بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده مهندسی صنایع و مدیریت
پایان‌نامه کارشناسی ارشد مدیریت صنعتی

شناسایی و ارزیابی مخاطرات ایمنی کارکنان در صنایع تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز با رویکرد تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن

(مطالعه موردی: شرکت لوله گستر اسفراین)

نگارنده: زهرا کرامتی زاده

استاد راهنما

دکتر سید محمدحسن حسینی

آبان۱۳۹۷

شماره: ۳-۹۷-۵۸۳۷
تاریخ: ۹۷/۸/۲۱

باسمه‌تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم کرامتی زاده زهرا با شماره دانشجویی ۹۵۱۲۲۱۴ رشته: مدیریت صنعتی گرایش تولید و عملیات تحت عنوان "شناسایی و رتبه بندی مخاطرات ایمنی کارکنان در صنایع تولید لوله های استخراج نفت و گاز با رویکرد تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست و آثار آن." که در تاریخ ۱۳۹۷-۰۸-۲۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: عالی) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☑ عملی ☐

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	دکتر سید محمد حسن حسینی	استادیار	
۲- استادراهنمای دوم	-		
۳- استاد مشاور	-		
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	آقای مجید عامری	مربی	
۵- استاد ممتحن اول	دکتر رضا شیخ	دانشیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	دکتر بزرگمهر اشرفی	دانشیار	

نام ونام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکنیم سال (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به

ماحصل آموخته‌هایم را تقدیم می‌کنم به آنان که مهر آسمانی‌شان آرام‌بخش آلام زمینی‌ام است.

تقدیم با بوسه بر دستان پرمهرتان...

به استوارترین تکیه‌گاهم، دستان پرمهر پدرم

و به مادرم، دریای بی‌کران فداکاری و عشق که وجودش برایم همه مهر است...

خواهرانم که خستگی‌های این راه را به امید و روشنی تبدیل کرده‌اند...

امیدوارم بتوانم در آینده نزدیک جوابگوی این‌همه محبت آن‌ها باشم.

تشکر و قدردانی

سپاس بی کران پروردگار یکتا را که هستی‌مان بخشید و به طریق علم و دانش رهنمونمان شد و به هم‌نشینی رهروان علم و دانش مفتخرمان نمود و خوشه‌چینی از علم و معرفت را روزی‌مان ساخت. در اینجا بر خود لازم دانسته تا از کلیه عزیزانی که بنده را در تدوین و نگارش این پایان‌نامه یاری نمودند صمیمانه تشکر و قدردانی نمایم. به‌خصوص از استاد گرامی جناب آقای دکتر سید محمدحسن حسینی که در کلیه مراحل انجام این پژوهش با خوش‌روئی، یاری و راه نمائی‌ام نمودند تشکر و قدردانی نمایم.همچنین از مهندس جان فدا جهت همکاری صمیمانه‌شان سپاسگزارم.

تعهدنامه

اینجانب **زهرا کرامتی زاده** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد **رشته مدیریت صنعتی** دانشکده **مهندسی صنایع و مدیریت** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان‌نامه **شناسایی و ارزیابی مخاطرات ایمنی کارکنان در صنایع تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز با رویکرد تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن (مطالعه موردی شرکت لوله گستر اسفراین)** تحت راهنمایی **دکتر سید محمدحسن حسینی** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه توسط این‌جانب شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش‌های محققان دیگر به مرجع مورداستفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان‌نامه تأثیرگذار بوده‌اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که از موجود زنده (بافت‌های آن‌ها) استفاده‌شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده‌شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاقی انسانی رعایت شده است.

تاریخ:

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم‌افزارها و تجهیزات ساخته‌شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

هرســـال میلیون‌ها حادثه ناشـــی از کار در دنیا اتفاق می‌افتد. برخی از این حوادث باعث مرگ‌ومیر و برخی دیگر موجب ازکارافتادگی موقت می‌شـوند که ممکن اسـت ماه‌ها دوام یابد. حوادث ناشی از کار سبب ناراحتی افراد و زیان‌های اقتصادی می‌گردند و جامعه متحمل خسارات فراوان می‌شود. به همین جهـت جلوگیری از بروز حوادث و کـاهش ریســـک‌هـای ایمنی کـارکنان یکی از وظایف مهم مدیران محسوب می‌شود.

ازاین‌رو با توجه به اهمیت موضـوع ایمنی کارکنان و توجه عمومی جهت کاهش مخاطرات کارکنان، در تحقیق حاضـر موضـوع ارزیابی مخاطرات ایمنی کارکنان در صنایع تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز بامطالعه موردی شرکت لوله گستر موردبررسی و مطالعه قرار می‌گیرد.

نمونه‌گیری از طریق روش گلوله برفی انجام‌شـده اسـت. روش جمع‌آوری داده‌ها در مراحل اولیه از نوع مطالعه کتابخانه‌ای که بامطالعه مقالات متعدد به‌دســـت‌آمده اســـت. ســـپس فرآیند خط‌نورد از طریق مصـاحبه باز با تعدادی از کارکنان و سرپرستان شاغل در شرکت لوله گستر بررسی و شناسایی گردید. پس‌ازآن حالات بالقوه خطا که منجر به بروز صـدمات و تلفات انسانی می‌گردد شناسایی شدند. در این تحقیق ازتکنیک FMEA که یک روش تحلیلی است برای ارزیابی و شناسایی مخاطرات بکار برده شده اســـت. درنهایت ریســـک‌های به‌دســـت‌آمده به جهت ارزش‌گذاری در جدول FMEA لیســـت گردید. ارزش‌گذاری آیتم‌های S، O و D با اسـتفاده از پرسـشنامه و به‌وسیله خبرگان انجام‌شده است. در ادامه عدد اولویت ریسـک به‌وسـیله نرم‌افزار اکسـل محاسـبه گردید و مخاطرات اولویت‌دار مشـخص‌شده‌اند. سپس با استفاده از دو آیتم شدت اثر و احتمال وقوع به‌دست‌آمده از تکنیک FMEA ماتریس بحرانیت تکنیک FMECA رسـم گردید. برای کنترل حوادث لازم اسـت علل اصـلی آن‌ها را ریشه‌یابی نمود. از روش FTA به‌صورت گرافیکی ریشه حوادث اولویت‌دار مشخص شد.

در ارزیابی ۱۱۰ مخاطره در خطنورد شناسایی‌شده‌اند. این مخاطرات ۱۳۱ اثر بر ایمنی کارکنان دارد. اعداد ریسک در بازه ۶ تا ۵۵۴ قرارگرفته است که با توجه به حد ریسک بحرانی معادل ۱۴۰، از این میان ۵۲ مخاطره در بازه غیرقابل‌قبول و با درجه ریسک بالا شناخته‌شده است.

کلمات کلیدی: تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و اثرات ناشی از آن (FMEA)، عدد اولویت ریسک، تجزیه‌وتحلیل بحرانی خطا و اثرات آن (FMECA)، درخت خطا (FTA)، ایمنی کارکنان، ارزیابی مخاطرات.

فهرست مطالب

فهرست جداول م

فهرست اشکال ن

فصل ۱: کلیات تحقیق ۱

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲-بیان مسئله ۳

۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق ۸

۱-۴- فرضیه‌ها و یا سؤالات تحقیق ۱۰

۱-۵- اهداف تحقیق ۱۱

۱-۶- قلمرو تحقیق ۱۱

۱-۶-۱- قلمرو موضوعی ۱۱

۱-۶-۲- قلمرو مکانی ۱۱

۱-۶-۳- قلمرو زمانی ۱۲

۱-۷- موارد کاربرد تحقیق ۱۲

۱-۸- تکنیک و روش تحقیق ۱۳

۱-۹- تعریف متغیرها و واژگان نظری ۱۳

۱-۱۰- ساختار پایان‌نامه ۱۶

فصل ۲: ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق ۱۷

۲-۱- مقدمه ۱۸

۲-۲- مبانی نظری ۲۰

۲-۲-۱- ایمنی. ۲۰

۲-۲-۱-۱- تاریخچه ایمنی ۲۰

۲-۲-۱-۲-معیارهای ایمنی سیستم ۲۱

۲-۲-۱-۳-اولویت‌ها در ایمنی سیستم ۲۳

۲-۲-۱-۴- مفاهیم و اصول اساسی ایمنی ۲۳

۲-۲-۲- تئوری مخاطره ۲۵

۲-۲-۳- روش‌های آنالیز و مشخص کردن ریسک ۲۷

۲-۲-۳-۱- آنالیز کیفی ریسک ۲۷

۲-۲-۳-۲-آنالیز نیمه کمّی ریسک ۲۷

۲-۲-۳-۳-آنالیز کمّی ۲۸

۲-۲-۴- تجزیه و تحلیل حالات بالقوه خرابی و آثار آن (FMEA) ۲۸

۲-۲-۴-۱-تاریخچه ۲۸
۲-۲-۴-۲-معنی و مفهوم FMEA ۲۸
۲-۲-۴-۳- هدف از انجام FMEA ۲۹
۲-۲-۴-۴- ویژگی‌های FMEA ۳۰
۲-۲-۴-۵- مسئولیت اجرائی FMEA ۳۱
۲-۲-۴-۶- نقش‌ها و وظایفFMEA ۳۱
۲-۲-۴-۷- زمان شروع و تکمیل FMEA ۳۲
۲-۲-۴-۸- انواع FMEA ۳۴
۲-۲-۴-۸-۱- FMEA در سیستم ۳۴
۲-۲-۴-۸-۲- FMEA در طراحی ۳۵
۲-۲-۴-۸-۳- FMEA در فرآیند ۳۵
۲-۲-۴-۸-۴- FMEA در فرآیند ارائه خدمات ۳۶
۲-۲-۴-۸-۵- FMEA در فرآیند ماشین‌آلات و ابزارهای تولید ۳۶
۲-۲-۴-۹-اصول اولیه در FMEA ۳۶
۲-۲-۴-۱۰-مراحل انجامFMEA ۳۷
۲-۲-۴-۱۱- بررسی مرحله‌به‌مرحله تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست ۳۷
۲-۲-۴-۱۱-۱- وظیفه ۳۹
۲-۲-۴-۱۱-۲- شکست بالقوه ۳۹
۲-۲-۴-۱۱-۳- اثر شکست بالقوه ۳۹
۲-۲-۴-۱۱-۴- شدت ۴۰
۲-۲-۴-۱۱-۵- علل شکست بالقوه ۴۱
۲-۲-۴-۱۱-۶- احتمال وقوع شکست ۴۱
۲-۲-۴-۱۱-۷-روش‌های تشخیص یا روش‌های جاری برای کنترل ۴۲
۲-۲-۴-۱۱-۸-درجه بازیابی/ شناسایی ۴۲
۲-۲-۴-۱۱-۹-عدد اولویت ریسک ۴۲
۲-۲-۴-۱۱-۱۰- اقدامات پیشنهادی یا پیشنهاد عملکرد ۴۳
۲-۲-۵- آنالیز بحرانیت حالات شکست و اثرات آن (FMECA) ۴۳
۲-۲-۶- تکنیک درخت خطا (FTA) ۴۵
۲-۲-۶-۱- تعاریف اساسی درخت خطا ۴۶
۲-۲-۶-۲- اصول روش تحلیل درخت خطا ۴۸
۲-۲-۷- چک‌لیست ۴۹
۲-۲-۸- تجزیه‌وتحلیل چه می‌شود اگر؟ ۵۰
۲-۲-۹- مطالعه عملیات و خطر hazop ۵۰
۲-۳- پیشینه تحقیق ۵۱
۲-۳-۱- تحقیقات داخلی ۵۱
۲-۳-۲ - تحقیقات بین‌المللی ۵۴
۲-۴-جمع‌بندی ۶۱

فصل۳: روش تحقیق ۶۳
۳-۱- مقدمه ۶۴
۳-۲- روش انجام تحقیق ۶۴
۳-۳- مراحل انجام پژوهش ۶۴
۳-۴- مطالعه موردی ۶۷
۳-۴-۱- تاریخچه لوله گستر ۶۷
۳-۴-۲- خط‌مشی ۶۷
۳-۴-۳-مشخصات کارخانه: ۶۸
۳-۵-فرآیند خط‌نورد ۷۲
۳-۵-۱-انبار ورودی ۷۱
۳-۵-۲-کوره دوار ۷۲
۳-۵-۳مسیر دشارژ ۷۳
۳-۵-۴-پوسته زدایی ۷۴
۳-۵-۵-سوراخ‌کاری ۷۴
۳-۵-۶-افزایش طول ۷۴
۳-۵-۷-قرار دادن سنبه ۷۴
۳-۵-۸-نوردکاری ۷۵
۳-۶- جمع‌آوری اطلاعات جهت مطالعه فرآیند ۷۵
۳-۷-ارزیابی خطرات بالقوه ۷۸
۳-۷-۱-تکنیک تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست و آثارآن (FMEA) ۷۸
۳-۷-۱-۱- ستون عملکرد ۷۹
۳-۷-۱-۲- شناسایی حالات بالقوه خرابی ۷۹
۳-۷-۱-۳- تعیین آثار بالقوه خرابی ۸۰
۳-۷-۱-۴- تعیین احتمال وقوع، شدت اثر، تشخیص ۸۰
۳-۷-۱-۵- کنترل‌های طراحی ۸۰
۳-۷-۱-۶- عدد اولویت خطر ۸۱
۳-۷- ۲- تکنیک آنالیز بحرانیت حالات شکست و اثرات آن (FMECA) ۹۹
۳-۷-۳- تکنیک درخت خطا (FTA) ۹۹
۳-۸- جمع‌بندی ۱۰۰
فصل ۴: تجزیه‌وتحلیل اطلاعات ۱۰۱
۴-۱-مقدمه ۱۰۲
۴-۲-تحلیل جدول تکنیک FMEA ۱۰۲
۴-۳- بررسی مخاطرات سطح (۲و۳) ۱۲۸
۴-۳-۱- خطر انتشار اشعه فرابنفش ۱۲۸

۴-۳-۲- خطر سقوط لوله ۱۲۹
۴-۳-۳- برخورد تجهیزات و ابزار به اپراتور هنگام تعمیرات و تعویض قطعات ۱۲۹
۴-۳-۴- سقوط از ارتفاع اپراتور ۱۳۰
۴-۳-۵- خطر الکتریسیته ۱۳۰
۴-۳-۶- خطر ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی ۱۳۰
۴-۳-۷- خطر افتادن شمش ۱۳۱
۴-۳-۸- انتشار بخارات حاصله ۱۳۱
۴-۳-۹- زیان‌های ناشی از ایستاده بودن طولانی‌مدت اپراتور ۱۳۲
۴-۳-۱۰- خطر منتشر شدن غبار مواد نسوز ۱۳۲
۴-۳-۱۱- امواج مغناطیسی ۱۳۲
۴-۴- ماتریس بحرانیت FMECA ۱۳۳
۴-۵- خطرات طبقه (۱و۲) ۱۳۷
۴-۵-۱-خطر سروصدای بیش‌ازحد استاندارد ۱۳۷
۴-۵-۲- منتشر شدن گردوغبار ۱۳۸
۴-۵-۳- اصابت پلیسه ۱۳۸
۴-۵-۴- استرس گرمایی ۱۳۸
۴-۶- درخت خطا (FTA) ۱۵۹
۴-۷- جمع‌بندی ۱۷۰

فصل ۵: نتیجه‌گیری ۱۷۱

۵-۱- مقدمه ۱۷۲
۵-۲-خلاصه نتایج تحقیق ۱۷۲
۵-۳- پاسخ به سؤالات ۱۷۳
۵-۴-مقایسه نتایج با تحقیقات پیشین ۱۷۴
۵-۵- پیشنهادهای کاربردی ۱۷۵
۵-۶-محدودیت‌های تحقیق ۱۷۹
۵-۷- توصیه تحقیقات آتی ۱۷۹

منابع ۱۸۱

فهرست جداول

جدول ۲-۱: پیامدهای سوء ناشی از پیشرفت‌های تکنولوژی [۲۷] ۲۰

جدول ۲-۲: طبقه‌بندی شدت حادثه [۲۷] ۲۲

جدول ۲-۳: سطح احتمال وقوع خطر [۲۷] ۲۳

جدول ۲-۴: کاربرگ FMEA ۳۸

جدول ۲-۵: رتبه‌بندی خطرات بر اساس شدت اثر ۴۰

جدول ۲-۶: رتبه‌بندی خطرات بر اساس احتمال وقوع خطر ۴۱

جدول ۲-۷: رتبه‌بندی احتمال کشف خطر ۴۲

جدول شماره ۲-۸: جدول احتمال وقوع در رویکرد کیفی FMECA [۴۱] ۴۴

جدول شماره ۲-۹: میزان شدت در رویکرد کیفی FMECA[۴۱] ۴۴

جدول ۲-۱۰: خلاصه ای از پیشینه تحقیقات ۵۸

جدول ۳-۱: اطلاعات جمع‌آوری‌شده از مخاطرات خط نورد با تکنیک FMEA ۸۲

جدول ۳-۲: دسته بندی برای رسم مخاطرات درخت تصمیم ۱۰۰

جدول ۴-۱: تعیین حد RPN در مقالات مختلف ۱۰۳

جدول ۴-۲: تعیین سطح مخاطرات با RPN ۱۰۵

جدول ۴-۳: رتبه‌بندی شکست‌ها بر اساس میزان بحرانیت آن‌ها در رویکرد FMECA ۱۳۵

جدول ۴-۴: اولویت بندی ریسک ها قبل و بعد از اقدامات اصلاحی در تکنیک FMEA و FMECA .. ۱۴۰

فهرست اشکال

شکل شماره ۲-۱: ماتریس بحرانیت مورداستفاده[۴۱] ۴۵

شکل ۲-۲: نمادهای مورداستفاده در ساختار درخت خطا[۴۴،۴۳] ۴۸

شکل ۳-۱: مراحل انجام پژوهش ۶۶

شکل ۳-۲: شماتیک کلی کارخانه ۷۱

شکل ۳-۳: واحد نورد شرکت لوله گستر ۷۲

شکل ۳-۴: فرآیند نورد لوله ۷۵

شکل ۳-۵: ماتریس بحرانیت تکنیک FMECA ۹۹

شکل ۴-۱: ماتریس بحرانیت مورداستفاده..... ۱۳۴

شکل ۴-۲: ماتریس بحرانیت تکنیک FMECA پس از انجام اقدامات اصلاحی ۱۳۹

شکل ۴-۳: نمودار درخت تصمیم ۱۵۹

شکل ۴-۴: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار ۱۶۰

شکل ۴-۵: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار ۱۶۱

شکل ۴-۶: ادامه نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار..... ۱۶۲

شکل ۴-۷: ادامه نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار..... ۱۶۳

شکل ۴-۸: ادامه نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار..... ۱۶۴

شکل ۴-۹: ادامه نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار..... ۱۶۵

شکل ۴-۱۰: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطای اپراتور ۱۶۶

شکل ۴-۱۱: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطای اپراتور ۱۶۷

شکل ۴-۱۲: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از ایرادات تجهیزات..... ۱۶۸

شکل ۴-۱۳: ادامه نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از ایرادات تجهیزات ۱۶۹

فصل ۱: کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

با افزایش فعالیت‌های صنعتی و گسترش فناوری و افزایش کـــاربرد ماشین‌آلات، روند بروز حوادث در محیط‌های صـنعتی نیز فزونی یافته اسـت. در دستگاه‌های سنتی، پس از وقوع حوادث و بروز خسارات جبران‌ناپذیر، اقدام به بررسـی علل حوادث می‌گردید و نقایص یک سیستم یا فرآیند تعیین می‌شد، اما امروزه به دلیل وجود انواع مختلف روش‌های شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، قبل از وقـــــــــوع حوادث می‌توان نقاط حادثه‌خیز و بحرانی را مشـخص کرد و نسـبت به پیشـگیری از وقوع حوادث و کنترل آن‌ها اقدام نمود.

