرات بالقوه بروز هر خطر، اثرات احتمالی هستند که برای ایمنی افراد خطرناک باشند. در این مرحله اثرات احتمالی بروز هر یک از حالات خطا یا همان پیامدهای بروز خطا شناسایی شد.

۶. تعیین علل بروز هر یک از این حالات خطا: شناخت کافی از فرایند مورد ارزیابی می‌تواند کمک فراوانی برای شناسایی علل به وجود آمدن خطر

جدول ۱- رتبه‌بندی خطر با توجه به شدت اثرات آن [۲۱]

Table 1- Ranking of risk according to the severity of its effects

| امتیاز | شرح                | معیار                                                  |
|--------|--------------------|--------------------------------------------------------|
| ۱۰     | خطرناک- بدون هشدار | وخامت تأسف بار است مثل خطر مرگ، تخریب کامل             |
| ۹      | خطرناک- هشدار      | وخامت تأسف بار اما همراه با هشدار است.                 |
| ۸      | خیلی زیاد          | وخامت جبران‌ناپذیر- عدم توانایی انجام وظیفه اصلی       |
| ۷      | زیاد               | وخامت زیاد است مانند آتش گرفتن تجهیزات، سوختگی بدن     |
| ۶      | متوسط              | وخامت کم است مانند ضرب‌دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی       |
| ۵      | کم                 | وخامت خیلی کم مانند ضرب‌دیدگی، مسمومیت خفیف غذایی      |
| ۴      | خیلی کم            | وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند. |
| ۳      | اثرات جزئی         | اثر جزئی بر جا می‌گذارد مثل خراش دست به هنگام تراشکاری |
| ۲      | خیلی جزئی          | اثر خیلی جزئی دارد.                                    |
| ۱      | هیچ                | بدون اثر                                               |

واقع نیاز به اصلاح داشتند، مشخص گردید. پس از تعیین سطح ریسک، در موارد با عدد RPN بالاتر از عدد حدی و برای خطراتی که دارای حداقل یک عدد ۱۰ بودند، نیز اقدام اصلاحی لازم (تعیین کنترل‌های جدید با در نظر گرفتن تغییرات در کنترل‌های وضعیت موجود) در نظر گرفته شد.

۱۱. ارزیابی اثربخشی اقدامات انجام شده: پس از اجرای استراتژی‌ها مجدداً عدد RPN برای فرآیند موردنظر محاسبه شد. کاهش عدد نشان‌دهنده اثربخشی اقدامات و استراتژی‌های به کارگرفته شده است. اگر کاهش ایجاد نشده بود، فرایند ارزیابی با روش FMEA تکرار گردید [۲۲]. جهت رسم نمودارهای مربوطه و مقایسه واحدهای مختلف از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد. فلوچارت مراحل انجام فرایند FMEA در شکل ۱ ذکر شده است:

۹. روش تحلیل و توصیف داده‌ها: با توجه به دستورالعمل موجود در شرکت با مدنظر قرار دادن تخصیص اعداد ۱ تا ۱۰ به هریک از پارامترهای S، O و D، عدد اولویت ریسک عددی بین ۱ و ۱۰۰۰ خواهد بود. در این مرحله خطرات را براساس عدد اولویت ریسک رتبه‌بندی نموده و براساس روش FMEA یک حد RPN در نظر گرفتیم. برای دستیابی به سطح اطمینان ۸۰ درصد، عدد حدی به شرح ذیل بدست می‌آید:

$$1000 - 800 = 200 \longrightarrow 800 = 1000 \times 80\%$$

بنابراین به‌صورت قراردادی خطراتی را که RPN بالای ۲۰۰ داشتند، غیرقابل قبول تلقی کرده و کمتر از ۲۰۰ را قابل قبول شناخته و سطح ریسک در ستون مربوطه مشخص شد.

۱۰. اجرا و پیاده‌سازی اقدامات اصلاحی: در این مرحله خطرات براساس عدد RPN رتبه‌بندی شد. سپس خطراتی که RPN بالا داشته و در

جدول ۲- رتبه‌بندی احتمال وقوع خطر [۲۱]

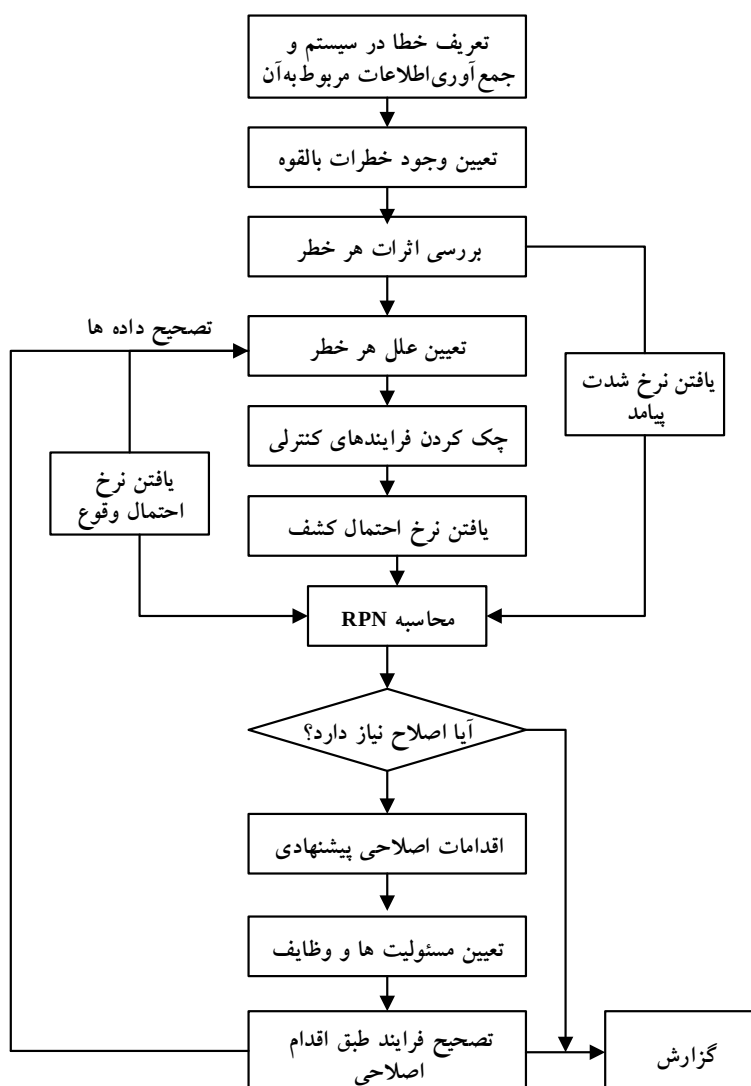
Table 2- Ranking of likelihood of occurrence of risk