روش تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی (FMEA[1]) به‌عنوان یک تکنیک معتبر در بین تکنیک‌های آنالیز خطر معرفی‌شده است. هدف از FMEA در یک فرآیند، پیشگیری از وقوع حادثه است، به‌بیان‌دیگر با بهینه‌سـازی فرایندها و محصـولات باعث کاهش قابل‌ملاحظه در خسـارات مادی و صـدمات انسـانی ناشـــی از حوادث ناخواســـته و افزایش قابلیت اطمینان فرآیند از طریق پیشـــگیری از بروز نقص‌های شناسایی‌شده سیستم و کاهش پیامدهای نامطلوب ناشی از آن‌هاست.

ازآنجایی‌که در این روش پیشنهادها و اقدامات اصلاحی در مراحل اولیه توسعه فرآیند ارائه می‌شود، تغییرات نسـبتاً کم، سـاده و کم‌هزینه هسـتند. در یک تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه معمولی برای هر حالت شـکسـت سـه عامل شدت خطا (S[2]) احتمال وقوع خطا (O[3]) و احتمال شناسایی خطا (D[4]) در نظر گرفته می‌شود. به‌طور سنتی ارزیابی حالات شکست در تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه با محاسبه عدد

1 . Failure Mode and Effect Analyses
2. Severity
3. Occurance
4. Detection

اولویت ریسک (RPN[5]) که از ضرب سه عامل شدت خطا، احتمال وقوع خطا و احتمال شناسایی خطا به دست می‌آید.

۱-۲-بیان مسئله

نیروی انسانی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در تولید و خدمات همواره توسط عوامل متعددی تهدید می‌شود که یکی از مهم‌ترین آن‌ها حوادث ناشی از کار هست [۱]. با آغاز انقلاب صنعتی، موضوع حفاظت از سلامت نیروی کار از حالت فردی خارج و حالت عمومی‌تری به خود گرفت. پس از پیدایش مکتب روابط انسانی در مدیریت، توجه به ایمنی منابع انسانی اهمیت بیشتری یافت. هزینه‌های محیط‌های غیر ایمن بسیار شگفت‌آورند. اگر هزینه‌های غرامت و ضرر و زیان پرداختی به آسیب دیدگان را در نظر بگیریم می‌توان دریافت که عدم وجود ایمنی می‌تواند یک سازمان را از پا درآورد. امروزه اهمیت مدیریت ایمنی در دستیابی به کارآیی سازمان به‌طور فزاینده‌ای موردتوجه قرارگرفته است [۲].

ایمنی نتیجه فعالیت‌هایی است که برای حفظ چیزی یا کسی از آسیب انجام دهیم و نقطه مقابل مخاطره است.

ریسک یعنی احتمال این‌که واقعه نامطلوب مشخصی درنتیجه بالفعل شدن خطر به یکی از طرق زیر اتفاق می‌افتد:

- توسط، یا حین انجام فعالیت‌های کاری
- توسط محصولات و خدمات تولیدشده از طریق فعالیت‌های کاری

مهم‌ترین بخش از هر برنامه ایمنی و بهداشت و به عبارت کامل‌تر هر سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت، شناسایی خطرات است و درواقع موتور سیستم محسوب می‌شود. ابتدا باید خطرات را

5. Risk Proiority Number

شـناسـایی نمود تا بتوان بر اسـاس آن راه مقابله و حذف خطر را پیشـنهاد کرد و اهداف و برنامه‌های ایمنی بهداشـت خود را تنظیم نمود. هر چه شـناسـایی خطر دقیق‌تر باشـد سیستم موردنظر عملکرد بهتری دارد [۳].

ارزیابی ریسـک یک روش سـازمان‌یافته و سـیستماتیک برای شناسایی خطرات و برآورد ریسک برای رتبه‌بندی تصمیمات، جهت کاهش ریسک به یک سطح قابل‌قبول بوده است [۴].

روش‌های متداول شناسایی ریسک عبارت‌اند از:

- چک لیست[۶]
- تجزیه و تحلیل درخت خطا[۷]
- تحلیل درخت رویداد[۸]
- تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن[۹]
- مطالعه عملیات و خطر[۱۰]
- تجزیه و تحلیل چه می‌شود اگر؟ [۱۱]

اما روش سـودمند ارزیابی ریسک علاوه بر ساده بودن باید متناسب با ماهیت فعالیت‌ها، فرآیندها، فرهنگ و سایر ویژگی‌های سازمان موردنظر باشد، ازجمله روش‌های ارزیابی ریسک موجود (روش تجزیه‌وتحلیل عوامل شـکسـت و آثار آن) هسـت. سـه کاربرد اسـاسی اطلاعات حاصل از ارزیابی ریسـک انجام‌شـده شـامل تعیین نقاطی که نیازمند بهینه‌سـازی ازنظر ایمنی و بهداشت حرفه‌ای هسـتند تا ریسـک آن‌ها به حداقل قابل‌تحمل کاهش یابد، اولویت‌بندی درجه اهمیت خطرات جهت اختصـاص منابع محدود مالی، فنی و انسـانی در برطرف سـازی نقایص و بهبود شـرایط و

---

6. Checklist analysis

7. FAULT TREE ANALYSIS (FTA)

۸. Event Tree Analysis (ETA)

۹. FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS (FMEA)

۱۰. Hazard and operability study (HAZOP)

11 .What if? (WIF)

درنهایت تعیین محتوای آموزش‌های کلاسیک و ضمن کار درزمینهٔ ایمنی و بهداشت حرفه‌ای هست [۵].

FMEA روشی تحلیلی است که می‌کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌ای که ارزیابی ریسک انجام می‌شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن‌ها را شناسایی و رتبه‌بندی نماید. به تعبیر دیگر FMEA یک فرایند سازمان‌یافته جهت شناسایی نارسایی‌های بالقوه فرایندها قبل از رخداد آن‌هاست که امکان اولویت‌بندی اقداماتی را برای کاهش یا حذف اثرات مخرب به وجود می‌آورد [۶].

FMEA به‌طورکلی شامل دو فاز است. در فاز نخست شناسایی حالات بالقوه شکست و اثرات آن‌ها مدنظر قرار می‌گیرد. فاز دوم شامل تجزیه‌وتحلیل میزان حساسیت به‌منظور تعیین شدت حالت شکست است که از طریق ارزیابی و رتبه‌بندی (RPN) سطح بحرانی هر شکست انجام می‌شود [۷]. رویکرد آن شناسایی حالات بالقوه خرابی و برنامه‌ریزی جهت پیشگیری از وقوع آن‌هاست. لذا اولین گام در FMEA شناسایی خرابی بالقوه و یا شناخته‌شده در یک سیستم هست. پس‌ازاین مرحله، هر حالت برای علل و اثرات آن‌ها ارزیابی می‌شوند و درنهایت هدف FMEA اصلاح حالت بحرانی‌ترین شکست است. به‌طور سنتی ارزیابی حالات شکست در FMEA توسط محاسبه اعداد اولویت ریسک (RPN) انجام‌شده است که عبارت‌اند از:

- ✓ شدت اثر (S)
- ✓ احتمال وقوع خطا (O)
- ✓ احتمال عدم‌تشخیص (D)

که RPN از ضرب این سه عامل به دست می‌آید و اندازه‌گیری هریک بین ۱ تا ۱۰ است که نهایتاً از ضرب آن‌ها عددی بین ۱ تا ۱۰۰۰ به دست می‌آید که به آن عدد اولویت ریسک می‌گویند و بر اساس اولویت‌بندی اعداد به‌دست‌آمده بحرانی‌ترین قسمت سیستم به دست می‌آید. در این روش که به FMEA سنتی معروف است اساس کاربر فکر و ذهن انسان است، لذا با یک مفهوم مبهم و نادقیق

مواجهـه هســـتیم کـه نمی‌توان یـک مقـدار کمی دقیق برای پـارامترهـای ســـه‌گـانه در نظر گرفت. به‌عبارت‌دیگر نســـبت دادن عددی‌بین ۱ تا ۱۰ به هریک از عوامل مؤثر در ریســـک‌پذیری برای گروه تخصـصـی مشـکل اسـت و معمولاً اختلاف‌نظر محسـوسـی در محاسبات به وجود می‌آید. درنتیجه در استفاده از این روش در طی زمان اشکالاتی به این روش وارد آمد که عبارت‌اند از:

- ❖ عدم توجه به ارتباط و وابســتگی بین ســه پارامتر اصــلی O، S و D و عدم وزن دهی به آن‌ها [۸].
- ❖ به دسـت آمدن عدد RPN یکسان برای ترکیب‌های مختلف سه عدد O، S و D با مفهوم‌های مختلف [۶].
- ❖ مشکل بودن تخمین و ارزیابی دقیق سه پارامتر اصلی روش [۹].
- ❖ مبناهای مختلف برای تخصیص یک عدد به سه فاکتور اصلی [۱۰].
- ❖ عدد به‌دســـت‌آمده از RPN تنها متأثر از ســـه فاکتور اصـــلی بوده و ســـایر عوامل را در نظر نمی‌گیرند [۱۱].

در مدل‌های ارائه‌شده از سال ۱۹۹۵ به بعد سعی شده است که این مشکلات تا حدود زیادی رفع شده و روش FMEA اصلاح شود که می‌توان روش‌های اصلاحی به‌کاربرده شده را به ۵ دسته تقسیم کرد:

I) روش‌های تصمیم‌گیری چند معیارِ (MCDM[۱۲])[۱۲].
II) برنامه‌نویسی ریاضی (MP[۱۳]).
III) هوش مصنوعی (AI[۱۴]).
IV) روش‌های ترکیبی [۱۳].
V) سایر نگرش‌ها شامل مدل هزینه مبنا (CBM[۱۵])[۱۴].

12. Multiple Criteria Decision Making
13. Math programming
14. Adobe illustrator
14. Reliability Centered Maintenance

در این تحقیق برای تکمیل تکنیک FMEA از دو روش FTA و FMECA[16] استفاده می‌گردد. در این تحقیق از روش ترکیبی FMEA و FMECA استفاده می‌گردد تا مشکل FMEA تا حدی اصلاح شود. تکنیک FTA نموداری است تصویری و متشکل از کلیه علل منطقی که می‌تواند هر یک به‌تنهایی و یا باهم، منجر به یک حادثه نهایی گردد [۱۵]. FTA رویه‌ای قیاسی برای تعیین ترکیبات مختلف خطاهای انسانی، سخت‌افزاری و نرم‌افزاری است که منجر به وقوع رویداد نامطلوب مشخصی (رویداد رأس) در سیستم می‌شود [۱۶]. تکنیک درخت خطا یکی از قوی‌ترین ابزارهای تحلیل فرآیند ایمنی سیستم، به‌ویژه در هنگام ارزیابی سیستم‌های بسیار پیچیده و دقیق است [۱۵].

تکنیک FMECA یکی از روش‌های ارزیابی و آنالیز قابلیت اطمینان هست. این روش برای آنالیز تمام حالات شکست بالقوه در اجزاء طراحی‌شده و با تجزیه‌وتحلیل و محاسبه بحرانیت، حالات شکست و دلایل و اثرات آن‌ها بر روی سیستم را به‌خوبی شناسایی و ارزیابی می‌کند [۱۷].

در تحقیق حاضر، مخاطرات ایمنی کارکنان صنایع تولید لوله نفت و گاز مورد مطالعه قرارگرفته و با استفاده از تکنیک‌های مؤثر ازجمله تحلیل حالات بالقوه خرابی و اثرات آن (FMEA)، این مخاطرات ارزیابی و رتبه‌بندی می‌شود. در این تحقیق از FMECA و FTA که دو تکنیک جدید هستند بصورت ترکیبی با تکنیک FMEA استفاده خواهد شد. از تکنیک FMECA استفاده می‌کنیم تا آیتم‌های بحرانی را شناسایی کنیم و به‌وسیله تکنیک FTA درخت خطا برای علت‌یابی خطرات استفاده خواهد شد. در سالن‌های تولیدی همواره مخاطرات متعددی وجود دارد که ایمنی کارکنان را تهدید می‌کند و با توجه به محدودیت منابع و سرمایه، عموماً حذف یا کاهش همه این مخاطرات امکان‌پذیر نیست. ازاین‌روی شناسایی و رتبه‌بندی این مخاطرات به‌منظور تمرکز بیشتر بر روی موارد اولویت‌دار می‌تواند نقش مهمی در کاهش حوادث کارکنان و افزایش ایمنی آن‌ها داشته باشد. لذا هدف از انجام تحقیق حاضر این است که به‌منظور تمرکز بیشتر بر روی موارد اولویت‌دار، این مخاطرات رتبه‌بندی شوند و

16. FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS

ریشــه خطاها شــناســایی شود. برای این منظور شرکت لوله گستر (لوله بی‌درز) که یکی از شرکت‌های بزرگ و قدیمی در این صنعت است به‌عنوان مطالعه موردی مشخصاً خطنورد آن بررسی می‌شود.

۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق

امروزه حوادث ناشی از کار، به‌عنوان یکی از عوامل مهم در از دست دادن نیروی انسانی کارآمد و هدر رفت ســرمایه و زمان، تهدیدی برای توســعه و پیشرفت هر کشوری محسوب گردد. بر اساس آمارهای موجود، حوادث ناشــی از کار ســومین عامل مرگ‌ومیر در جهان، دومین عامل مرگ‌ومیر در ایران پس از تصــادفات رانندگی و یکی از عوامل مهم خطر بهداشــتی، اقتصــادی و اجتماعی می‌باشــند. حوادث ناشــی از کار کاملاً اتفاقی و تصــادفی نیستند، لذا می‌توان ضمن پیش‌بینی، مؤثرترین اقدامات را برای کنترل و کاهش آن‌ها به کاربست. استفاده از تکنیک‌های مناسب در تجزیه‌وتحلیل خطرات موجود در صــنایع، گام بســیار مهمی در تعیین اقدامات مؤثر در کاهش حوادث، محسوب می‌شود. طی دهه‌های گذشته، برای تجزیه‌وتحلیل علمی خطرات، روش‌های بسیاری گسترش‌یافته که هر یک از این روش‌ها دارای دیدگاه‌ها، کاربردها و کارایی‌های متفاوتی هست.

شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک روشی سازمان‌یافته و نظام‌مند برای رتبه‌بندی و اولویت ریسک‌ها و تصمیم‌گیری در راستای کاهش ریسک به میزان قابل‌قبول است. به‌طورمعمول در محیط کار، خطرات بســیار و فراوانی مورد شناسایی قرار می‌گیرند که با توجه به محدودیت منابع و زمان، می‌بایستی ابتدا خطرات مهم‌تر کنترل‌شده و در مراحل بعدی به سایر خطرات پرداخته شود. ازاین‌رو بایستی از فرآیند ارزیابی ریسک استفاده شود. به‌عبارت‌دیگر ارزیابی ریسک به سازمان کمک می‌نماید تا اولویت خود را در مبحث ایمنی به‌درستی شناسایی نموده و در تخصیص منابع به‌دقت عمل کند تا بیشترین تأثیر در سیستم مدیریت ایمنی پدیدار شود.

کلیه عملیات و فعالیت‌های تولیدی و صنعتی نیازمند الزاماتی است که قصور از هرکدام می‌تواند به بروز پیامدهای ناخواسته‌ای در قالب جراحات به کارکنان و مشتریان داخلی و خارجی، صدمه به فرآیندها و محصولات تولیدی، خدمات ارائه‌شده، صدمات زیست‌محیطی، خدشه به اعتبار و آبروی سازمان و سایر دارائی‌های بااهمیت بیانجامد.

در حال حاضر با توجه به رشد صنعت، فنّاوری و پیچیدگی خطرات و به‌منظور جلوگیری و کاهش عواقب جانی و مالی ناشی از وقوع حوادث، مدیریت و کنترل ریسک‌ها و همچنین آموزش مفاهیم شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک، شناخت روش‌ها، تکنیک‌ها و استفاده از آن‌ها در ایجاد سیستم ایمنی واحدهای تولیدی و صنعتی، امری ضروری هست.

سازمان‌ها هرساله با میلیاردها دلار خسارات انسانی، تجهیزاتی و حیثیتی به علت حوادث و بیماری‌های ناشی از کار و رفع آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های خود مواجه می‌باشند. آمار و ارقام نشان می‌دهد که نزدیک به ۳۰۰۰۰۰۰ واحد صنعتی در کشور فعال هست که بیش از چهارصد هزار واحد صنعتی و معدنی سهم قابل‌توجهی ازاین‌گونه فعالیت‌ها را به خود اختصاص داده است. تعداد کارکنان واحدهای مذکور بیش از ۲/۵ میلیون نفر بوده و نیز سهم ارزش‌افزوده واحدهای صنعتی، معدنی در کل اقتصاد ملی حدود بیست‌وپنج درصد است. واحدهای تولیدی، صنعتی که به‌نوعی موتور محرکه اقتصاد کشور می‌باشند، ازنظر اشتغال، تولید، ارزش‌افزوده، صادرات و ارتقای بهره‌وری ملی نقش و اهمیت قابل‌توجهی در اقتصاد ملی دارند. این خسارات از موانع مهم توسعه محسوب می‌شوند و لذا منطقی است که مدیریت سازمان‌ها به‌موازات توجه به سایر جنبه‌های مدیریتی از قبیل کیفیت، اقتصادی و مالی، فناوری، تولید و امثال آن، مدیریت بر جنبه‌های بهداشت حرفه‌ای، ایمنی و زیست‌محیطی را نیز مدنظر داشته باشند، چرا که بهبود در عملکرد کلی سازمان بدون پرداختن به این جنبه‌ها امکان‌پذیر نیست [۱۸].

به‌منظور شناسایی خطرات ایمنی فرآیند، روش‌های متفاوتی وجود دارد که با توجه به مرحله توسعه فرآیند در چرخه حیات سیستم، پیچیدگی سیستم، نوع فرآیند، موقعیت محل، فرهنگ‌سازمانی، تجربه

کارکنان کارخانه و تخصص اعضای گروه شناسایی خطرات قابل کاربرد است [۱۹، ۲۰]. روش تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) به‌عنوان یک تکنیک معتبر تکنیک‌های آنالیز خطر معرفی‌شده است [۲۱]. هدف از FMEA در یک فرآیند، پیشگیری از وقوع حادثه است. به‌بیان‌دیگر با بهینه‌سازی فرآیندها و محصولات باعث کاهش قابل‌ملاحظه در خسارات مادی و صدمات انسانی ناشی از حوادث یک روش کیفی و استقرایی در شناسایی خطرهای اجزاء یک سیستم و ارزشیابی اثرات حالات خطرهای اجزاء مختلف یک سیستم هست که به‌منظور حذف یا کاهش احتمال وقوع خطر و مستندسازی آن‌ها در سیستم تحت بررسی اجرا می‌شود [۲۳،۲۲]. هدف FMEA افزایش قابلیت اطمینان فرآیند از طریق پیشگیری از بروز نقص‌های شناسایی‌شده سیستم و کاهش پیامدهای نامطلوب ناشی از آن‌ها است. FMEA یک روش نسبتاً وقت‌گیر بوده و نیازمند اطلاعات دقیق و ریز در مورد سیستم تحت بررسی است [۲۵،۲۴].

۱-۴- فرضیه‌ها و یا سؤالات تحقیق

سؤال اصلی تحقیق عبارت است از:

چگونه می‌توان مخاطرات ایمنی کارکنان صنایع تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز را با استفاده تکنیک تحلیل حالات بالقوه خرابی (FMEA) ارزیابی و رتبه‌بندی نمود؟

به‌منظور یافتن پاسخ سؤال اصلی تحقیق، می‌بایست سؤالات فرعی تحقیق به شرح ذیل را پاسخ داد:

I. مهم‌ترین مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان در صنعت تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز کدام است؟
II. احتمال وقوع، شدت اثر و احتمال تشخیص هر یک از مخاطرات چقدر هست؟
III. رتبه‌بندی و اولویت مخاطرات ایمنی جهت انجام اقدامات پیشگیرانه چطور هست؟

۱-۵- اهداف تحقیق

با توجه به سؤالات تحقیق؛ اهداف تحقیق را می‌توان به‌صورت زیر عنوان کرد:

هدف اصلی: ارزیابی و رتبه‌بندی مخاطرات ایمنی کارکنان صنایع تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز با استفاده از تکنیک تحلیل حالات بالقوه خرابی (FMEA) است.

اهداف فرعی نیز عبارت‌اند از:

I. ارزیابی و رتبه‌بندی مهم‌ترین مخاطره بالقوه ایمنی کارکنان در صنعت تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز.

II. تعیین احتمال وقوع، شدت اثر و احتمال تشخیص هر یک از مخاطرات.

III. رتبه‌بندی و اولویت مخاطرات ایمنی جهت انجام اقدامات پیشگیرانه.

۱-۶- قلمرو تحقیق

۱-۶-۱- قلمرو موضوعی

ارزیابی و رتبه‌بندی مخاطرات ایمنی کارکنان صنعت تولید لوله استخراج نفت و گاز با استفاده از تکنیک FMEA

۱-۶-۲- قلمرو مکانی

این تحقیق در شرکت لوله گستر اسفراین به‌عنوان مطالعه موردی انجام می‌شود. شرکت لوله گستر اسفراین یکی از شرکت‌های تحت پوشش سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران (ایدرو) که به‌عنوان تنها تولیدکننده لوله‌های فولادی بدون درز شامل لوله‌های جداری - مغزی موردنیاز صنایع نفت، گاز و پتروشیمی باهدف رفع نیاز کشور، رشد و توسعه منطقه و هم‌افزایی با شرکت مجتمع صنعتی اسفراین به‌عنوان بزرگ‌ترین تأمین‌کننده مواد اولیه موردنیاز در سال ۱۳۸۵ به بهره‌برداری رسید.

این شـرکت دارای پنج‌خط تولیدی شامل خط‌نورد، خط عملیات حرارتی، خط تکمیلی کیسینگ، خط تکمیلی تیوبینگ، خط کوپلینگ(اتصالات) هست. شرکت لوله گستر اسفراین درزمینهٔ ساخت و تولید انواع لوله‌های فولادی بدون درز در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی فعالیت می‌نماید.

در این تحقیق مخاطرات ایمنی کارکنان خط‌نورد بررسی شده است.

۱-۶-۳- قلمرو زمانی

تاریخ انجام پژوهش از مهر ۹۶ تا شهریور ۹۷ به مدت ۱۲ ماه در نظر گرفته‌شده است.

۱-۷- موارد کاربرد تحقیق

نتایج حاصل از این تحقیق در هریک از شرایط زیر به کار می‌رود:

- طرح‌های تحقیقاتی جهت طراحی و استقرار دستگاه‌ها و خطوط تولیدی
- فرآیندهای تولید جدید
- طرح‌های توسعه واحدهای تولیدی
- طرح‌های تغییر فرآیند تولیدی جاری
- طرح‌های فرآیندهای تولید یا مونتاژ و یا یک محصـــول در محیطی جدید و یا شـــرایط کاری جدید
- طرح‌های بهبود مستمر در واحدهای تولیدی
- طرح‌های اعمال تغییرات در طرح‌های جاری
- کلیه واحدهای تولیدی

۱-۸- تکنیک و روش تحقیق

هـدف از این تحقیق، اســـتفاده از تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات شـــکســـت برای ارزیابی و رتبه‌بندی مخاطرات ایمنی کارکنان در فرایند صـنعتی تولید لوله فولادی هست. لذا تحقیق حاضر به لحاظ هدف یـک تحقیق کـاربردی محســـوب می‌شـــود. روش جمع‌آوری داده‌هـا در مراحـل اولیه از نوع مطالعه کتابخانه‌ای هسـت. جهت شـناسـایی علل بالقوه خرابی از روش مصـاحبه باز اسـتفاده‌شده و در مرحله نهایی به‌منظور تعیین امتیازات مربوط به‌احتمال رخداد علل، احتمال شـناسـایی و کشـف، شدت اثر و عوامل زیرمجموعه و سـایر موارد مشـابه ازنظر خبرگان اسـتفاده می‌گردد. سـپس با استفاده از تکنیک FMECA بحرانی‌ترین مخاطرات شـــناســـایی می‌گردد و با تکنیک درخت خطا مخاطرات بحرانی علل یابی می‌شود.

۱-۹- تعریف متغیرها و واژگان نظری

FMEA

تجزیه‌وتحلیل حالات خطا و آثار آن‌یک ابزار نظام‌یافته بر پایه کارتیمی اسـت که در تعریف، شناسایی، ارزیابی، پیشـگیری، حذف یا کنترل حالات، علل و اثرات خطاهای بالقوه در یک سیستم، فرآیند، طرح یا خدمت بکار گرفته می‌شود.

FMEAC

مهم‌ترین اسـتفاده از روش FMECA در آنالیز و شناسایی تمامی حالت‌های خرابی اجزا یک سیستم و تأثیرات آن بر عملکرد سـیسـتم اسـت. در این روش تمامی حالت‌های خرابی کلاس‌بندی و به‌صـورت جـامع بر اســـاس درجـه خرابی و احتمال رخ دادن و بحرانی بودن ارزیابی می‌گردند. روش FMECA توانایی شـناسـایی اجزاء کلیدی و حالت‌های خرابی مهم را دارا هسـت و شـالوده‌ای برای سیاست‌های تعمیر و نگهداری و ارتقا محصـول هست. روش FMECA از دو قسمت تشکیل‌شده است: آنالیز حالات خرابی و آثار آن (FMEA) – آنالیز حالات بحرانی (CA).

روش ارزیابی درخت خطا (FTA)

ابزار تجزیه‌وتحلیل اســـتنباطی و همچنین دیاگرامی گرافیکی برای نشـــان دادن منطق و ایجاد فرایند درک استنباطی از چگونگی وقوع وقایع نامطلوب موردنظر.

ریسک[۱۷]

به‌احتمال به وجود آمدن آسیب و صدمه از یک خطر معین، ریسک گویند. درواقع به شانس یا احتمال اینکه کســی از خطر آســیب ببیند یا اموالی دچار صـدمه گردد، ریســک اطلاق می‌شـود. در استاندارد OHSAS 1800:۱۹۹۹ ریســک، ترکیب (یا تابعی) از احتمال و پیامدهای ناشـــی از وقوع یک اتفاق خطرناک مشخص هست[۲۶].

ریسک قابل‌قبول[۱۸]

ریســکی که به ســطحی کاهش‌یافته باشــد که با توجه به تعهدات قانونی و خطمشـــی OHSAS برای سازمان قابل‌پذیرش باشد.

اقدامات اصلاحی[۱۹]

اقدامی که برای از بین بردن عدم انطباق یا سایر شرایط نامطلوب تشخیص داده‌شده انجام می‌گیرد.

ایمنی[۲۰]

ایمنی(به انگلیسی :Safety) یکی از پرکاربردترین واژه‌هایی است که در رابطه با انسان و در زمینه‌هایی چون پزشـکی، صـنعت و مواردی از این قبیل اسـتفاده می‌شـود. ایمنی شـاخه‌ای از علم اسـت که به تجزیـه‌وتحلیـل عوامـل مخـاطره‌آمیز می‌پردازد و آن را آنالیز کرده و راه‌کارهای کنترل و کاهش آن‌ها

17. Risk
18. acceptable risk
19. corrective action
20. Safty

پیگیری می‌کند. حوادث ناشی از کار به حدی از نگران‌کنندگی رسیده که تبعات انسانی و اقتصادی آن مانعی جدی بر سر راه توسعه کشور به‌حساب می‌آید.

فرآیند

فرآیند مجموعه‌ای از یک سری فعالیت‌های مرتبط باهم که در هر مرحله با مصرف یک یا چند منبع ورودی‌ها

را به خروجی‌ها تبدیل می‌نماید این خروجی‌ها به‌عنوان ورودی‌های سایر فرآیندها ارائه می‌گردد تا درنهایت به نتیجه نهایی یا یک هدف مشخص دست یابد.

نورد[۲۱]

این لغت در فرهنگ لغت فارسی به معنای پیچیدن هست. نورد یا Rolling یکی از روش‌های شکل‌گیری مواد بوده که مواد از طریق عبور بین غلتک‌ها تغییر شکل می‌یابند. این فرآیند یکی از فرآیندهای بسیار مهم در تولید فلزات و آهن‌آلات در جهان هست. درواقع فرآیند فلزات از طریق تغییر شکل شمش یا ورق به شکل موردنظر را نورد می‌نامند. معمولاً محصول نهایی آن به‌صورت ورق یا میلگرد هست. در این فرآیند ممکن از دو فناوری مختلف استفاده شود: نورد سرد یا نورد گرم.

آموزش ایمنی:

آموزش در راستای اهداف بهداشت حرفه‌ای از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است چرا که آموزش صحیح سطح آگاهی افراد را بالاتر برده و فرهنگ ایمنی و بهداشت را در بین کارگران باز می‌کند. طبیعی است که کارگر هر چه قدر نسبت به ایمنی و مسائل مربوط به آن آگاه‌تر باشد کمتر ارتکاب به اعمال غیر ایمن می‌کند و همچنین افراد دیگر را نیز از انجام آن منصرف می‌کند.

21. Rolling

۱-۱۰- ساختار پایان‌نامه

این پایان‌نامه مشـتمل بر پنج فصل است. در فصل اول به معرفی مختصر مسئله موردبررسی و تکنیک مورداسـتفاده پرداخته‌شـده اسـت. همچنین در این فصـل اهمیت و ضرورت تحقیق، سؤالات و اهداف تحقیق، قلمرو تحقیق و موارد کاربرد تحقیق آورده شـده اسـت. در فصـل دوم به بیان مبانی نظری و همچنین پیشـینه تحقیق در حوزه تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی، FTA،FMECA به‌طور کامل شـرح داده‌شـده اسـت. در فصـل سـوم روش به‌کارگیری تکنیک FMEA و دو تکنیک تکمیلی آن FTA،FMECA بیان‌شده است. یافته‌های تحقیق و نتایج حاصل از به‌کارگیری هر سه تکنیک ذکرشده نیز در فصـل چهارم تشـریح می‌شـود. درنهایت نتیجه‌گیری و پیشـنهادها برای مطالعات بعدی نیز در فصل پنجم آمده است.

فصل ۲: ادبیات موضوع و پیشینه تحقیق

۲-۱- مقدمه

داشـتن زندگی عاری از خطر آرزو و هدف همه مردم در همه اعصـار بوده اسـت. زیرا میل به ایمنی و امنیت بخش تفکیک‌ناپذیری از ماهیت همه انسـان‌ها می‌باشـد. از طرفی دیگر بشـر همواره در تلاش برای بهبود زندگی و راحتی بیشـتر بوده و در این راه سـعی کرده اسـت با ایجاد تغییر در طبیعت، متغیرهای آن را به خدمت خود درآورد که در این راه همراه با دستیابی به مواد، تجهیزات، دستگاه‌ها و به عبارتی سـاده‌تر به خدمت گرفتن فن‌آوری نوین و غیره با خطرات بیشـتر و همچنین جدیدتری نیز مواجه گردیده است.

درگذشـته برنامه‌های ایمنی معمولاً بر اسـاس یک فلسـفه بعد از واقعه به بررسـی و کنترل حوادث می‌پرداختند بدین معنی که مهندسی ایمنی بعد از وقوع یک حادثه وارد عمل شده و سعی می‌کرد که با انجام تحقیقات لازم علل بروز حادثه را مشـخص و از نتایج حاصله به‌عنوان پایه‌ای برای پیشگیری از وقوع حوادث مشابه استفاده کند. امروزه ایمنی سیستم بر اساس یک برنامه طرح‌ریزی‌شده، دارای نظم، سـازمان‌دهی شده و در قالب یک فرآیند قبل از واقعه درآید که بر پایه روش آنالیز کنترل قرار دارد در فلسـفه امروزی ایمنی سـیستم تأکید بر روی سطح قابل‌قبول از ایمنی در فاز طراحی و قبل از تولید و ارزیابی خطرات سـیسـتم قبل از تحمیل خسـارات هسـت. قلب ایمنی سـیستم، آنالیز خطر است؛ یک فرآیند مؤثر آنالیز خطر در طول عمر سـیستم ستون و چهارچوبی خواهد بود که کل اجزاء بدنه برنامه ایمنی سـیستم بر روی آن استوار خواهد شد. البته بایستی در نظر داشت که ایمنی سیستم تنها آنالیز نقص نیسـت زیرا خطر یک اصـطلاح جامع‌تر از نقص اسـت که شـامل ریسک خسارات و جراحات نیز می‌شود [۲۷].