| امتیاز | نرخ‌های احتمالی      | احتمال رخداد                              |
|--------|----------------------|-------------------------------------------|
| ۱۰     | ۱ در ۲ یا بیش از آن  | بسیار زیاد- خطر تقریباً اجتناب‌ناپذیر است |
| ۹      | ۱ در ۳               |                                           |
| ۸      | ۱ در ۸               |                                           |
| ۷      | ۱ در ۲۰              | زیاد- خطرهای تکراری                       |
| ۶      | ۱ در ۸۰              |                                           |
| ۵      | ۱ در ۴۰۰             | متوسط- خطرهای موردی                       |
| ۴      | ۱ در ۲۰۰۰            |                                           |
| ۳      | ۱ در ۱۵۰۰۰           | کم- خطرهای نسبتاً نادر                    |
| ۲      | ۱ در ۱۵۰۰۰۰          |                                           |
| ۱      | کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰ | بعید- خطر نامحتمل است                     |

جدول ۳- رتبه‌بندی احتمال کشف خطر [۲۱]

Table 3- Ranking of likelihood of detection of risk

| امتیاز | قابلیت کشف   | معیار                                                                   |
|--------|--------------|-------------------------------------------------------------------------|
| ۱۰     | مطلقاً هیچ   | هیچ کنترلی وجود ندارد و یا در صورت وجود قادر به کشف خطر بالقوه نیست.    |
| ۹      | خیلی ناچیز   | احتمال خیلی ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود خطر آشکار شود.            |
| ۸      | ناچیز        | احتمال ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود خطر آشکار شود.                 |
| ۷      | خیلی کم      | احتمالی خیلی کمی دارد که با کنترل‌های موجود خطر آشکار شود.              |
| ۶      | کم           | احتمال کمی دارد که با کنترل‌های موجود خطر آشکار شود.                    |
| ۵      | متوسط        | در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل موجود خطر بالقوه آشکار شود.      |
| ۴      | نسبتاً زیاد  | احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه آشکار شود.   |
| ۳      | زیاد         | احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه آشکار شود.          |
| ۲      | خیلی زیاد    | احتمال خیلی زیاد وجود دارد.                                             |
| ۱      | تقریباً حتمی | تقریباً به‌طور حتم با کنترل‌های موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار می‌شود. |



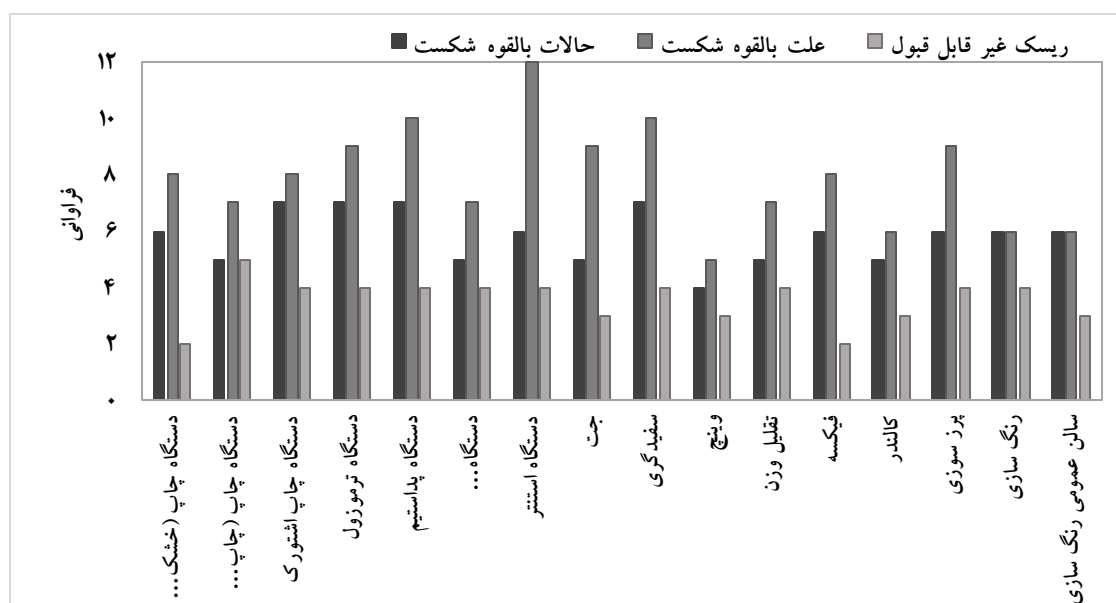
شکل ۱- دیاگرام مراحل انجام فرایند شناسایی و ارزیابی خطرات با استفاده از روش FMEA [۲۳]