به‌منظور شناسایی خطرات روش‌های متفاوتی وجود دارد. روش تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست و آثار آن (FMEA) به‌عنوان یـــک تکنیـــک معتبـــر در بـــین تکنیک‌های آنالیز خطر معرفی‌شده است. FMEA با بهینه‌سازی فرآیندها و محصولات باعـــث کـاهش قابل‌ملاحظه در خسارات مادی و صدمات

انسانی ناشی از حوادث ناخواسته می‌شود. FMEA یک روش کیفی و استقرایی در شناسایی خطرهای اجزاء یک سیستم و ارزشیابی اثرات حالات خطرهای ناخواسته می‌شود.

امروزه با پیچیده‌تر شدن سیستم‌ها، ایمنی نیز در حال بحرانی شدن هست. ایمنی می‌تواند به‌صورت خاصیت یک سیستم که عاری از ریسک‌های غیرقابل‌قبول باشد تعریف شود. بنابراین لازم است تا ریسک‌ها با یک فعالیت مدیریت ریسک منطقی به سطح قابل‌قبول کاهش داده شوند [۲۸]. یکی از عناصر اصلی سیستم‌های مدیریت ایمنی شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک و کنترل آن‌ها هست که به متخصصین ایمنی کمک می‌کند تا با انجام بررسی‌های لازم توانایی تصمیم‌گیری منطقی برای کاهش احتمال وقوع حوادث و شدت پیامدهای آن‌ها را داشته باشند.

آنالیز ریسک یکی از بهترین رویکردهای شناخته‌شده برای جلوگیری از عملکردهای نادرست و حوادث هست [۲۹]. تکنیک آنالیز ریسک FMECA آنالیز (بحرانیت حالات شکست و اثرات آن)، روشی برای شناسایی و آنالیز تمام حالات شکست بالقوه قسمت‌های مختلف سیستم، شکست اثراتی که این شکست‌ها ممکن است روی سیستم داشته باشند، چگونگی جلوگیری از این شکست‌ها و یا کاهش اثرات آن‌ها روی سیستم هست [۳۰، ۳۱].

از روش‌های دیگر ارزیابی ریسک و اطمینان‌پذیری سیستم‌ها تکنیک تحلیل درخت خطا FTA است که یک روش قیاسی (از کل به جزء) بر مبنای نقص سیستم بوده و همچون یک روش قیاسی، با یک رویداد نامطلوب (رویداد اصلی) شروع‌شده و سپس علل آن با استفاده از یک فرآیند سیستماتیک، با رفتن به عقب تعیین می‌شوند. به‌عبارت‌دیگر درخت خطا بر اساس یک نمودار منطقی با معرفی ارتباطات رویدادها با رویداد اصلی و ارائه تحلیل کمی از سیستم، راه‌های بروز شکست (حالت نامطلوب) را نشان داده و درجه اطمینان‌پذیری سیستم را محاسبه می‌نماید [۳۲].

۲-۲- مبانی نظری

۲-۲-۱- ایمنی

۲-۲-۱-۱- تاریخچه ایمنی

سیر تحول علوم انسانی از عصر شکار به عصر انقلاب صنعتی هرچند که به بهره‌وری روزافزون انسان از منابع خدادادی منتهی شـد ولی از بعد دیگر او را با معضلات جدیدتری نیز مواجه ساخت زیرا انسان‌ها با روند رو به رشـد خود برای تأمین نیازهای خود شـروع به کشف و اختراع وسایل جدید و به‌کارگیری تکنولوژی‌های جدیدتری نمودند که مجموع این تلاش‌ها به افزایش سـریع و روزافزون آن‌ها در ایجاد و سـرعت بخشـیدن به تغییرات دلخواه انجامید ولی این پیشـرفت‌ها به همان نسـبت اثرات مثبت، به تأثیرات منفی نیز منجر گردید. زیرا همین تغییرات خود، عوامل پیش‌بینی‌نشـده‌ای را به دنبال داشتند که باعث بروز آسـیب، صدمه و خسارات مختلف گردیدند. در جدول (۲-۱) نمونه‌هایی از پیشرفت‌های تکنولوژیکی به همراه پاره‌ای از پیامدهای منفی آن‌ها در حوزه ایمنی ارائه‌شده است.

جدول ۲-۱: پیامدهای سوء ناشی از پیشرفت‌های تکنولوژی [۲۷]

پیشرفت	پیامد منفی
آتش	آتش‌سوزی‌های ویرانگر، سوختگی
ابزارهای برنده	بریدگی‌ها و صدمات ناخواسته
سوخت‌های فسیلی	آلودگی هوا، افزایش شدید، حوادث مرگبار، مسمومیت
سیستم حمل‌ونقل سریع	افزایش شدیدحوادث مرگبار
آفت‌کش‌ها نگهدارندِ های غذا	زنجیره غذایی، مواد سرطان‌زا
انرژی هسته‌ای	پرتوهای یون‌ساز

در سالیان اخیر اثرات سوء توسعه‌های تکنولوژیکی به حدی بحران‌آفرین شده است که حتی روند رو به رشد انسان درزمینهٔ فن‌آوری‌های نوین شدیداً زیر سؤال رفته است به‌طوری‌که امروزه این سؤال به‌کرات از طرف اندیشمندان مطرح می‌شود که: آیا ما قربانی فرایند توسعه نشده‌ایم.

آنالیز حوادث فاجعه‌بار دهه‌های اخیر نشانگر موارد زیر است:

- در بسیاری از مواقع پیامدهای بروز حوادث از چنان بعدی برخوردار می‌شوند که حتی‌الامکان تصور جبران خسارت وارده به دارائی‌ها وجود ندارد.
- ثابت‌شده است که یکی از عوامل اصلی مؤثر در افزایش بهره‌وری در کنار کاهش هزینه حوادث و بیماری توجه به‌سلامتی جسمانی و روانی افراد درگیر در سیستم از طریق معاینات بدو استخدام، دوره‌ای و کنترل عوامل زیان‌آور فیزیکی، شیمیایی، روانی و بیولوژیکی هست.
- حوادث یادشده همواره در اثر ترکیبی از عوامل مختلف به وجود می‌آیند که نبود یک تفکر جامع‌نگر و غفلت از یک عامل می‌تواند کلیه تلاش‌های انجام‌شده برای کنترل حوادث را بی‌اثر سازد.

با توجه به مطالب یادشده و نظر به حرکت شتابان کشورمان درزمینهٔ توسعه و صنعتی شدن درزمینهٔ مقابله با حوادث صنعتی و کنترل پیامدهای مختلف آن من‌جمله خسارات اقتصادی،انسانی، اجتماعی، زیست‌محیطی و توجه به موارد زیر حائز اهمیت است:

- استفاده از فلسفه پیش‌گیرنده در کنترل ریسک خطرات (ایمنی سیستم)
- به‌کارگیری رویکرد سیستمی
- انسان‌محوری[۲۷].

۲-۲-۱-۲-معیارهای ایمنی سیستم

شدت خطر

شـدت خطر نشـان‌دهنده وسـعت و دامنه خسـارات و تلفاتی است که در صورت بالفعل درآمدن خطر ایجاد خواهد شـد. طبقه‌بندی شـدت خطر می‌تواند بر اسـاس تعداد طبقات، نام‌گذاری آن‌ها، اهداف و منظور هر طبقه، اصـول طبقه‌بندی و غیره متفاوت باشـد یکی از طبقه‌بندی‌های شـدت خطر در سال ۱۹۸۴ در استانداردهای نظامی آمریکا (MIL-STD -۸۸۲۱۳) ارائه‌شده که در آن خطرات ازنظر شدت به چهار گروه فاجعه‌بار، بحرانی، مرزی و جزئی طبقه‌بندی‌شـده‌اند. هرچند که اسـتاندارد اخیر در ابتدا

برای ارزیابی سیستم‌های نظامی ارائه‌شده بود ولی امروزه از آن برای طیف وسیعی از صنایع که اصول ایمنی سیستم در آن‌ها بکار گرفته می‌شود نیز استفاده می‌گردد. سیستم یادشده که در جدول(۲-۲) نشان داده‌شده است یک معیار کیفی از شدت نسبی پیامدهای احتمالی شرایط مخاطره‌آمیز ارائه می‌کند.

به‌کارگیری تکنیک طبقه‌بندی شدت، در ارزیابی شرایط ایمنی سیستم از اهمیت بسزایی برخوردار است زیرا با اختصاص طبقات مختلف سیستم و شکست‌های احتمالی می‌توان شرایط موجود را بهتر ارزیابی کرده و درنتیجه اقدامات کنترلی را اولویت‌بندی نمود.

جدول ۲-۲: طبقه‌بندی شدت حادثه [۲۷]

نوع خطر	طبقه	تعریف
فاجعه‌بار	۱	مرگ‌ومیر یا از بین رفتن سیستم
بحرانی	۲	جراحات، بیماری‌های شغلی یا آسیب‌های وارده به سیستم شدید است.
مرزی	۳	جراحات، بیماری‌های شغلی یا آسیب‌های وارده به سیستم کوچک است.
جزئی	۴	جراحات، بیماری‌های شغلی یا آسیب‌های وارده به سیستم خیلی کوچک است.

لازم به یادآوری است که علاوه بر تعداد طبقات و نام آن‌ها، تعاریف هر طبقه نیز ممکن است در کشورها، ایالات و حتی در صنایع مختلف یک کشور بسیار متفاوت از هم باشد که این امر به سیاست‌های ایمنی هر کشور، ایالت و یا صنعت بستگی خواهد داشت به‌عنوان‌مثال ممکن است در کشور یا صنعتی تحمیل N دلار خسارت یک حادثه فاجعه‌بار تلقی شود درحالی‌که حادثه یادشده در کشور یا صنعت دیگر از نوع بحرانی قلمداد شود.

احتمال خطر

فاکتور احتمال خطر نشان‌دهنده امکان بالفعل درآمدن یک خطر در یک دوره زمانی معین است. طبقه‌بندی خطرات بر اساس احتمال وقوع نیز ممکن بسیار متعدد باشد، طبقه‌بندی ارائه‌شده در جدول (۲-۳) نشانگر یک تقسیم‌بندی کیفی از احتمال نسبی وقوع یک حادثه در اثر خطرات کنترل نشده است (MIL-STD -۸۸ B) همچنین با استفاده از این جدول می‌توان، بر اساس میزان احتمال

وقوع حوادث به اهمیت آن‌ها پی برد لازم به ذکر اســت که در طبقه‌بندی‌های مشــابه می‌توان احتمال وقوع حوادث را به شــکل کمی نیز تعریف کرد به‌عنوان‌مثال حوادثی را از نوع مکرر نامید که حداقل یک‌بار در هر هفته یا ماه و غیره برحسب ماهیت سیستم رخ می‌دهند[۲۷]

جدول ۲-۳: سطح احتمال وقوع خطر [۲۷]

نوع خطر	طبقه	تعریف
مکرراً	۱	به‌طور مکرر اتفاق می‌افتد
محتمل	۲	در طول عمر یک سیستم چندین بار رخ می‌دهد.
گاه‌به‌گاه	۳	گاه‌گاهی در طول عمر سیستم رخ می‌دهد.
خیلی کم	۴	احتمال وقوع آن در طول عمر سیستم آن‌قدر پائین است که می‌توان آن را در حد صفر فرض کرد.

۲-۲-۱-۳-اولویت‌ها در ایمنی سیستم

اســتفاده از روش اولویت‌بندی برای برطرف کردن ضــرورت‌های ایمنی ســیســتم و کنترل خطرات شــناخته‌شــده بی‌شــباهت به کاربرد آن برای ســایر مســائل ایمنی صــنعتی نیست. اولویت‌ها در ایمنی سیستم شامل پنج مرحله به شرح زیر است:

الف. طراحی ایمن (به‌طوری‌که ریسک‌ها به حداقل ممکن تقلیل یابند)

ب. تعبیه تدابیر ایمنی

پ. فراهم کردن وسایل هشداردهنده

ت. گسترش و بهبود دستورالعمل‌های عملیاتی و آموزش‌ها

ث. پذیرش ریسک [۲۷].

۲-۲-۱-۴- مفاهیم و اصول اساسی ایمنی

تعریف ایمنی عبارت است از میزان درجه دور بودن از خطر، واژه (Hazard) که در تعریف علمی ایمنی آمده اســت، درواقع شــرایطی اســت که دارای پتانســیل رســاندن آســیب به کارکنان، تجهیزات و ساختمان‌ها، از بین بردن مواد یا کاهش کارایی در اجرای یک وظیفه از پیش تعیین‌شده هست.

هنگامی‌که (Hazard) وجود دارد امکان وقوع اثرات منفی یادشده وجود خواهد داشت.

کلمه (Danger) گویای قرارگرفته در معرض یک (Hazard) اســـت، به‌این‌ترتیب ایمنی متضـــاد (Danger) بوده است و درصدد حذف خطرات بالفعل موجود در محیط کار هست.

ایمنی به‌طور صـد در صـد وجود ندارد و عملاً هم هیچ‌گاه حاصـل نخواهد شـد ازاین‌روسـت که گفته می‌شود ایمنی حفاظت نسبی در برابر خطرات است [۳۳].

ایمنی در فرهنگ لغات اصـطلاح ایمنی به معنی امنیت، آسـایش، سـلامتی و غیره آمده است و ازنظر تعریف عبارت اسـت از میزان یا درجه فرار از خطر. ایمنی کامل یعنی مصونیت در برابر هر نوع آسیب، جراحت و نابودی که با توجه به تغییرپذیری ذاتی انسان و غیرقابل‌پیش‌بینی بودن کامل اعمال و رفتار او و همچنین علل دیگر به نظر می‌رسـد که هیچ‌گاه ایمنی صددرصدی حتی برای یک دوره کوتاه‌مدت نیز وجود نداشـته باشـد به همین علت کارشـناسان امر معمولاً بجای کلمه ایمنی از اصطلاحاتی نظیر پیشرفت ایمنی، ارتقاء ایمنی و ایمن‌تر و غیره استفاده می‌کنند.

سیستم: عبارت است از مجموعه افراد، تجهیزات، قوانین، روش‌ها و دستورالعمل‌ها که به‌منظور اجرای یک فعالیت معین در یک محیط خاص کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

خطر: به شـرایطی اطلاق می‌شـود که دارای پتانسیل رساندن آسیب و صدمه به کارکنان، خسارات به وسـایل، تجهیزات، سـاختمان‌ها و از بین بردن مواد یا کاهش قدرت کارایی در اجرای یک عمل از قبل تعیین‌شده باشد.

شـــدت خطر: عبارت است از یک توصیف طبقه‌بندی‌شده از سطح خطرات بر اساس پتانسیل واقعی یا مشاهده‌شده آن‌ها در ایجاد جراحت، صدمه و یا آسیب.

احتمال خطر: عبارت است از امکان بروز شرایط خاص در یک وضعیت معین یا محیط کاری.

حادثه: واقعه برنامه‌ریزی نشـده و بعضـاً صـدمه آفرین یا خسـارت رسـان که انجام، پیشـرفت یا ادامه طبیعی یک فعالیت یا کار را مختل می‌سـازد و همواره در اثر یک عمل یا کار نا ایمن یا شرایط نا ایمن و یا ترکیبی از آن دو به وقوع می‌پیوندد.

ریسک: عبارت است از بزرگی خطر برحسب احتمال وقوع و شدت آن.

شـکسـت یا نقص: عدم توانایی یک جزء، وسیله یا سیستم در اجرای عملکرد مورد انتظار و یا انجام یک عمل یا فعل ناخواسـته توسـط آن را نقص یا شـکسـت گویند به‌عنوان‌مثال به صدا درنیامدن زنگ اعلام آتش‌سـوزی در موقع حریق و یا به صـدا درآمدن آن در مواقع غیرضـروری هر دو نقص محسوب می‌شوند[۲۷].

۲-۲-۲- تئوری مخاطره[۲۲]

در تعاریف ایمنی سیستم، رویداد ناگوار(Mishap) واقعه واقعی است که رخ‌داده است و منجر به مرگ، آسـیب و یا خسـارت شده است و مخاطره (Hazard) شرایط بالقوه‌ای است که می‌تواند منجر به مرگ، آسـیب و یا خسـارت شـود. این تعاریف منجر به اصـولی می‌شـود که مخاطره پیشرو برای واقعه ناگوار اسـت، مخاطره واقعه بالقوه‌ای را (یعنی واقعه ناگوار) را تعریف می‌کند درحالی‌که واقعه ناگوار رویداد رخ‌داده شده است. این بدان معنی است که روابط مستقیمی بین مخاطره و واقعه ناگوار وجود دارد.

مخاطره متشکل از سه جزء اساسی است:

عنصر مخاطره‌آمیز(HE[۲۳])

- عنصـر مخاطره‌آمیز منبع اصلی مخاطره‌آمیز ایجادکننده نیروی محرکه مخاطره است نظیر منبع انرژی مخاطره‌آمیز نظیر مواد منفجره مورداستفاده در سیستم.

22. Hazard
23. Hazardous Element

مکانیسم شروع‌کننده (IM[۲۴])

- مکانیسم شروع‌کننده رخداد ماشه یا آغازگر مسبب ایجاد مخاطره است.

هدف/تهدید(T/T[۲۵])

- شخص یا چیزی است که برای آسیب و یا صدمه باارزش است و شدت رخداد ناگوار را توصیف می‌کند. هدف، نتیجه واقعه ناگوار و صدمه و خسارت مورد انتظار است. این سه اجزای به مثلث مخاطره معروف‌اند.

مثلث مخاطره متشکل از سه جزء ضروری است که هر یک از آن‌ها یک ضلع مثلث را شکل می‌دهند. همه اضلاع مثلث ضروری هستند و برای ایجاد مخاطره موردنیاز هستند. حذف هر یک از اضلاع مثلث منجر به حذف مخاطره می‌شود و دیگر واقعه ناگوار رخ نمی‌دهد (یعنی مثلث ناکامل است). احتمال ضلع مکانیسم آغازگر را کاهش دهید تا احتمال واقعه ناگوار کاهش یابد. عنصر را در ضلع عنصر مخاطره‌آمیز را کم کنید یا ضلع هدف را کاهش دهید تا شدت واقعه ناگوار کاهش یابد. این جنبه از واقعه مفید است وقتی‌که تعیین می‌کنید کجا مخاطره کاهش یابد[۳۴].

تعریف مخاطره

مخاطره بر اساس ISO8402:1995/BS4778 عبارت است از:" احتمال یا فراوانی یک خطر تعریف‌شده و بزرگی پیامدهای آن رخداد". سازمان جهانی دریانوردی (IMO[۲۶]) مخاطره را ترکیبی از فراوانی و شدت پیامد تعریف نموده است. به‌عبارت‌دیگر مخاطره از دو جزء احتمال رخداد و شدت پیامد تشکیل‌شده است. بنابراین شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک‌های ناشی از خطر، کاربرد روش‌های کنترلی جهت کاهش ریسک و پایش روش‌های اصلاحی ازجمله اموری است که می‌بایست در موقع

24. Initiating Mechanism
25. Target and Threat
26. International Maritime Organization

بروز خطر موردتوجه ارزیابان قرار گیرد. ریسک‌ها معمولاً در حوزه سلامتی کلیه کارکنان شاغل، اهداف ارگان موردنظر محیط کار وجود دارند [۳۵].

۲-۲-۳- روش‌های آنالیز و مشخص کردن ریسک

۲-۲-۳-۱- آنالیز کیفی ریسک

در این روش از کلمات با عبارات توصیفی برای نشان دادن بزرگی پیامدهای ممکن و احتمال رخداد آن‌ها استفاده می‌شود. این مقیاس‌ها را می‌توان متناسب با شرایط تهیه کرد و بیان‌های مختلفی را می‌توان برای ریسک‌های مختلف بکار برد. این آنالیز اولویت‌ها را برای اهداف مختلف ازجمله آنالیزهای بیشتر فراهم می‌کند. این آنالیز به‌ویژه زمانی مفید است که اطلاعات قابل‌اعتمادی برای روش‌های کمی در دسترس نباشد[۳۴].

روش‌های متداول شناسایی ریسک عبارت‌اند از:

- چک‌لیست‌ها
- تجزیه و تحلیل درخت خطا
- تجزیه و تحلیل حالات شکست و آثار آن
- مطالعه عملیات و خطر
- تجزیه و تحلیل چه می‌شود اگر؟

۲-۲-۳-۲-آنالیز نیمه کمّی ریسک

در آنالیز نیمه کمی ریسک به مقیاس‌های کیفی مانند آنچه درروش کیفی استفاده شد اعداد اختصاص داده می‌شود. هدف یک اولویت‌بندی دقیق‌تر و کامل‌تر است ابعاد ریسک به‌غیراز احتمال و پیامد ممکن است به هدف بستگی داشته باشد. در برخی از موارد در نظر گرفتن مواجهه خیلی مهم است در آنالیز ریسک ایمنی و بهداشتی، مواجهه تعداد دفعاتی است که فرد می‌تواند در واقعه ناخواسته حضورداشته

باشد با در نظر گرفتن تکرار وظیفه و تعداد افرادی که آن کار را انجام می‌دهند. مواجهه وقتی مهم است که چند گروه کاری یا وظایف کاری متفاوت مدنظر باشد[۳۴].

۲-۲-۳-۳-آنالیز کمّی

درروش کمی: احتمال وقوع یک حادثه خاص و پیامدهای آن محاسبه یا برآورد می‌گردد و سپس از معیار عددی به‌دست‌آمده برای قضاوت در مورد پذیرفتنی بودن ریسک خطرات استفاده می‌شود. انجام برآورد عددی مشکل است و معمولاً می‌بایست با استفاده از برخی جداول خاص با توجه به تکنیک ارزیابی ریسک و وزن گذاری، مقادیر کیفی را به مقادیر کمی تبدیل کرد[۳۴].

در ادامه به معرفی تکنیک‌های کیفی می‌پردازیم:

۲-۲-۴- تجزیه و تحلیل حالات بالقوه خرابی و آثار آن (FMEA)

۲-۲-۴-۱-تاریخچه

در دهه ۱۹۵۰ اهمیت مسائل ایمنی و پیشگیری ازحوادث قابل پیش بینی درصنعت هوافضا، علت اصلی پیدایش FMEA شد. چندی بعد، این روش به عنوان ابزاری کلیدی برای افزایش ایمنی در فرایندهای صنایع شیمیایی مطرح شد واز آن به بعد، هدف از اجرای FMEA پیشگیری از تصادفات واتفاقات تعریف شده است. درفوریه ۱۹۹۲ استاندارد SAE-J-1739 به عنوان استاندارد مرجع FMEA در صنایع خودرو معرفی شد و به دنبال آن در سال های اخیر، توسعه سیستم های تضمین کیفیت در صنعت خودرو بخصوص وضع استاندارد QS-9000 در صنعت خودرو امریکا، موجب شد که استفاده از FMEAرواج بیشتری یابد. [۳۶].

۲-۲-۴-۲-معنی و مفهوم FMEA

FMEA از چهار حرف اول کلمات به‌کاربرده شده در عبارت لاتین تشکیل‌شده است:

Failure Mode and Effect Analyses

Failure: ریشــه این لغت کلمه Fail اســت و معانی به‌کاربرده شده برای آن بر اساس واژه‌نامه آکسفورد عبارت‌اند از: ناموفق بودن در انجام کاری، ضــعیف، ناکافی و نا مؤثر بودن. در فرهنگ آریانپور نیز تعبیر متنوعی از این لغت شده است که عبارت‌اند از: شکست خوردن و رد شدن، قصور ورزیدن، عقیم ماندن و به‌طورکلی منظور از Failure عبارت است از: عدم تحقق آنچه از قبل خواسته‌شده است.

Mode: از این کلمه به معنای روشی که چیزی یا کاری بر طبق آن انجام می‌شود استفاده می‌گردد.

Effect: تغییر ایجـادشـــده بـه علـت انجام یک عمل، نتیجه، پیامد، اثر، کار مؤثر و اجرا کردن ازجمله معانی این کلمه هستند.

Analysis: عبارت اســت از شـکســتن چیزی به اجزای متشکله برای شناسایی یا مطالعه ساختار آن‌که معنای عام تجزیه‌وتحلیل برای آن به‌کاربرده شده است.

با توجه به آنچه ذکر شد ترجمه تحت‌اللفظی FMEA عبارت است از: تجزیه‌وتحلیل انواع نقص و اثرات آن. با توجه به اینکه واژه خطا برای بیان: عدم تحقق آنچه از قبل خواســته‌شده مناسب است و از سوی دیگر درروش FMEA مفهوم امکان یا پتانســیل نهفته اســت می‌توان ترجمه مناسب FMEA را چنین بیان نمود: تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی و اثرات آن[۳۷].

۲-۲-۴-۳- هدف از انجام FMEA

تجزیــه‌وتحلیــل حــالات بالقوه خرابی، مجموعه‌ای از فعالیت‌های نظام‌یافته تلقی نمود که اهداف زیر را دنبال می‌کند:

- شــناسایی خطاها، نواقص، و خرابی‌هایی که در طراحی محصول یا فرایند تولید به‌صورت بالقوه و بالفعل وجود دارند.
- برآورد اثرات و ارزیابی نتایج حاصل از وقوع هر یک از عوامل فوق.
- شــناســایی و انجام اقداماتی که توسط آن بتوان احتمال وقوع هر یک از عوامل فوق را کاهش داد و درنهایت به صفر رساند.

- شناسایی و انجام اقداماتی که توسط آن بتوان میزان شدت و وخامت نتایج حاصله از خطاها را تا حد ممکن کاهش داد.
- شناسایی و انجام اقداماتی که توسط آن بتوان قابلیت کشف خطا، قبل از رسیدن محصول به مشتری را افزایش داد.
- مستندسازی امور طراحی و فرایند تولید محصول.

۲-۲-۴-۴- ویژگی‌های FMEA

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی مسئله شاخص بودن این تکنیک است. این خصوصیت به معنای انجام عملی پیشگیرانه قبل از وقوع حادثه است نه بعدازآن و درواقع بالاترین حسن تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی در صورت انجام صحیح آن نیز همین مسئله است. چراکه در صورت وقوع حادثه ناگوار معمولاً مبالغ هنگفتی صرف برطرف نمودن اشکالات و خرابی‌های به وجود آمده می‌شود. و چنانچه آن حادثه به علت وقوع خطایی در مرحله طراحی حادث‌شده باشد میزان خسارت وارده به حداکثر خواهد رسید. برای حصول بیشترین بازده باید قبل از اینکه عامل خطای طراحی یا عامل خطای فرآیند وارد محصول شود، تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی اجرا شود. به ازای زمان و هزینه‌ای که صرف اجرای کامل تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی می‌شود این امکان به وجود می‌آید که هرگونه تغییر و اصلاح در طراحی محصول و فرآیند را به‌سادگی و با صرف حداقل هزینه اعمال نمود. درواقع تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی مسائل و مشکلات ناشی از اعمال این تغییرات را به حداقل می‌رساند. تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی باعث کاهش دوباره‌کاری‌ها و اقدامات اصلاحی که معمولاً هر یک مسائل دیگری به همراه دارند می‌شود. نکته دیگری که می‌توان به‌عنوان ویژگی تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی مطرح نمود خاصیت تعاملی بودن آن است. تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی روشی پویا است که دائماً باید در حال اجرا باشد. بنابراین فرایندی نیست که با یک‌بار اجرا و به‌صورت مقطعی پایان پذیرد. این فرایند همراه با سایر فعالیت‌های شرکت به‌صورت وظیفه جاری اعضای شرکت درمی‌آید و همراه با طراحی محصولات جدید و تغیر فرایند تولید، به

هنگام می‌شود. همچنین حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی روش نظام‌یافته‌ای است که اولاً خطاها و نواقص و خرابی‌هایی که در سیستم، محصول و فرآیند به‌صورت نهفته و آشکار وجود دارند شناسایی نموده و ثانیاً با اتخاذ تدابیر صحیح درصدد حذف آن‌ها برمی‌آید. بدین‌وسیله از تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی می‌توان به‌عنوان یکی از ابزارهای بهبود مستمر کیفیت محصولات و خدمات در شرکت‌ها نام برد.

۲-۲-۴-۵- مسئولیت اجرائی FMEA

روش تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی به‌گونه‌ای است که اجرای آن باید به‌صورت گروهی انجام شود. درواقع تیمی که حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی را ایجاد و اجرا می‌کند باید از بهترین مهندسین و کارشناسان خبره‌ای تشکیل شود که در اموری مثل طراحی، ساخت و تولید، مونتاژ، خدمات پشتیبانی، تعمیر و نگهداری، کنترل کیفیت و قابلیت اطمینان، تخصص و تجربه داشته باشد. درواقع گلچینی از متخصصین سازمان برای اجرای این تکنیک باید بسیج شوند. اگرچه این کار گروهی است ولی مسئولیت اجرای آن به یک فرد سپرده می‌شود. فرد مسئول به‌عنوان هماهنگ‌کننده کلیه فعالیت‌های گروه است که نقش رهبری و هدایت تیم حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی را بر عهده دارد. ذکر این نکته ضروری است که مسئول حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی باید از حمایت کافی و جدی بالاترین مقام اجرایی شرکت برخوردار باشد.

۲-۲-۴-۶- نقش‌ها و وظایف FMEA

حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی روشی است که سه وظیفه مشخص را ایفا می‌کند:

- یک ابزار پیشگیری از مشکلات است.
- یک روش توسعه و پیاده‌سازی طرح‌ها، فرآیندها، یا خدمات جدید است.
- یادداشت روزانه طراحی، فرآیند یا خدمت است.

حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی به‌عنوان یک ابزار، یکی از کاراترین روش‌های کم ریسک برای پیش‌بینی مشکلات و تشخیص مؤثرترین و کم‌هزینه‌ترین راه‌حل‌های پیشگیری از آن مشکلات است.

به‌عنوان یک روش، حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی یک مسیر سازمان‌یافته برای ارزیابی و به‌روزآوری توسعه طراحی و فرآیند برای تمام سازمان‌ها هست. این تکنیک می‌تواند برای ایجاد ارتباط و نگهداری از سایر مدارک موجود در سازمان مورداستفاده قرار گیرد. به‌عنوان یک یادداشت یا نوشته حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی در مرحله طراحی، فرآیند یا خدمت آغاز می‌شود و در مدت‌زمان طول عمر محصول نگهداری می‌شود. کلیه تغییراتی که در طول این مدت رخ‌داده و کیفیت و قابلیت اطمینان محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد می‌بایستی در حالات بالقوه تجزیه‌وتحلیل خرابی ارزیابی و مستند شود.

۲-۲-۴-۷- زمان شروع و تکمیل FMEA

FMEA چه زمانی آغاز می‌شود؟ در تعریف تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی گفته شد که اعمال این روش رضایت مشتری را افزایش خواهد داد و مشکلات موجود و مشکلاتی را که ممکن است در آینده به وجود آید کاهش داده و برطرف می‌کند. به‌منظور انجام این کار تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی باید هرچه زودتر شروع شود. حتی اگر تمام اطلاعات موردنیاز موجود نباشد. شعار تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی این است که: با هر امکاناتی که داری بهترین کاری که می‌توانی انجام بده. یقیناً با اطلاعات مقدماتی برخی محدودیت‌های سیستم یا تعاریف طراحی ممکن است توسعه یابد. تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی باید زمانی آغاز شود که ۱: سیستم طرح محصول، فرآیند تولید محصول و نحوه ارائه خدمات جدید طرح‌شده باشد. ۲: اجرای سیستم، طرح، فرآیندها و نحوه ارائه خدمات جدید طرح‌شده باشد. ۳: کاربردهای جدید برای اجرای سیستم، طرح محصول، فرآیندهای تولید و ارائه خدمات در شرایط موجود به وجود آید. ۴: انجام بهبودهایی در سیستم، طرح‌ها، فرآیندها و ارائه خدمات ضروری باشد. به خاطر داشته باشید که هدف از انجام تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی تدوین برنامه بهبود مداوم است. بنابراین تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی می‌تواند در هرزمانی از شروع طرح محصول تا تحویل کالا به مشتری و ارائه خدمات جانبی صورت گیرد. بعدازاین که تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی آغاز شد مدارک مستند شده حفظ خواهند شد. تجزیه‌وتحلیل

حالات بالقوه خرابی درواقع یک ابزار بهینه‌سازی بوده و علی‌رغم زمان شروع آن همچنان جهت بهبود، نیاز به اطلاعات دارد. این بهبود همان‌طور که بارها اشاره‌شده است می‌تواند در سیستم، طرح محصول، فرآیندهای تولید و ارائه خدمات به مشتریان انجام شود. این فعالیت به‌طور مستمر و در حدی که لازم باشد باید انجام شود.

تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی چه زمانی تکمیل می‌شود؟ آیا زمانی وجود دارد که تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی کامل و تمام شود؟ بله درصورتی‌که سیستم، طرح محصول، فرآیند تولید یا ارائه خدمت متوقف یا کامل شود. مشخصاً سیستم تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی زمانی تکمیل می‌گردد که تمامی سخت‌افزارها تعیین‌شده و طراحی متوقف گردد. طراحی هنگامی تکمیل‌شده است که تاریخ تولید آغازشده باشد و فرآیند تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی زمانی تکمیل‌شده است که تمامی عملیات مشخص و ارزیابی‌شده و کلیه پارامترهای مهم و بحرانی در برنامه کنترل ذکر شوند. نکته مهم دیگر این‌که بر اساس توضیحات ذکرشده حتی یک تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی کامل نیز تا زمانی که سیستم، طراحی محصول، فرآیند تولید، یا ارائه خدمت وجود دارد ممکن است جهت بازنگری، ارزیابی، بهبود سیستم، طراحی، فرآیند تولید، یا ارائه خدمات مجدداً مطرح شود.