Figure 1- Diagram of the steps of the process of identifying and assessing hazards using FMEA method

## یافته‌ها

در مطالعه حاضر ۱۴ دستگاه و بخش رنگ‌سازی موجود در سالن رنگ‌گری و ۳ دستگاه موجود در سالن رول‌کنی به همراه سالن‌های عمومی آن‌ها که پتانسیل ایجاد ریسک‌های ایمنی و بهداشتی را داشتند، با استفاده از روش FMEA مورد ارزیابی ریسک قرار گرفت. پس از انجام فرایند شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، ۱۱۱ حالت بالقوه شکست شناسایی شد. برای هر حالت بالقوه شکست، تمامی علت‌های بالقوه که در مجموع ۱۴۵ مورد بود، شناسایی شد. سپس برای هر علت بالقوه مرتبط با حالات شکست مربوطه مقدار RPN محاسبه شد. در مجموع از ۱۴۵ علت بالقوه تعداد ۷۱ مورد آن به عنوان خطرات دارای ریسک بالای آسیب‌رسانی شناخته شدند. در واقع حدود ۴۹ درصد دلایل بالقوه شناسایی شده، غیر

قابل قبول بودند. مقادیر RPN به دست آمده برای خطرات همه بخش‌ها و دستگاه‌ها اعدادی بین ۴۲ و ۳۶۰ متغیر بودند. تعداد ریسک‌های غیر قابل قبول برای دستگاه‌های سالن رنگ‌گری و سالن عمومی آن ۵۷ مورد بود. در واقع از مجموع ۱۲۷ علت بالقوه شناسایی شده در این بخش، حدوداً ۴۵ درصد آن‌ها غیرقابل قبول بودند. بیشترین فراوانی علت‌های بالقوه شکست مربوط به دستگاه استنتر بود. همچنین دستگاه‌های چاپ اشتورک، ترموزول، پد استیم و سفیدگری بیشترین تأثیر را در بروز حالات شکست داشتند. تعداد حالات بالقوه شکست، علت بالقوه و همچنین تعداد ریسک‌های غیرقابل قبول برای دستگاه‌های سالن رنگ‌گری و سالن عمومی آن در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.



شکل ۱- تعداد حالات بالقوه شکست، علت بالقوه و ریسک غیرقابل قبول دستگاه‌های سالن رنگ‌گری و سالن عمومی آن

Figure 2- The number of potential failure modes, potential cause and unacceptable risk of the machines of the dyeing hall and its general salon

می‌تواند به علت تعدد بیشتر دستگاه‌ها در این سالن باشد. در شکل شماره ۴، مقایسه فراوانی ریسک‌های غیرقابل قبول برای همه دستگاه‌ها و سالن‌ها نشان داده شده است. به‌طور کلی آسیب‌های بالقوه شناسایی شده در این پژوهش شامل آسیب‌های فیزیکی (قطع عضو، له شدن انگشتان، شکستگی و...)، برق‌گرفتگی و سقوط از ارتفاع و... می‌باشد. براساس نتایج شکل ۵، در بین حوادثی که ممکن است ایجاد شوند، رویدادهای منجر به فوت و قطع عضو بیشترین فراوانی را داشتند که حوادث مربوط به قطع عضو با حفاظ گذاری مناسب قابل پیشگیری خواهند بود. نتایج تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که در سالن رنگ‌گری بیشترین عدد RPN برای همه دستگاه‌ها مربوط به خطرات برق‌گرفتگی، عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه بودند. در سالن

همچنین تعداد ریسک‌های غیر قابل قبول برای دستگاه‌های سالن رول‌کنی و سالن عمومی آن ۱۴ مورد بودند. در واقع از مجموع ۱۸ علت بالقوه شناسایی شده در این بخش، حدوداً ۷۸ درصد آن‌ها غیرقابل قبول بودند. بیشترین فراوانی علت‌های بالقوه شکست مربوط به دستگاه طاقه‌کنی بود. همچنین این دستگاه بیشترین تأثیر را در بروز حالات شکست داشت. تعداد حالات بالقوه شکست، علت بالقوه و همچنین تعداد ریسک‌های غیرقابل قبول برای دستگاه‌های سالن رول‌کنی و سالن عمومی آن در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.

نتایج پژوهش نشان داد که بیشتر ریسک‌های غیرقابل قبول، مربوط به دستگاه‌های سالن رنگ‌گری است. همچنین علت‌های بالقوه مربوط به حالات بالقوه شکست شناسایی شده سالن رنگ‌گری بیشتر است که



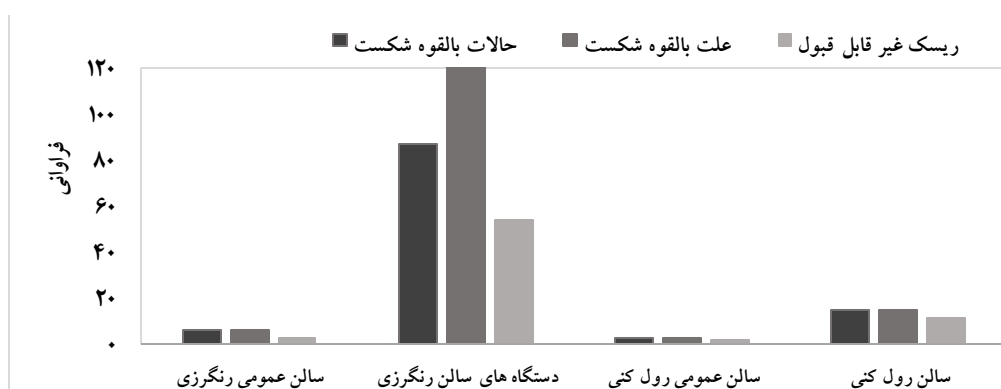
پرخاطرترین فعالیت با بالاترین عدد اولویت ریسک در فعالیت "کار با دستگاه چاپ" در قسمت چاپ رنگ بر روی پارچه بود. یک نمونه کاربرد تکمیل شده روش ارزیابی ریسک FMEA در آنالیز خطر دستگاه اشتورک در جدول ۴ نشان داده شده است.