آیا امکان منسوخ یا متروک شدن FMEA وجود ندارد؟ در صورت امکان به چه شکل و چگونه؟ جواب صریح این سؤال مثبت است، بسته به ارتباط بین سازمان و مشتری و تأمین‌کننده، راهبردهای متفاوتی مطرح می‌شود. قوانین بین‌المللی و مشخصی جز آنچه در محدوده قوانین سازمان‌ها و صنایع تعیین می‌گردد وجود ندارد برای مثال در صنایع هسته‌ای سابقه نگهداری از گهواره تاگور است. اما در برخی از راهنماهای خودرو تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی باید تا زمانی که یک محصول تولید می‌شود نگه‌داری شود به‌عنوان یک قانون عمومیFMEA: باید برای طول عمر کامل محصول در دسترس باشد. زمان و طول مدت FMEA: اجرای تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی یک کار زمان‌بر است اما اگر تمام پارامترها بررسی شود بدیهی است که ارزنده هست. قابل‌توجه است که زمان مشخصی برای تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی وجود ندارد. مدت‌زمان با توجه به شرایط و اهداف و پیچیدگی

پروژه تعیین می‌شـود. یک تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی کامل می‌تواند در یک صـفحه مسـتند گردد و فقط یک سـاعت زمان برده باشـد برعکس یک تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی با صـدها صفحه و یک سال کار نمی‌تواند ضامن کامل بودن کار باشد.

۲-۲-۴-۸- انواع FMEA

۱- (SYSTEM FMEA) تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی در سیستم‌ها.

۲- (DESIGN FMEA) تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی در طراحی.

۳- (PROCESS FMEA) تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی در فرآیند تولید.

۴- (SERVICE FMEA) تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی در خدمات.

۵- (MACHINERY FMEA) تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی در ماشین‌ها و دستگاه‌ها [۳۸].

۲-۲-۴-۸-۱- FMEA در سیستم

SFMEA روشی سیستماتیک است که به‌منظور تحلیل و بررسی یک سیستم و زیر سیستم‌های آن در ابتدایی‌ترین مراحل طراحی اسـتفاده می‌شـود. SFMEA عموماً بر حالات بالقوه خرابی که می‌تواند در عملکردهای سیستم رخ دهد تمرکز می‌نماید. این خرابی‌ها از وجود نقصان و یا کمبودهایی در طراحی سیستم و یا وجود تقابل نامطلوب بین عملکرد مؤلفه‌های سیستم و یا زیرسیستم ناشی می‌شوند.

SFMEA دربرگیرنده مراحل مفهومی، طراحی جزئی، تکوین، آزمایش و ارزیابی سـیسـتم اسـت و بنابراین ابتدایی‌ترین نوع FMEA هسـت که تکمیل می‌شـود و به بررسـی آثار متقابل اجزا و زیر سـیستم‌ها بر یکدیگر و یا بر سیستم‌های دیگر می‌پردازد. طرح در این مرحله فرآیند تکاملی دارد و در آن چگونگی اسـتفاده از روش‌ها و تکنولوژی‌های مختلف برای رسـیدن به یک سـیستم ایده آل مطرح هسـت .SFMEA اطلاعات اولیه برای اجرای DFMEA خواهد بود. درواقع DFMEA پس از تکمیل SFMEA تهیه می‌شود و عموماً علل خرابی در SFMEA حالات خرابی در DFMEA هستند.

۲-۲-۴-۸-۲- FMEA در طراحی

یکی از مراحل تولید محصـول مرحله طراحی است. بدیهی است طراحی محصول مقدم بر فرآیند تولید و مونتاژ آن هسـت.FMEA طراحی صـرفاً یک ابزار تجزیه‌وتحلیل برای کلیه مهندسـین طراح و سـایر افراد درگیر در طراحی محسـوب می‌شود. نظر به این‌که در مرحله طراحی ممکن است خطاهای بالقوه و پنهانی وارد طراحی شـــوند از این تکنیک به‌منظور اطمینان از در نظرگیری کلیه خطاهای طراحی اسـتفاده می‌شـود. هر سـیستم ممکن است از چند سیستم فرعی یا اصطلاحاً زیرسیستم تشکیل شود. نهایتاً زیر سیستم‌ها را می‌توان متشکل از واحدهای ساده‌تری در نظر گرفت که نام جزء بر آن‌ها اطلاق می‌شـود. برای بررسـی هر سـیستمی باید کلیه زیر سیستم‌ها و اجزاء تشکیل‌دهنده آن، موردبررسی و ارزیابی دقیق واقع شـــود. در نگرش عمیق و موشـــکافانه می‌توان دریافت تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی چکیده اندیشـه‌ها و نتایج افکار مهندسـین طراح هنگام طراحی سـیسـتم، زیرسـیستم و اجزای مربوطه هسـت. روش نظام‌یافته تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی تفکرات و اندیشـه‌های مهندسین را همسـو نموده و به شـیوه معمول آن‌ها در فرآیند طراحی سـاختار می‌دهد و علاوه بر آن روش آن‌ها را مستند می‌سازد.

۲-۲-۴-۸-۳- FMEA در فرآیند

بعد از طراحی مرحله فرآیند اسـت، درواقع اسـاس و بنیان FMEA فرآیند و طراحی یکسـان اسـت. FMEA فرآیند مانند آنچه قبلاً برای طراحی بیان شـد، صـرفاً یک ابزار تجزیه‌وتحلیل برای مهندسـین این مرحله هست. از این تکنیک برای حصول اطمینان ازنظر درگیری کلیه خطاها و عوامل مربوطه در فرآیند اسـتفاده می‌شـود. FMEA فرآیند روش نظام‌یافته‌ای اسـت که اندیشـه‌ها و تفکرات مهندسین فرآیند را همسو کرده و به شیوه معمول آن‌ها در برنامه‌ریزی تولید ساختار و شکل می‌بخشد.

۲-۲-۴-۸-۴- FMEA در فرآیند ارائه خدمات

Service-FMEA روشی است تحلیلی و نظام‌یافته به‌منظور شناسایی حالات خرابی بالقوه (یا شناخته‌شده)، اولویت‌بندی آن‌ها و سرانجام تعیین اقدامات پیشگیرانه برای حذف خرابی‌ها، قبل از ارائه اولین خدمات به مشتریان. اولین خدمت به فعالیتی اطلاق می‌شود که برای مشتری خاص به‌عنوان بخشی از فعالیت روزمره انجام می‌گیرد. این تعریف از (اولین خدمت) حائز اهمیت است، چون شامل خدمات آزمایشی و خدمات آموزشی نمی‌شود.

معمولاً Service-FMEA به‌منظور بررسی تقابل‌های موجود بین اجزای یک خدمت، شامل نیروی انسانی، ماشین، روش، مواد اولیه و محیط پیرامون انجام می‌شود.

۲-۲-۴-۸-۵- FMEA در فرآیند ماشین‌آلات و ابزارهای تولید

آنالیز حالات بالقوه خرابی ماشین، روشی استاندارد برای ارزیابی دستگاه و ابزار در طی فاز طراحی، به‌منظور بهبود ایمنی کاربر، افزایش کارایی و توانایی ماشین است. MFMEA همانند DFMEA است و در فاز طراحی به کار می‌رود، عموماً در دو مورد از MFMEA استفاده می‌شود:

الف) زمانی که حجم طراحی خیلی کم است و به دست آوردن آمار خرابی بر روی نمونه‌های اولیه عملی نیست.

ب) وقتی‌که زمان مصرف محصول حاصل از طراحی، خیلی طولانی است.

۲-۲-۴-۹-اصول اولیه در FMEA

اصل یک: لازم نیست تمامی خطاها را در نظر بگیرید.

بررسی تمامی خطاهای موجود در سازمان قطعاً بدون اینکه واقعاً نفعی به دنبال داشته باشد باعث افزایش حجم تجزیه‌وتحلیل‌ها، هزینه و زمان می‌شود.

اصل دو: خطا را به‌صورت فعل منفی یک عملکرد بنویسید.

در هنگام لیست کردن خطاها ممکن است این سؤال پیش آید که آیا این خطا، خود اثر یک خطاست یا در نقش علت برای خطای دیگر رخ‌داده است. مثلاً اگر وظیفه یک مجموعه نگهداری مایع باشد در این صورت خطای مربوطه می‌تواند در قالب یک عبارت منفی مانند نگه نداشتن مایع بیان شود.

اصل سه: هر یک از ستون‌های فرم FMEA را به‌طور جداگانه (ستونی) تکمیل نمایید.

هیچ‌یک از اعضـای تیم اجازه وارد شدن به بحث در ستون‌های دیگر در فرم را ندارند. هرچند که سؤال بعدی خیلی هم مرتبط باشـد ولی به ستون دیگری اشاره می‌کند. تکمیل ستون‌های فرم FMEA یکی بعد از دیگری باعث حفظ تمرکز تیم می‌شود و کارایی کلی در پیشبرد FMEA را افزایش می‌دهد.

۲-۲-۴-۱۰-مراحل انجامFMEA

I) جمع‌آوری اطلاعات

II) شناسایی خطرات (ایمنی + بهداشت حرفه‌ای)

III) تعیین اثرات هر خطر

IV) تعیین علل هر خطر

V) بررسی اقدامات کنترلی موجود

VI) تعیین ضریب شدت

VII) تعیین ضریب احتمال وقوع

VIII) تعیین ضریب کشف خطر

IX) محاسبه عدد اولویت ریسک (RPN= Risk Priority Number) = ریسک موجودی

X) تصمیم‌گیری در خصوص پذیرش ریسک

XI) ارائه اقدامات اصلاحی پیشنهادی برای ریسک‌های غیرقابل‌قبول

XII) محاسبه مجدد RPN = ریسک باقیمانده[۳۴].

۲-۲-۴-۱۱- بررسی مرحله‌به‌مرحله تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست

بـــرای انجـــام تجزیه‌وتحلیل عوامـــل شکســـت در سیســـتم، طـــرح، فرآینـــد تأمین دو شـــرط لازم هست:

الف) تعیین جدولی که برای انجام این تجزیه‌وتحلیل استفاده می‌شود.

ب) تعیین دستورالعمل‌های ارزیابی است که در ارزیابی شدت، وقوع و شناسایی (بازیابی) مورداستفاده قرار می‌گیرد.

جدولی که برای انجام تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست نشان داده‌شده است تقریباً باکمی تغییرات در سطح جهان مورداستفاده قرار می‌گیرد. البته شرکت‌های مختلف با توجه به سلیقه و نیازهای خود و خواسته‌های مشتریان به این جدول شکل خاصی داده و آن را تهیه می‌کنند. همچنین جهت یکسان کردن جدول (۲-۴) کاربرگ FMEA در آمریکا توسط گروه عملیاتی صنایع اتومبیل آمریکا (AIAG) در ماه جولای ۱۹۹۳ این جدول چاپ و منتشر گردیده است.

جدول ۲-۴: کاربرگ FMEA

۱. نام سیستم/ طرح/ فرایند: ۲. مسئول سیستم/ طرح/ فرآیند: ۳. درگیری قسمت‌های دیگر:					۴. درگیری فروشندگان و غیره: ۵. مدل یا محصول: ۶. تاریخ انتشار اطلاعات فنی:				۷. توسط: ۸. تاریخ شروع تحلیل: ۹. تاریخ بازبینی مجدد:							
وظیفه سیستم/ طرح/ فرآیند ۱۰	شکست بالقوه	اثر (آثار)شکست بالقوه	شدت اثر (S)	مشخصه‌های مهم (CLASS)	علل شکست بالقوه (O)	وقوع	کنترل‌های جاری پیشگیرانه	کنترل‌های جاری تشخیص (شناسایی)	درجه بازیابی (D)	درجه ریسک (RPN)	اقدامات پیشنهادی	مسئول و تاریخ تکمیل	Action Results			
													اقدامات انجام	SEV	OCC	DET	RPN
۲۳. امضا تائید کننده:----------									۲۴. امضا مرور کننده:----------								

۲-۲-۴-۱۱-۱- وظیفه

در این قسمت طراح، قصد و منظور و یا هدف عملیاتی سیستم یا طرح یا فرآیند را جهت تجزیه و تحلیل و شناسایی عوامل شکست یک به یک در این ستون عنوان می کند.

۲-۲-۴-۱۱-۲- شکست بالقوه

حالتی است که سیستم قادر نیست خواسته‌های طراحی (مشتری) را برآورده کند، هرچه شکست مشخص‌تر باشد شناسایی تأثیر و علت آن‌که در ستون‌های بعدی FMEA مورد تجزیه‌وتحلیل قرار می‌گیرد آسان‌تر خواهد بود. شکست طرح وقتی رخ خواهد داد که محصول در مقابل آسیب‌ها محافظت نشده و برآورد شکست یا عواقب منفی کار در سیستم، طرح یا فرآیند به‌خوبی پیش‌بینی نگردیده باشد برای وظایف مشخص‌شده در ستون ۱۰، باید شکست‌های بالقوه تعیین گردد. ممکن است برای هر وظیفه چند شکست بالقوه وجود داشته باشد، لازم به ذکر است به‌منظور شناسایی شکست بالقوه می‌بایست به‌طور منفی نسبت به وظایف سیستم، طرح، فرآیند فکر کرد. می‌توان جهت شناسایی شکست‌های سیستم، طرح و فرآیند از سوابق خطاها و اشتباهات گذشته و گزارش‌های مربوطه استفاده کرد و یا از سوابق شکست‌های بالقوه‌ای که صرفاً در شرایط محیطی خاص (گرما، سرما، خشکی، گردوغبار و ...) و یا در شرایط استفاده خاص (در مورد اتومبیل مثلاً سرعت بیش‌ازحد متوسط، جاده‌های ناهموار، خیابان‌های شهری و ...) بروز می‌نماید را در نظر گرفت و یا با استفاده از اظهارنظر افراد متخصص و باتجربه با استفاده از تکنیک طوفان فکری بسیاری از خطاها را شناسایی نمود.

۲-۲-۴-۱۱-۳- اثر شکست بالقوه

اثرات بالقوه ناشی از بروز خطا عبارت است از اثرات حالات خطا بر مشتری، به بیان ساده اثر خطا عارضه‌ای است که مشتری به‌واسطه بروز آن خطا دچار آن می‌شود. لذا در شرح اثرات، به بیان عوارض و مسائلی که مشتری به دلیل بروز خطا آن را تجربه می‌نماید می‌پردازیم. توجه نمایید که منظور از مشتری، همواره می‌تواند مشتری نهایی یا مصرف‌کننده نهایی محصول، تولیدکننده یا مونتاژ کننده در

واحد تولیدی بعدی یا تولیدکننده یا مونتاژ کننده داخلی (درهمان واحد تولیدی /طراحی) باشـــد در PFMEA اثرات بالقوه خطا متأثر از مشکلات موجود در فرآیند ایجاد می‌شوند.

به‌طورکلی در FMEA هر خطا ممکن اسـت منشـأ بروز اثرات گوناگونی باشـد یا بالعکس ممکن اسـت خطاهای گوناگون دارای اثری یکسان باشند.

۲-۲-۴-۱۱-۴- شدت

شـدت نشـانگر جـدی بـودن اثـر شکسـت بـالقوه اسـت و ارتبـاط مستقیمی بین اثر و شدت وجود دارد به‌عنوان‌مثال اگر اثر شکست مهم باشد، مانند خطرات جانی، نقض مقررات دولتی و ... شدت بالاتر خواهد بود و بالعکس اگر تأثیر جزئی باشد شدت پـایین خواهـد بود.

شدت ازنقطه‌نظر طرح سیستم، سیستم‌های دیگر، محصول، مشـتری یـا قـوانین دولتـی موردتوجه قرار می‌گیرد برای ارزیابی شدت اثر از جداول (۲-۵) که از قبـل تهیه‌شده اسـت به‌عنوان معیار استفاده می‌شود.

جدول ۲-۵: رتبه‌بندی خطرات بر اساس شدت اثر

رتبه	شدت اثر	شرح
۱۰	خطرناک ـ بدون هشدار	وخامت تأسف‌بار مثل خطر مرگ، تخریب کامل
۹	خطرناک ـ با هشدار	وخامت تأسف‌بار اما همراه با هشدار است
۸	خیلی زیاد	وخامت جبران‌ناپذیر است- عدم توانایی انجام‌وظیفه اصلی از دست دادن یک عضو بدن
۷	زیاد	وخامت زیاد همانند آتش گرفتن تجهیزات سوختگی بدن، برق‌گرفتگی
۶	متوسط	وخامت کم است مانند ضرب‌دیدگی، مسمومیت خفیف
۵	کم	وخامت خیلی کم مانند ضرب‌دیدگی ، مسمومیت خفیف غذای
۴	خیلی کم	وخامت خیلی کم است ولی بیشتر افراد آن را احساس می‌کنند نشت جزئی گاز
۳	اثرات جزئی	اثر جزئی بر جا می‌گذارد مثل خراش دست هنگام تراشکاری
۲	خیلی جزئی	اثر خیلی جزئی دارد
۱	هیچ	بدون اثر

۲-۲-۴-۱۱-۵- علل شکست بالقوه

علل شکست بالقوه وجود نقص در سیستم، طراحی یا فرآیند را نشان می‌دهد. گاهی در وقوع یک خطا یا شکست علت‌های مختلفی تأثیر دارند که هر یک نقش و سهم متفاوتی در امکان وقوع آن خطادارند که در این صورت می‌توان جهت طبقه‌بندی علل شکست بالقوه از یک نمودار پارتو استفاده نمود. تیم FMEA می‌تواند نسبت به کمی کردن و برآورد سهم هر یک از علت‌ها در ایجاد شکست اقدام نمایند. همچنین از تکنیک‌هایی که جهت شناسایی علل ریشه‌ای استفاده می‌گردد می‌توان از: نمودار علت و معلول، نمودار درختی، طوفان فکری و پنج چرا (WHY 5) و سایر نام برد.