رول کنی بیشترین عدد RPN برای همه دستگاه‌ها مربوط به عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه بودند. بیشترین حالت شکست برای کلیه بخش‌های مورد ارزیابی مربوط به عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه بود. در مقابل، پاشش بخار مربوط به لوله‌های بخار که اثر بالقوه آن سوختگی می‌باشد، دارای کمترین نمره ریسک بود. همچنین



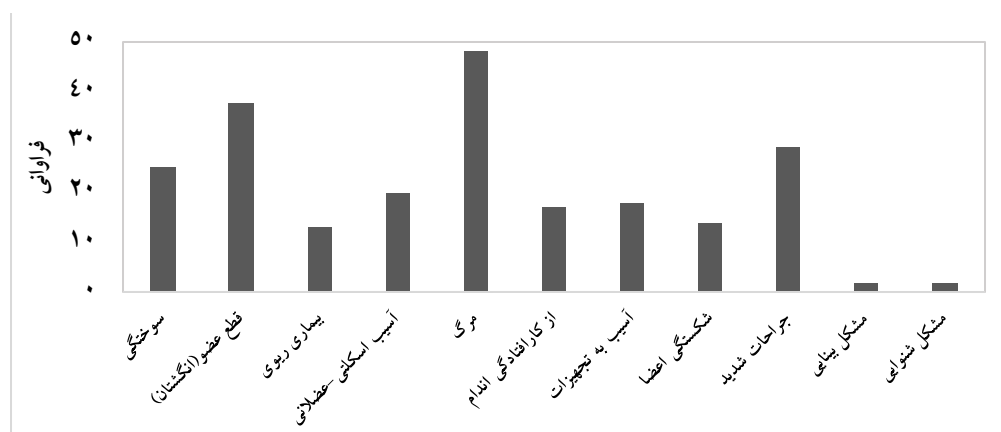
شکل ۲- تعداد حالات بالقوه شکست، علت بالقوه و ریسک غیر قابل قبول دستگاه‌های سالن رول کتی و سالن عمومی آن

Figure 3- The number of potential failure modes, potential cause and unacceptable risk of the machines of rolling hall and its general salon



شکل ۳- مقایسه فراوانی ریسک‌های غیر قابل قبول برای همه دستگاه‌ها و سالن‌ها

Figure 4- Comparison of the frequency of unacceptable risks for all devices and salons



شکل ۴- انواع رویدادهای منجر به حوادث ایجاد شده بر حسب فراوانی

Figure 5- Types of incidents leading to the created accidents according to frequency



جدول ۴- نمونه کاربرد تکمیل شده FMEA در آنالیز خطر دستگاه اشتورک

Table 4- Example of the completed FMEA worksheet in the risk analysis of the Stork device

\* ریسک‌های غیر قابل قبول

| ردیف | حالات بالقوه شکست                                    | اثرات بالقوه                                                               | علل بالقوه شکست                                                                                                                                                                                                  | احتمال وقوع<br>احتمال کشف<br>شدت اثر | RPN  | اقدامات کنترلی پیشنهادی                                                                                                                | احتمال وقوع<br>احتمال کشف<br>شدت اثر | RPN |
|------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----|
| ۱    | گذاشتن دست زیر دستگاه                                | ۱. شکستگی استخوان ۲. له شدگی و قطع انگشتان ۳. کوفتگی ۴. ازکار افتادگی جزئی | ۱. عدم وجود حفاظ مناسب<br>۲. عدم وجود دستورالعمل ایمن کاری                                                                                                                                                       | ۷<br>۴<br>۸                          | ۲۲۴* | ۱. نصب حفاظ ۲. آموزش<br>۳. تهیه دستورالعمل                                                                                             | ۳<br>۴<br>۸                          | ۹۶  |
| ۲    | پاشش مواد شیمیایی                                    | ۱. آسیب پوستی<br>۲. آسیب به چشم<br>۳. تهوع و استفراغ در صورت بلع           | ۱. محکم نکردن درب ظروف نگهدارنده<br>۲. محکم نبودن اتصالات<br>۳. نشتی شیلنگ‌ها                                                                                                                                    | ۹<br>۴<br>۸                          | ۲۸۸* | ۱. رفع نشتی‌ها و محکم کردن اتصالات<br>۲. بازرسی روزانه ۳. آموزش و تهیه دستورالعمل ایمن کاری ۴. لباس کار مناسب ۵. معاینات ادواری        | ۴<br>۳<br>۸                          | ۹۶  |
| ۳    | پوسچر کاری                                           | ۱. آسیب‌های اسکلتی عضلانی                                                  | ۱. ایستادن طولانی مدت و پوسچر نامناسب<br>۲. حمل دستی بار                                                                                                                                                         | ۸<br>۳<br>۴                          | ۹۶   |                                                                                                                                        |                                      |     |
| ۴    | پاشش بخار                                            | ۱. سوختگی<br>۲. آسیب به تجهیزات                                            | ۱. فرسودگی تجهیزات و شیرهای بخار<br>۲. نشتی لوله‌های انتقال بخار                                                                                                                                                 | ۳<br>۲<br>۷                          | ۴۲   |                                                                                                                                        |                                      |     |
| ۵    | اتصال در برق و وجود برق در بدنه دستگاه               | ۱. سوختگی و برق‌گرفتگی<br>۲. اثرات ناشی از پرت شدن<br>۳. فلج شدن<br>۴. مرگ | ۱. وجود سیم بدون روکش و بیرون زدگی پریز<br>۲. عدم وجود کلید محافظ جان در تابلو ۳. ارت نشدن تابلو ۴. تماس کابل برق دار با بدنه تابلو ۵. کابل کشی نامناسب و افتادن کابل‌ها در آب ۶. تماس کابل با بدنه فلزی تجهیزات | ۴<br>۸<br>۱۰                         | ۳۲۰* | ۱. ارت کردن تمام تجهیزات<br>۲. نصب کلید محافظ جان<br>۳. نصب کف پوش عایق جلو تابلو<br>۴. داکت کشی و ترانکینگ کشی<br>۵. روکش کردن سیم‌ها | ۳<br>۷<br>۴                          | ۸۴  |
| ۶    | عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه در شرایط اضطراری | ۱. قطع عضو<br>۲. مرگ                                                       | ۱. عدم بازدید کلید توقف اضطراری<br>۲. عدم وجود برنامه سرویس و نگهداری<br>۳. سرویس نکردن تجهیز                                                                                                                    | ۴<br>۹<br>۱۰                         | ۳۶۰* | ۱. بازرسی دوره ای<br>۲. تهیه برنامه سرویس و نگهداری مناسب<br>۳. آموزش و تدوین دستورالعمل ایمن کاری                                     | ۳<br>۴<br>۷                          | ۸۴  |
| ۷    | سقوط از ارتفاع                                       | ۱. شکستگی ۲. آسیب اندام‌ها و از کار افتادگی                                | ۱. عدم وجود نردبان یا پلکان سیار برای دسترسی به غلتک بالایی برای ردپارچه                                                                                                                                         | ۶<br>۴<br>۸                          | ۱۹۲  |                                                                                                                                        |                                      |     |

## بحث

صنایع نساجی به عنوان بخش مهمی از صنعت نفت، یکی از محل های پرمخاطره شغلی محسوب می شوند که کار در آن ها از پتانسیل بالایی در خصوص بروز حادثه برخوردار است. به طوری که در این پژوهش از مجموع ۱۴۵ مورد علت بالقوه مرتبط با حالات شکست، ۷۱ مورد آن به عنوان خطرات دارای مقادیر RPN غیر قابل قبول و ریسک بالای آسیب رسانی شناخته شدند. Kucuk و همکارانش نیز در سال ۲۰۱۶ در بخش برش یک شرکت پوشاک برای شناسایی علل اصلی خطاها و اولویت بندی خطرات از روش FMEA استفاده کردند. طی این پژوهش ۱۸ خطا شناسایی شد که ۸ مورد از آن ها دارای عدد اولویت ریسک غیر قابل قبول بودند [۱۷]. در سال ۲۰۱۹ Mutlu و همکاران نیز از روش FMEA برای شناسایی خطرات فرایند تولید نخ بخش ریسندگی استفاده کردند تا همه خطرات احتمالی به ترتیب با توجه به اولویت ریسک رتبه بندی شوند. آن ها در مجموع ۵۷ علت اصلی خطر در بخش تولید نخ را شناسایی کردند [۵]. جانی زاده و همکاران در سال ۲۰۱۹ برای شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک در صنعت نساجی از روش HAZAN استفاده کردند. آنها ۱۰۲ خطر در خط تولید شناسایی کردند که بیشترین خطرات در بخش ring مشاهده شد [۲۴].

نتایج این پژوهش نشان داد که روش FMEA به عنوان یک روش مناسب جهت شناسایی و ارزیابی خطرات ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی می باشد. نتایج مطالعه Beyene و همکاران در سال ۲۰۱۸ نیز نشان داد که با اعمال روش FMEA در بخش های مختلف فرایند تولید نساجی، می توان زمان تلف شده کاری به واسطه حادثه را به نسبت بیشتری کاهش دهد که این امر به نوبه خود منجر به بهره وری بالاتر می شود [۲۵].

در این پژوهش پرخفرتترین فعالیت با بالاترین عدد اولویت ریسک در فعالیت "کار با دستگاه چاپ" در قسمت چاپ رنگ بر روی پارچه بود. نتایج مطالعه Mutlu و همکاران نیز در سال ۲۰۱۹ نشان داد که شکست مربوط به پیرایش پارچه در بخش رنگرزی پارچه شرکت نساجی بالاترین عدد اولویت ریسک را دارد و به طور قابل توجهی بالاتر از سطح پذیرش ریسک است. بعد از پیرایش پارچه، شکست های فرایند تکمیل پارچه بالاترین عدد اولویت ریسک را دارا بود [۲۶].

نتایج این مطالعه نشان داد که رویکرد بهبود مدیریتی می تواند برای جلوگیری از شکست های تجربه شده در فرایند کار با دستگاه چاپ اتخاذ شود. نتایج مطالعه Şahin هم که از روش FMEA برای شناخت حالات و اثرات شکست فرآیندهای مختلف در صنعت نساجی در سال ۲۰۲۱ استفاده کرده بود، نشان داد که بعد از تشخیص منابع خطا و تعیین سیستم نظارتی مؤثر می توان از نقص یا شکست جلوگیری کرد و آن را به موقع تشخیص داد و کارایی فرایند را با جلوگیری از آسیب به مواد و عملیات و نیروی انسانی افزایش داد [۲۷].