لازم به توضیح است ارتباط بین شکست بالقوه و علل بالقوه شکست یک ارتباط مستقیم و یک‌به‌یک نیست و در بسیاری از موارد برای یک شکست به‌خصوص ممکن است چند علت وجود داشته باشد و بالطبع وقوع‌های مختلفی برای آن شکست خواهیم داشت.

۲-۲-۴-۱۱-۶- احتمال وقوع شکست

احتمال وقوع نوعی درجه‌بندی و یا ارزش است که به‌منظور احتمال رخداد هر علت تخمین زده می‌شود، با حذف و یا کنترل تعدادی از علت‌ها یا مکانیزم‌ها می‌توان احتمال وقوع خطا را کاهش داد. احتمال وقوع را می‌توان برحسب ارقامی از ۱ تا ۱۰رتبه‌بندی نمود. در جدول (۲-۶) نمونه‌ای از معیار ارزیابی وقوع آورده شده است.

جدول ۲-۶: رتبه‌بندی خطرات بر اساس احتمال وقوع خطر

رتبه	احتمال وقوع	شرح
۱۰ ۹	در ۲ یا بیش‌تر از آن ۱ در ۳	بسیار زیاد – خطر تقریباً اجتناب‌ناپذیر است
۸ 7	۱ در ۸ ۱ در ۲۰	زیاد خطرهای تکراری
۶ ۵ ۴	۱ در ۸۰ ۱ در ۴۰۰	متوسط- خطرهای مورد
۳ ۲	۱ در ۱۵۰۰۰ ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰	کم: خطرهای نسبتاً نادر
۱	کمتر از ۱ در ۱۵۰۰۰۰۰۰	بعید: خطر نامحتمل است

۲-۲-۴-۱۱-۷-روش‌های تشخیص یا روش‌های جاری برای کنترل

کنترل‌هایی است که در حد امکان از وقوع حالت خرابی پیشگیری می‌کند و یا در صورت وقوع حالت خرابی آن را شناسایی می‌کند در این مورد کلیه فعالیت‌هایی که توسط آن‌ها کفایت طراحی را در برابر خطا، می‌توان مشخص نمود باید در این ستون ثبت نمود.

۲-۲-۴-۱۱-۸-درجه بازیابی/ شناسایی

برای کاهش میزان رتبه باید نحوه کنترل‌های طراحی نظیر انجام اقدامات پیشگیری از وقوع خطا یا روش‌های تحقیق و تصدیق طراحی بهبود داده و برنامه‌ریزی شود. برای رتبه‌بندی درجه بازیابی می‌توان از ارقام ۱ تا ۱۰ مطابق جدول (۲ -۷) استفاده نمود.

جدول ۲-۷: رتبه‌بندی احتمال کشف خطر

رتبه	قابلیت کشف	معیار: احتمال کشف خطر
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 ردیابی و آشکار شود
۸	ناچیز	احتمال ناچیزی دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۷	خیلی کم	احتمالی خیلی کمی دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۶	کم	احتمال کمی دارد که با کنترل‌های موجود خطر ردیابی و آشکار شود
۵	متوسط	در نیمی از موارد محتمل است که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۴	نسبتاً زیاد	احتمال نسبتاً زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و آشکار شود
۳	زیاد	احتمال زیادی وجود دارد که با کنترل موجود خطر بالقوه ردیابی و 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.

۲-۲-۴-۱۱-۹-عدد اولویت ریسک

عدد اولویت ریسک (RPN) حاصل‌ضرب شدت، احتمال وقوع و تشخیص هست:

$$RPN=(S)*(O)*(D)$$

این عدد مبنای اولویت‌بندی حالات خرابی هست. با توجه به اینکه شدت اثر و احتمال وقوع و تشخیص مطـابق جداول (۲-۵، ۲-۶ و ۲-۷) اعدادی بین ۱ تا ۱۰ می‌توانند اختیار کند RPN رقمی بین ۱ تا ۱۰۰۰ می‌تواند داشــته باشــد. برای RPN های بالا، تیم می‌بایســت اقدامات اصــلاحی مقتضــی جهت کاهش آن اتخاذ نماید.

۲-۲-۴-۱۱-۱۰- اقدامات پیشنهادی یا پیشنهاد عملکرد

پس از اولویت‌بندی خطاها پیشــنهاد یا طرح‌ریزی اقدامات اصــلاحی و پیشــگیرانه ضــروری خواهد بود طبعاً این مجموعه اقدامات لازم اســت تا ابتدا معطوف مواردی با اولویت بالاتر گردد (اولویت بر اساس RPNیا ماتریس بحرانیت). اقدامات اصـــلاحی مزبور در جهت کاهش نمره عوامل شـــدت اثر احتمال وقوع و شناسایی خطا صورت می‌پذیرد. اصولاً به‌کارگیری روش‌هایی که منجر به حذف یا کاهش شدت و وقوع می‌گردند جنبه پیشگیرانه داشته درحالی‌که در جهت افزایش امکان شناسایی جنبه اصلاحی را دارد. درصـــورتی‌که امکان حذف وقوع خطا میســـر باشـــد این اقدام پیش از هر اقدام دیگری توصـــیه می‌گردد. درعین‌حال حداقل واکنش ممکن در برابر یک خطا ایجاد امکانی برای شـــناســـایی بهتر خطا است.

۲-۲-۵- آنالیز بحرانیت حالات شکست و اثرات آن (FMECA)

رویکرد تحلیل بحرانیت و اثرات شکست (FMECA) در ابتدا به‌صورت یک متدولوژی طراحی در سال ۱۹۶۰ NASA ارائه شـد، ارتش ایالات‌متحده در سال ۱۹۷۰ استفاده کرد و در سال ۱۹۷۴ استاندارد نظامیMIL-STD-۱۶۲۹: دسـتورالعمل‌هایی برای انجام یک آنالیز بحرانیت و اثرات حالات شکست را ارائه داد که در سـال ۱۹۸۰ نسـخه دوم آن ایجاد شد. این استاندارد دو رویکرد کمی و کیفی را برای این آنالیز پیشـنهاد داد [۳۹]. در سـال ۱۹۹۸ نیز شـرکت خودروی فورد (Company Ford engine) روشRPN را برای MECA پیشنهاد داده است [۴۰]. FMECA درواقع یک FMEA بسط یافته بوده، که C در FMECA نمایانگر شدت اثرات مختلف هست [۲۷].

جدول شماره ۲-۸: جدول احتمال وقوع در رویکرد کیفی FMECA [۴۱]	
سطح احتمال وقوع	
سطح A	(مکرر): بیشتر از ۲۰ درصد در طول زمان عملیات آیتم
سطح B	(نسبتاً محتمل): بیشتر از ۱۰ درصد و کمتر از ۲۰ درصد در طول زمان انجام عملیات آیتم
سطحC	(گاه‌گاه): بیشتر از ۰۱/. و کمتر از ۱۰ درصد در طول زمان انجام عملیات آیتم
سطح D	(غیرمحتمل)، (احتمال خیلی کم): بیشتر از۰۰۱/. و کمتر از۰۱/. در طول زمان انجام عملیات آیتم
سطحE	(بعید): احتمال وقوع آن اساساً در طول انجام عملیات صفر هست و کمتر از ۰۰۱/. هست

رویکرد کیفی(ماتریس بحرانی): برای محاسبه سطح احتمال وقوع و شدت از جداول (۲-۸ و ۲-۹) استفاده خواهد شد.

جدول شماره ۲-۹: میزان شدت در رویکرد کیفی FMECA[۴۱]

سطح شدت	
I	فاجعه‌بار: شکستی که ممکن است باعث مرگ افراد یا خسارت کامل سیستم شود
II	بحرانی: شکستی که ممکن است باعث صدمه شدید به افراد، آسیب به عملکرد تجهیزات یا آسیب عمده سیستم که منجر به خسارت و زیان در عملیات می‌شود.
III	مرزی: شکستگی که ممکن است باعث صدمات کم به افراد، آسیب کم به تجهیزات یا آسیب ناچیز سیستم شود
IV	جزئی: شکستگی که آن‌قدر جدی نیست که باعث مصدومیت، آسیب اموال، تجهیزات و سیستم شود؛ اما منجر به نقص در تعمیر و نگهداشت زمان‌بندی‌شده می‌شود

سپس با قرار دادن ترکیب میزان شدت و سطح احتمال وقوع در ماتریس بحرانیت شکل (۲-۱) میزان بحرانیت آیتم‌ها در ۴ سطح: ۱- فاجعه‌بار (بالا) ۲-نامطلوب (جدی) ۳- قابل‌قبول با بازنگری (متوسط) ۴- قابل‌قبول بدون بازنگری (کم) تعیین می‌شود.

احتمال وقوع	شدت اثر				احتمال وقوع
	۴-قابل‌قبول‌بدون بازنگری (کم)	۳-قابل‌قبول با بازنگری(متوسط)	۲-نامطلوب (جدی)	۱-فاجعه بار (بالا)	
4A	3A	2A	1A	مکرر[۲۷](A)	
4B	3B	2B	1B	محتمل[۲۸] (B)	
4C	3C	2C	1C	گاه به گاه[۲۹] (C)	
4D	3D	2D	1D	خیلی کم یا بعید[۳۰](D)	
4E	3E	2E	1E	غیر محتمل[۳۱](E)	
شدت اثر					
categories: High Serios Medium Low					

شکل شماره ۲-۱: ماتریس بحرانیت مورداستفاده[۴۱]

۲-۲-۶- تکنیک درخت خطا (FTA)

تجزیه‌وتحلیل درخت خطا یا روش درخت علت برای اولین بار در سال ۶۲-۱۹۶۱ در آزمایشگاه‌های تلفن بل به وجود آمد و سپس توسط آقای واتسون جهت تعیین و بهبود قابلیت اطمینان سیستم کنترل موشک‌های قاره‌پیما توسعه یافت. این تکنیک در سال‌های بعد توسط شرکت هواپیمایی بوئینگ گسترش‌یافته و به‌صورت قانونمند درآمد، اولین مقاله درباره آن در سال ۱۹۶۵ در هم‌نشست (سمپوزیوم) ایمنی سیستم‌ها که توسط دانشگاه واشنگتن و شرکت بوئینگ برپاشده بود ارائه گردید.

۲۷ . Frequen

۲۸ . probable

۲۹ . OCCasional

۳۰ . Remot

۳۱ . Improbable

از سال ۱۹۶۵ استفاده از تکنیک FTA به صنایع مختلف نظیر هوافضا، هسته‌ای، شیمیایی و غیره گسترش یافت و از آن به‌طور گسترده‌ای جهت تجزیه‌وتحلیل قابلیت اطمینان، قابلیت دسترسی و ایمنی سیستم‌ها استفاده شد.

تکنیک تجزیه‌وتحلیل درخت خطا به‌عنوان یکی از قوی‌ترین ابزارهای تجزیه‌وتحلیل فرآیند ایمنی سیستم به‌ویژه در هنگام ارزیابی سیستم‌های بسیار پیچیده و دقیق محسوب می‌شود. به دلیل استفاده از روش قیاسی (رسیدن از کل به جزء) در این روش، بسیاری از تجزیه‌وتحلیل ایمنی سیستم، به‌کارگیری روش تحلیل درخت خطا را در بررسی حالات احتمالی مختلف که می‌توانند منجر به بروز رویدادهای مطلوب یا نامطلوب در سطح سیستم شوند، بسیار مفید می‌دانند. هرچند که این روش به‌عنوان یک ابزار مقدماتی در تجزیه‌وتحلیل خطاهای موجود در یک سیستم و یا در طول یک فرآیند عمل می‌کند ولی بایستی در نظر داشت که از این تکنیک می‌توان در ارزیابی فعالیت‌های لازم جهت رسیدن به یک رویداد مطلوب نیز استفاده کرد با ساخت درخت خطا که نشان‌دهنده کلیه رویدادهای لازم برای وقوع رویداد اصلی خواهد بود، تجزیه‌وتحلیل می‌تواند از آن برای تشکیل پایه‌های یک برنامه پیشگیری از بروز حوادث صنعتی نیز استفاده کند[۴۲].

۲-۲-۶-۱- تعاریف اساسی درخت خطا

مفاهیم بعضی از اصطلاحات معمول در تکنیک تحلیل درخت خطا به شرح زیر هست[۴۲]:

- **رویداد:** یک عنصر دو ارزشی است که اگر تغییرات ناشی از آن در جهت مثبت باشد به آن رویداد نرمال و در غیر این صورت به آن رویداد ناخواسته و یا رویداد خطا می‌گویند.
- **رویداد اصلی (بالایی یا نهایی):** رویدادی که در بالاترین نقطه درخت خطا جای می‌گیرد و علل به وجود آورنده آن شناسایی و تحلیل می‌شود رویداد اصلی در هر درخت خطا منحصربه‌فرد بوده و می‌تواند یک حادثه(انفجار، تصاعد گاز سمی و)... ازکارافتادن سیستم و یا یک رویداد مطلوب باشد.

- **رویداد میانی:** هر رویدادی در ساختمان درخت خطا به‌استثنای رویداد اصلی که مورد تحلیل بیشتر قرارگرفته و علل به وجود آورنده آن تائید می‌شود، رویداد میانی نامیده می‌شود.
- **رویداد پایانی:** رویدادی که نمی‌توان علل به وجود آورنده آن را تعیین کرد. رویدادهای اساسی و رویدادهای توسعه‌نیافته انواع رویدادهای پایانی هستند.

- **رویداد اساسی:** رویدادی است که دیگر نتوان آن را تجزیه کرد. به‌عبارت‌دیگر این رویداد در پایین‌ترین سطح یک درخت قرار دارد و مسیر درخت به آن محدود می‌شود. این رویدادها می‌توانند خطاهای سخت‌افزاری، فیزیکی، نرم‌افزاری، شیمیایی، خطاهای انسانی، خطاهای سیستم و ... باشند.
- **رویدادهای توسعه‌نیافته** :رویدادهایی که به دلایل زیر بیشتر از حد موجود تحلیل نمی‌شوند.

➢ به دلیل فقدان اطلاعات کافی در مورد علل به وجود آورنده قابل ارزیابی بیشتر نباشند.

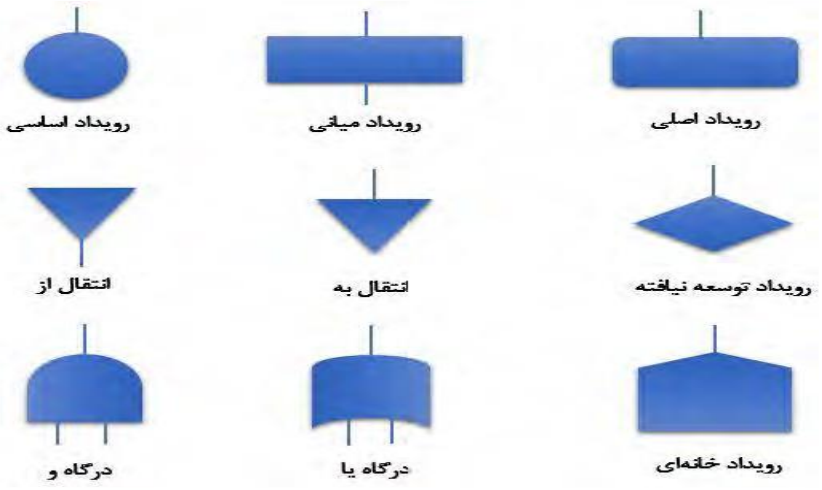
➢ تشریح و تعیین علل به وجود آورنده رویداد در سطح زیرسیستم نتواند کمکی به افزایش دانش و فهم تجزیه‌وتحلیل درزمینهٔ رویداد اصلی بکند.

➢ به‌وسیله سیستم یا زیرسیستمی که در خارج از حدود سیستم موردمطالعه قرار دارد ایجادشده باشد.

- **رویداد خانه‌ای** :رویدادی است که در شرایط نرمال سیستم، رخ دادن آن پیش‌بینی می‌شود. این رویداد با عملکرد نرمال سیستم توانایی منجر شدن به خطا را دارد. این رویداد همچنین می‌تواند از یک منبع خارج از سیستم مورد تحلیل ناشی شود. رویداد خانه‌ای در تجزیه‌وتحلیل درخت خطا در دو حالت روشن و خاموش و یا بلی و خیر به‌کاررفته می‌شود. احتمال رویداد خانه‌ای در دو حالت یادشده به ترتیب برابر یک و صفر هست.
- **نمادهای انتقال:** شاخه‌های مختلف درخت خطا ممکن است در یک برگه جای نگیرند که به کمک نماد انتقال به برگه دیگر منتقل می‌شود. در برگه دیگر در ابتدا نماد انتقال از درج و سپس بقیه درخت رسم می‌شود.

- **درگاه‌ها** :رویدادهای مختلف در بدنه درخت خطا توسط درگاه‌ها به همدیگر وصل می‌شوند. درگاه‌ها با توجه به نوع خود یک یا چند ورودی دارند ولی تنها دارای یک خروجی می‌باشند.
- **درگاه "و"** : برای بیان حالتی استفاده می‌شود که رویداد خروجی درزمانی اتفاق می‌افتد که فقط و فقط باید همه رویدادهای ورودی اتفاق بیافتد.
- **درگاه "یا"**: برای بیان حالتی استفاده می‌شود که رویداد خروجی درزمانی رخ دهد که حداقل یکی از رویدادهای ورودی رخ دهند.
- **برش** :گروهی از رویدادهای اساسی هستند که اگر همگی اتفاق بیافتند، باعث رویداد اصلی (بالایی) می‌شوند.