همچنین نتایج پژوهش Fithri و همکاران در سال ۲۰۱۸ نشان داد که ریسک ها و خطرات در بخش بافندگی ناشی از محیط کار و اپراتور بوده است. مهم ترین خطرات آتش سوزی ناشی از ترکیب قطعه الکتریکی معیوب با شرایط محیط کار و عدم رعایت دستورالعمل استاندارد کار بود که جزو کنترل های مدیریتی در محیط کار است و هنوز نیاز به بهبود داشت [۲۸]. نتایج مطالعه Özyazgan نیز در سال ۲۰۱۴ مشخص شد که شکست ها ناشی از ماشین بافندگی و پرسنل است. همچنین مشخص شد که آموزش پرسنل و بهبود شرایط کاری از عوامل حیاتی در رفع حالات شکست است [۲۹].

عدم وجود حفاظ روی چرخ دنده های شابلون، مواجهه با رنگ های اسیدی و بازی و بخارات آن و پاشش مواد از ظروف روباز به صورت و بدن افراد حین جابجایی و تخلیه، اتصالی در برق، عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه، عدم وجود حفاظ بر روی قسمت های انتقال نیرو جزو خطرات دارای ریسک غیر قابل قبول برای دستگاه چاپ، پد استیم، استنتر، جت، سفیدگری، وینچ، پرس سوزی، دستگاه تقلیل وزن و چاپ اشتورک بودند. مستهلک شدن شیلنگ و کوپلینگ های تزریق بخار به سیلندرها می تواند باعث ایجاد سوختگی ناشی از بخار اپراتور دستگاه پد استیم (سیلندر خشک) شود. اتصالی در برق، پاشش مواد و مواجهه با مواد شیمیایی و بخارات آن، طبقه بندی نامناسب مواد شیمیایی ناسازگار و عدم رعایت 5S جزو خطرات مربوط به دستگاه رنگ سازی بودند. اتصالی در برق، عدم وجود سیستم پنل اعلان حریق و عدم رعایت 5S خطرات مربوط به سالن عمومی رنگرزی بودند.

نصب حفاظ بر روی قسمت های گردنده، آموزش کارگران و تدوین دستورالعمل های کاری ایمن، اتصال سیم ارت و نصب کلید محافظ جان و قراردادن کابل ها درون داکت، بازدید هفتگی از عملکرد کلیدهای توقف اضطراری دستگاه و نصب آن در چهار طرف دستگاه، برگزاری کلاس های آموزشی جهت انجام کار ایمن با مواد شیمیایی، تهیه لوازم حفاظت فردی، تهیه ظروف درب دار ایمن برای جابجایی مواد، تعویض شیلنگ و کوپلینگ های فرسوده و بازدید ماهانه از آن ها و رفع عیوب، جداسازی مواد شیمیایی ناسازگار، رعایت نظم کارگاهی و نصب سیستم پنل اعلان حریق در سالن رنگرزی از جمله اقدامات پیشنهادی کنترلی بودند که با محاسبه مجدد عدد RPN با در نظر گرفتن این اقدامات، عدد آن به حد قابل قبول رسیدند.

پدال سیار دستگاه، اتصالی در برق و عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه جزو خطرات دارای ریسک غیر قابل قبول برای دستگاه طاقه کنی و پرس و کیوم بودند. همچنین اتصالی در برق و عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه جزو خطرات دارای ریسک غیر قابل قبول برای دستگاه رول کنی بودند. عدم وجود سیستم پنل اعلان حریق و عدم رعایت 5S خطرات مربوط به سالن عمومی رول کنی بودند. فیکس کردن پدال بر روی سکوی کوچکی بالاتر از سطح کف کارگاه و تغییر عملکرد دستگاه از طریق راه اندازی با دو مرحله، نصب حفاظ

که با توجه به وجود ریسک‌های غیرقابل قبول و نرخ بالای بروز حوادثی مثل آتش‌سوزی و همچنین آسیب به پرسنل شاغل در شرکت‌های نساجی، می‌توان با به کارگیری اقدامات کنترلی مناسب به سطح قابل قبول ریسک رسید که نشان دهنده مفید بودن روش FMEA عنوان یک روش مناسب جهت شناسایی و ارزیابی خطرات ایمنی، بهداشتی و زیست محیطی می‌باشد.

به‌طور کلی و با توجه به نتایج بدست آمده حدود ۴۹ درصد علت‌های بالقوه شناسایی شده دارای سطح ریسک غیرقابل قبول بودند و این نشان‌دهنده وضعیت نامناسب شرکت نساجی مورد مطالعه از نظر ایمنی و بهداشت است. در نتیجه با ارائه راهکارهای کنترلی می‌توان سطح ریسک را به حد قابل قبول رساند. بیشترین خطر موجود مربوط به حوادث الکتریکی بود که آسیب‌هایی از جمله سوختگی، برق‌گرفتگی و خرابی تجهیزات را به دنبال دارد که به علت سیم‌کشی نامناسب، عدم وجود سیستم ارتینگ و عدم وجود کلید محافظ جان می‌باشد. احتمال وقوع این حوادث با تعویض و ترمیم سیم‌کشی‌ها، نصب کلید محافظ جان و طراحی یک سیستم ارتینگ مناسب کاهش می‌یابد.

عدم وجود برنامه بازدید و ارزیابی دوره‌ای تجهیزات از بزرگ‌ترین مشکلات این صنعت بود که می‌تواند حوادثی را در پیش داشته باشد، برای رفع این مشکل باید برنامه منظم و اصولی برای بازدید و ارزیابی تمامی تجهیزات کارگاه تنظیم شود و به پرسنل هر بخش آموزش داده شود. برنامه‌ریزی ایمنی از مهم‌ترین عوامل پیشگیری از وقوع حادثه در محیط کاری می‌باشد. در نهایت اگر حادثه‌ای اتفاق بیفتد، مهندسان باید آن را به‌طور کامل مورد بررسی و ارزیابی قرار دهند و علل وقوع حادثه را مشخص نمایند. با مشخص شدن علل می‌توان راه‌های کنترل و از بین بردن آن‌ها را دریافت و از تکرار حوادث پیشگیری کرد.

### تشکر و قدردانی

این مطالعه توسط دانشگاه علوم پزشکی ايرانشهر در قالب طرح تحقیقاتی با کد اخلاق IR.IRSHUMS.REC.1402.004 حمایت مالی شده است. بدین وسیله نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از تمام کسانی که در مسیر این پژوهش، نهایت همکاری را داشته‌اند، اعلام می‌نمایند.

### تضاد منافع

بین نویسندگان هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

بر روی قسمت‌های گردنده، آموزش کارگران و تدوین دستورالعمل‌های کاری ایمن، اتصال سیم ارت و نصب کلید محافظ جان و قراردادن کابل‌ها درون داکت، بازدید هفتگی از عملکرد کلیدهای توقف اضطراری دستگاه و نصب آن در چهار طرف دستگاه، رعایت نظم کارگاهی و نصب سیستم پنل اعلان حریق در سالن رول‌کنی از جمله اقدامات پیشنهادی کنترلی بودند که با محاسبه مجدد عدد RPN، مقدار آن به حد قابل قبول رسیدند.

نتایج تجزیه و تحلیل‌ها نشان داد که بیشترین حالت شکست برای کلیه بخش‌های مورد ارزیابی مربوط به عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه بود. زیرا بروز این شکست جراحات شدید، قطع عضو و مرگ کارکنان را در پی دارد. در سالن رنگرزی بیشترین عدد RPN برای همه دستگاه‌ها مربوط به خطرات برق‌گرفتگی، عدم کارکرد کلید توقف اضطراری دستگاه بودند. Faith و همکاران نیز در سال ۲۰۲۱ خطرات مختلفی از جمله تماس با مواد شیمیایی، خطرات مکانیکی، برق‌گرفتگی، آتش‌سوزی و... در صنایع نساجی شناسایی کردند که در میان آن‌ها خطر برق‌گرفتگی و خطرات مرتبط با آن بیشترین رتبه ریسک را داشتند [۳۰]. Bathrinath و همکاران در سال ۲۰۲۱ جهت بررسی خطرات احتمالی در یکی از صنایع نساجی هند از AHP-TOPSIS استفاده کردند. مطالعه آنها نشان داد که حوادث در این صنایع عمدتاً بدلیل روشنایی و تهویه ضعیف، صدای زیاد و گرد و غبار و همچنین عدم توجه کارگران اتفاق می‌افتد. روشنایی و تهویه ضعیف تأثیرگذارترین خطرات در صنعت نساجی مورد بررسی شناسایی شد [۳۱].

انجام ارتینگ دستگاه‌ها، نصب کلید محافظ جان، قراردادن کابل‌ها درون داکت و رعایت اصول ایمنی برق می‌تواند از ایجاد حوادث برق‌گرفتگی جلوگیری کند. بازدید هفتگی از عملکرد کلیدهای توقف اضطراری دستگاه و نصب آن در چهار طرف دستگاه و بازدید روزانه قبل از شروع به کار دستگاه‌ها جهت اطمینان از کارکرد صحیح کلید توقف اضطراری می‌تواند از بروز خطرات در شرایط اضطراری پیشگیری کند. از جمله محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به فعال نبودن همه واحدهای شرکت نساجی مورد ارزیابی اشاره کرد؛ به همین دلیل تنها برای واحدهای فعال، فرایند شناسایی و ارزیابی خطرات انجام شد.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش ارزیابی ریسک در دو سالن رنگرزی و سالن رول‌کنی در یک صنعت نساجی به روش FMEA انجام گرفت. نتایج نشان دادند

## References

- 1- Ebadi SV, Kazerooni H, Semnani D. The compilation of strategic plan for advanced textile industry of Iran. *Journal of Strategic Management Studies* 2021; 12(45):141-59.
- 2- Adanur S. *Handbook of weaving*. New York: CRC Press 2020.
- 3- WTO. WTO Annual Report 2019. Available from: [https://www.wto.org/english/res\\_e/publications\\_e/anrep19\\_e.htm](https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/anrep19_e.htm). Accessed January 5, 2019.
- 4- Bahrami SH, Goodarz M. *Technical textiles*. 1st ed. Tehran: Amirkabir University of Technology Publication 2015.
- 5- Mutlu Ng, Altuntas S. Hazard and risk analysis for ring spinning yarn production process by integrated FTA-FMEA approach. *Textile and Apparel* 2019; 29(3):208-18.
- 6- Shukla A, Tiwari M, Bahukhandi K. HSE issues in textile industry. *International Research Journal of Engineering and Technology* 2021; 8(1):2149-60.
- 7- Abootorabi SM, Mehrno H, Omidvari M. Proposing a model for safety risk assessment in the construction industry using gray multi-criterion decision-making. *Journal of Health and Safety at Work* 2014; 4(3):67-74 (In Persian).
- 8- Pandit B, Albert A, Patil Y, Al-Bayati AJ. Impact of safety climate on hazard recognition and safety risk perception. *Safety Science* 2019; 113:44-5. Doi: 10.1016/j.ssci.2018.11.020.
- 9- Takala J, Hämäläinen P, Sauni R, Nygård CH, Gagliardi D, Neupane S. Global-, regional-and country-level estimates of the work-related burden of diseases and accidents in 2019. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 2024; 50(2):73-82.
- 10- Gonçalves SMP, Da Silva SA, Lima ML, Meliá JL. The impact of work accidents experience on causal attributions and worker behaviour. *Safety Science* 2008; 46(6):992-1001.
- 11- Nematollahi J, Nasrabadi M, Givchchi S. Analysis of accidents leading to amputations associated with operating with press machines, using Ishikawa and SCAT Combined method in a car manufacturing company. *Journal of Health and Safety at Work* 2015; 5(4):23-36 (In Persian).
- 12- Liu R, Liu HCh, Shi H, Gu X. Occupational health and safety risk assessment: A systematic literature review of models, methods, and applications. *Safety Science* 2023; 160:106050. Doi: 10.1016/j.ssci.2022.106050.
- 13- Awodi NJ, Liu Yk, Ayo-Imoru RM, Ayodeji A. Fuzzy TOPSIS-based risk assessment model for effective nuclear decommissioning risk management. *Progress in Nuclear Energy* 2023; 155:104524. Doi: 10.1016/j.pnucene.2022.104524.
- 14- Huang J, You JX, Liu HCh, Song MS. Failure mode and effect analysis improvement: A systematic literature review and future research agenda. *Reliability Engineering & System Safety* 2020; 199:106885. Doi: 10.1016/j.ress.2020.106885.
- 15- Zha Q, Wang S, Zhang W, Zhang H. Failure mode and effect analysis (FMEA) approach based on avoidance of aggregation discrepancy. *IEEE Transactions on Engineering Management* 2023; 71:7325-40. Doi: 10.1109/TEM.2023.3247419.
- 16- Anjalee JAL, Rutter V, Samaranayake NR. Application of failure mode and effects analysis (FMEA) to improve medication safety in the dispensing process—a study at a teaching hospital, Sri Lanka. *BMC Public Health* 2021; 21:1-13. Doi: 10.1186/s12889-021-11369-5.
- 17- Küçük M, İşler M, Güner M. An application of the FMEA method to the cutting department of a clothing company. *Textile and Apparel*. 2016; 26(2):205-12.
- 18- Zuniawan A. A systematic literature review of failure mode and effect analysis (FMEA) implementation in industries. *Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management* 2020; 1:59-68.
- 19- Kuitche JM, Pan R, TamizhMani G. Investigation of dominant failure mode (s) for field-aged crystalline silicon PV modules under desert climatic conditions. *IEEE Journal of Photovoltaics* 2014; 4(3):814-26.
- 20- Mikulak RJ, Mc Dermott R, Beauregard M. *The basics of FMEA*. 2nd ed. New York: CRC Press 2008.
- 21- Toljaga-Nikolić D, Todorović M, Bjelica D. Application of the FMEA technique in a project risk analysis. *European Project Management Journal* 2018; 8(2):36-42.
- 22- Nuchpho P, Nansaang S, Pongpullponsak A. Risk assessment in the organization by using FMEA innovation: A literature review. *Proceedings of the 7th International Conference on Educational Reform (ICER 2014) Innovations and Good Practices in Education: Global Perspectives* 2014 Mar. 15; Hue, Thailand. P:781-89.
- 23- Bahrami M, Bazzaz DH, Sajjadi SM. Innovation and improvements in project implementation and management; using FMEA technique. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 2012; 41:418-25. Doi: 10.1016/j.sbspro.2012.04.050.
- 24- Janizadeh R, Kakaei P, Nickdel T, Tahmasebi MK, Tamoradi N, Nezhad AM. Textile industry hazard identification and risk assessment by using HAZAN method. *Archives of Occupational Health* 2019; 3(4):438-42.
- 25- Beyene TD, Gebeyehu SG, Mengistu AT. Application of failure mode effect analysis (FMEA) to reduce downtime in a textile share company. *Journal of Engineering, Project, and Production Management* 2018; 8(1):40-46.
- 26- Mutlu NG, Altuntas S. Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry :Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods. *International Journal of Industrial Ergonomics* 2019; 72:222-40. Doi: 10.1016/j.ergon.2019.05.013.
- 27- Şahin YB, Demirtaş EA. DSS-Based process control and FMEA studies for different processes in the field of textile. *Textile and Apparel* 2021; 31(4):250-63.
- 28- Fithri P, Riva NA, Susanti L, Yuliandra B. Safety analysis at weaving department of PT. X Bogor using Failure mode and Effect analysis (FMEA) and fault tree analysis (FTA). *5th International Conference on Industrial Engineering and Applications* 2018 April. 26-28; Singapore. P:382-85.
- 29- Özyazgan V. FMEA analysis and implementation in a textile factory producing woven fabric. *Textile and Apparel* 2014; 24(3):303-08.
- 30- Ak MF, Yucesan M, Gul M. Occupational health, safety and environmental risk assessment in textile production industry through a bayesian BWM-VIKOR approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 2022; 36:629-42. Doi: 10.1007/s00477-021-02069-y.
- 31- Bathrinath S, Bhalaji RKA, Saravanasankar S. Risk analysis in textile industries using AHP- TOPSIS. *Materialstoday: Proceedings* 2021; 45:1257-63. Doi: 10.1016/j.matpr.2020.04.722.