در شکل (۲-۲) نمادهای مورداستفاده در ساختار درخت خطا آورده شده است.



شکل ۲-۲: نمادهای مورداستفاده در ساختار درخت خطا[۴۴،۴۳]

۲-۲-۶-۲- اصول روش تحلیل درخت خطا

به‌طورکلی تکنیک تحلیل درخت خطا تکنیکی است که از آن می‌توان برای شناسایی آن دسته از رویدادهایی که لازم است برای به وقوع پیوستن یک رویداد مطلوب و یا نامطلوب رخ دهند، استفاده کرد. این تکنیک برای تجزیه‌وتحلیل رویدادها، متکی بر یک روش قیاسی است، بدین شکل که تجزیه‌وتحلیل را از یک رویداد اصلی (کل) شروع کرده و سعی می‌کند که علل به وجود آورنده آن را

در قالب رویدادهای میانی و پایانی (جزء) شـناسـایی و تعیین کند. یکی از توانمندی‌های تکنیک که باعث شـده است. استفاده از آن شکل گسترده‌تری به خود گیرد، توانایی آن در تمیز دادن رویدادهایی که بایسـتی برای وقوع رویداد فوقانی خود رخ دهند که با درگاه" و "مشـخص می‌شوند. با رویدادهایی که وقوع همه آن‌ها برای رخ دادن رویداد فوقانی لازم نیسـت که با درگاه" یا "مشخص می‌شوند هست. با استفاده از این تکنیک علاوه بر اینکه امکان تجزیه‌وتحلیل کیفی وجود دارد می‌توان در صورت وجود داده‌های کمّی برای رویدادهای پایانی، تجزیه‌وتحلیل را کمّی کرده و احتمال وقوع رویداد اصـلی را نیز تعیین کرد[۴۲].

به‌طورکلی روش تحلیل درخت خطا نیاز به اجرای گام‌های زیر دارد[۴۵]:

I) شناسایی هدف برای تحلیل درخت خطا

II) تعریف رویداد نهایی درخت خطا

III) تعریف دامنه تحلیل درخت خطا

IV) تعریف سطح آنالیز

V) تعریف مقررات پای‌های برای تحلیل درخت خطا

VI) ایجاد درخت خطا

VII) ارزیابی درخت خطا

۲-۲-۷- چک‌لیست

یکی از روش‌های شـناسـایی خطرات محسـوب می‌شود. چک‌لیست رایج‌ترین ابزار برای بازرسی است. چون انسـان‌ها برای به خاطر سـپردن فهرستی از موارد زیاد و گاهی پیچیده به‌درستی عمل نمی‌کنند. بنابراین اسـتفاده از چک‌لیسـت به‌منظور رفع اشـتباهات و کاستی‌های حافظه کمک‌کننده است. ضمناً این ابزار مشـخص می‌کند که چه مواردی را می‌بایسـتی بازرس مدنظر قرارداد و در ضـمن نتایج را نیز می‌توان در آن ثبت نمود[۴۶].

چک‌لیست‌ها از طریق کاهش پراکندگی در قضاوت‌های مدیران سبب افزایش انطباق رسیدگی‌ها با ضوابط مؤسسه و سازمان می‌شود. ازآنجایی‌که چک‌لیست‌ها باید برای هر سازمانی به‌طور جداگانه تهیه شود، لذا لازم است برای شناسایی و بررسی جوانب سازمان پژوهشی دانشگاه‌ها چک‌لیست‌ها ویژه‌ای تهیه گردد که در فعالیت‌های پژوهشی مورداستفاده قرار بگیرد. برای اجرای بازرسی ایمنی، چک‌لیست‌ها که توسط سازمان‌ها و ارگان‌های مهم و متفاوت کشورهای مختلف منتشرشده‌اند[۴۷].

۲-۲-۸- تجزیه‌وتحلیل چه می‌شود اگر؟

در ایمنی فرآیند روش؟ What If Analysis و استفاده از چک‌لیست‌ها ایمنی دو ابزار جداگانه تلقی می‌شوند اما درحالی‌که این دو روش به‌صورت مکمل هم مورداستفاده قرار می‌گیرند البته این امر به این معنی نیست که از روش‌های یادشده نتوان به‌طور مجزا استفاده کرد زیرا هر دو روش به‌عنوان ابزارهای تجزیه‌وتحلیل ایمنی پذیرفته‌شده‌اند.

نام واقعی روش (چه می‌شود اگر؟) از عبارت (اگر این امر رخ دهد پیامدهای آنچه خواهد شد) مشتق شده و هدف اصلی از اجرای آن، اعمال توجه و تمرکز به اثرات رویدادهای ناخواسته بر روی سیستم است. اساس این روش آنالیز طرح سؤالاتی که با عبارت ساده (چه می‌شود اگر...؟) و یافتن پاسخ‌های واقعی و دقیق آن‌ها قرار دارد. درصورتی‌که تکنیک توسط افراد باتجربه و دارای دانش کافی از سیستم اجرا شود می‌تواند یک ابزار بسیار مفید در تجزیه‌وتحلیل ایمنی سیستم‌ها باشد[۲۷].

۲-۲-۹- مطالعه عملیات و خطر hazop

تولید و عملیات مربوط به هر چیزی، نیازمند الزامات و پیش‌نیازهایی است که قصور از هرکدام از آن‌ها می‌تواند به بروز پیامدهای ناخواسته‌ای در قالب جراحات تولیدکنندگان آسیب به فرآیندها و محصولات تولیدی و سایر دارائی‌های بااهمیت بیانجامد. در یک شرکت با خطمشی ایمنی سیستم، الزامات یادشده از مرحله قبل از تولد سیستم یعنی فاز ایده و تفکر شروع‌شده و تا پایان فاز کنار گذاشتن

سیستم (فاز انهدام یا دفع) ادامه مـــی‌یابـــد. در پایـــان هـــر مرحله لازم اســـت در راســـتای اصـلاح سیســـتم و بهبـــود مـــداوم آن بر پایه یافته‌های حاصـــل ارزیابی‌های انجام‌شده، فرآیند تصمیم‌گیری مبتنی بر چرخه دمینگ (طرح‌ریزی، انجام، کنتـــــرل و اجرا) به مرحله اجرا گذاشـــته شـــود. تکنیک مطالعه عملیات و خطر به‌عنوان یکی از پرکاربردترین تکنیک‌های کیفی است که با دیدی سیستماتیک به ارزیابی ایمنی ســیســـتمهای فرآیندی می‌پردازد. تکنیک hazop برای اولین بار در ســال ۱۹۷۰ بر اســاس تکنیکی که (آزمایش بحرانی) خوانده می‌شـود توسط صنایع شیمیایی سلطنتی بریتانیای کبیر معرفی و سپس توسط T.A.Kletz به‌صورت قانونمند درآمد. اساساً تکنیک hazop که ماهیتی آینده‌نگر و مبتنی بـــر پیشـــگیری قبـــل از وقـــوع دارد به‌عنوان واکنشی به استفاده از متد چک‌لیست که مبتنی بر فلسفه گذشته‌نگر است بـــود. هرچند که تکنیک hazop اولین بار به‌منظور شناســـایی و ارزیـــابی خطـرات فرآینـدی معرفـی و بکـار گرفته شد ولی در ادامه کاربرد آن با معرفی توانمندی‌های دیگر آن به سایر صنایع نیـز گسـترش یافت[۲۷].

۲-۳- پیشینه تحقیق

مفهوم تحلیل حالات خرابی اولین بار در ســـال ۱۹۴۰ در ارتش ایالات‌متحده مطرح شـــد، اما تکنیک تجزیـه‌وتحلیـل حـالات بـالقوه خرابی (FMEA) با مفهوم امروزی در دهه ۱۹۶۰ مطرح و اولین بار در صـنایع هوافضـای آمریکا جهت سـاخت سـفینه آپولو در ناسا به‌کاربرده شد. در این بخش به تحقیقات انجام‌شده در این زمینه در دو بخش داخلی و بین‌المللی پرداخته می‌شود.

۲-۳-۱- تحقیقات داخلی

تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی (FMEA) با توجه به اینکه نقش مؤثری در جلوگیری از بروز خطا دارد پس از ارائه جهانی آن در سال ۱۹۴۰ به‌صورت گسترده‌ای در صنایع کشور مورداستفاده قرارگرفته است، ازجمله می‌توان تحقیقات زیر را نام برد.

حیدری و همکاران (۱۳۸۵)، تحقیق بررســی ایمنی یک شـرکت داروسازی را به‌منظور شناسایی و ارزیابی خطرات موجود در سـالن‌های تولید یک شرکت داروسازی با FMEA موردمطالعه قراردادند. در

این تحقیق داده‌ها با استفاده از مشاهدات عینی آمار حوادث رخداده و مصاحبه با مدیریت و سرپرستان جمع‌آوری‌شده است. بر اساس یافته‌های این پژوهش موارد زیر پیشنهادشده است: ۱- تهیه و اجرای دستورالعمل‌های جامع جهت بازرسی منظم و دوره‌ای از دستگاه و سیستم‌ها به‌منظور عیب‌یابی ۲- تهیه و اجرای برنامه‌های جامع تعمیر و نگهداری سیستم‌ها ۳-تهیه و اجرای برنامه‌های جامع آموزشی هدفمند [۴۸]. در تحقیق دیگر با استفاده از همین تکنیک جعفری و همکاران (۱۳۹۱)، در مقاله‌ای با عنوان مدیریت خطر و اثربخشی اقدامات پیشگیرانه در ایمنی ناوگان ریلی تونل البرز را بررسی کردند. در این تحقیق، آنالیز خطر با استفاده از روش تحلیل حالات شکست و پیامدها و بر اساس توصیه‌های QS۹۰۰۰ و SAE J1739 انجام‌شده است. ۸ حالات بالقوه شناسایی و اثرات هر شکست مشخص گردیده است. سپس عدد اولویت هر شکست محاسبه و مخاطرات رتبه‌بندی شده‌اند. اثربخشی اقدامات پیشگیرانه توصیه‌شده نیز محاسبه و تعیین گردید. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که کلیه شکست‌های مطالعه شده دارای بالاترین شدت پیامد یعنی ۱۰ می‌باشند، لذا در گروه شکست‌های بحرانی دسته‌بندی شدند [۴۹].

اردشیر و همکاران (۱۳۹۲)، در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های انبوه‌سازی با استفاده از ترکیب روش‌های فازی FMEA، فازی FTA و AHP-DEA به ارزیابی ریسک ایمنی در صنعت انبوه‌سازی ساختمان پرداختند. مطالعه موردی دو پروژه انبوه‌سازی استان کرمان هست. طبق نتایج به‌دست‌آمده، ریسک‌های سقوط از ارتفاع در هر دو پروژه به‌عنوان مهم‌ترین ریسک شناخته شدند و استراتژی‌های کاهش ریسک و اقدامات لازم جهت پیشگیری و کاهش عوامل خطر ارائه گردید [۵۰]. جوزی و همکاران (۱۳۹۳)، درمقاله‌ای با عنوان شناسایی و ارزیابی ریسک مخاطرات ناشی از خطوط انتقال برق ولتاژ بالا در مناطق مسکونی با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA) به مطالعه، کاربرد روش FMEA در شناسایی و ارزیابی ریسک‌های ناشی از خطوط انتقال برق در منطقه مسکونی حصیرآباد شهر اهواز پرداختند. ابتدا فرآیند انتقال برق شناسایی و حالات خرابی و شکست تجهیزات که منجر به وقوع ریسک در منطقه می‌شود، تعیین

گردید. ریسک‌های شناسایی‌شده، بر اساس پارامترهای روش FMEA، نمره دهی و برای هر یک RPN محاسبه گردید. در ادامه با کمک نرم‌افزار SPSS سطح ریسک محاسبه و موارد شناسایی‌شده بر اساس آن اولویت‌بندی و تجزیه‌وتحلیل شدند. درنتیجه با توجه به بالا بودن اکثر ریسک‌های به‌دست‌آمده، اقدامات کنترلی بر اساس نظرات کارشناسی در بخش‌های ایمنی مربوط به تجهیزات، آموزش اپراتورها، اقدامات نظارتی، در جهت کاهش سطح ریسک‌ها، ارائه گردیده است [۵۱]. محمدیان و همکارش (۱۳۹۳)، تحقیقی با عنوان آنالیز خطر در کارخانه صنعتی خانه‌های پلی ون با استفاده از روش FMEA انجام دادند. با استفاده از روش FMEA اثرات خطر بالقوه در تولید، چگونگی ایجاد خطر، نرخ خطر، شدت خطر و راه‌های کنترل خطرات ارائه‌شده است. در این مطالعه تعداد خطرات شناسایی و بررسی‌شده ۱۳۷ مورد بوده است که ۶۰ مورد به‌عنوان خطرات دارای ریسک بارز آسیب‌رسان با(RPN>۳۰۰) شناخته‌شده است. نتیجه این‌که می‌توان با مدیریت ریسک سیستم و پیاده‌سازی یک سیستم مستندسازی برای ثبت خطرات تجهیزات و رویدادها، اطلاعات‌پایه موردنیاز برای بررسی‌های ایمنی بعدی را به نحو مطلوبی حفظ کرده و همچنین با انجام تعمیرات و بازرسی‌های پیشگیرانه احتمال وقوع خطرات و پیامدهای ناشی از آن‌ها را به حداقل رساند [۵۲].

میکائیل همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله‌ای با عنوان تحلیل ریسک ایمنی استخراج باسیم برش الماسه به روش FMEA در معادن مرمریت بادکی قره ضیاءالدین را موردمطالعه قراردادند. در تحقیق حاضر پس از شناسایی و بررسی حوادث رخداده در این معدن، مدیریت ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مورد ارزیابی قرار گرفت. نتیجه با انجام تغییرات و رعایت برخی نکات پیشگیرانه در راستای ایمن‌سازی تجهیزات و کارکنان با عنوان اقدامات کاهنده می‌توان میزان ریسک اولیه معادن را تا حد چشم‌گیری کاهش داده شود [۵۳]. پورنگ و همکاران (۱۳۹۶)، پژوهشی با عنوان ارزیابی ریسک مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان آزمایشگاه‌های سه مرکز پژوهشی علوم شیلاتی با به‌کارگیری روش " تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست و آثار آن و تحلیل‌های آماری" را بررسی کردند. هدف شناسایی ریسک بالقوه موجود در آزمایشگاه‌ها و تلاش در راستای ایجاد شرایط ایمن برای کارکنان از جوانب مختلف حائز اهمیت

اســـت. به‌منظور ارزیابی مخاطرات احتمالی در آزمایشـــگاه‌های موردنظر و طبقه‌بندی آن‌ها، از روش (تجزیه‌وتحلیل حالات شـــکســـت و آثار آن) و برخی روش‌های آماری مربوط به مقایســـه میانگین‌ها اســتفاده گردید. نتیجه اینکه ســطح ریســک در همه آزمایشــگاه‌ها به‌جز آزمایشگاه بنتوز، در حد نیمه بحرانی و بحرانی قابل ارزیابی اســت. بنابراین اقدامات اصــلاحی مناســب پیشــنهاد گردید. اما پس از ارزیابی مرحله دوم مشــخص گردید که در مورد برخی آزمایشــگاه‌ها (به‌ویژه در پژوهشــکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان) اقدامات اصــلاحی پیشــنهادشــده در حد کافی انجام‌نشــده اســت و ازاین‌رو میزان ریسک کماکان در سطح بحرانی یا نیمه بحرانی قابل ارزیابی است [۵۴].

دهقان و همکارش (۱۳۹۶)، مقاله‌ای با عنوان تحلیل ریســک ایمنی معادن سنگ ساختمانی در منطقه محلات، بررســی ایمنی در معادن را موردمطالعه قراردادند. حوادث اصــلی معادن ســنگ ســاختمانی به ترتیب در ۱۵ دســته، دســته‌بندی مشــخص‌شــده‌اند و ســپس روش FMEA (حالت‌های شــکســت و تجزیه‌وتحلیل اثرات) مورداســتفاده قرارگرفته است. شماره اولویت خطر (RPN) برای عملیات استخراج معادن در محدوده ۱۰۵ تا ۳۲۰ محاســبه شــد. با توجه به معیارهای قابل‌قبول، ۷ مورد عملیات در این مطالعه غیرقابل‌قبول بود. درنتیجه بســیاری از خطرات در عملیات معدنی ماهیتاً قابل‌تشــخیص هستند [۵۵].

۲-۳-۲ - تحقیقات بین‌المللی

به‌طورکلی تلاش‌های گســترده و قابل‌توجهی در حوزه FMEA برای مقابله با کاستی‌ها و نواقص RPN کلاســیک انجام‌گرفته اســت. مطالعاتی که به حوزه FMEA با رویکرد فازی پرداخته‌اند، از متخصصانی برای توصیف فاکتورهای ریسک O، S و D با استفاده از متغیرهای فازی زبانی استفاده کرده‌اند. درواقع به‌جای امتیازات ۱۰-۱، از متغیرهای زبانی برای ارزیابی سه فاکتور ریسک استفاده می‌شود.

بولز (۱۹۹۵)، از رابطه (اگر- آنگاه) برای توسعه FMEA در محیط فازی استفاده نمود. به‌این‌ترتیب که تمامی حالت‌های بین سه پارامتر شدت خطا، احتمال وقوع خطا و احتمال کشف خطا را از طریق رابطه (اگر- آنگاه) موردبررسی قرارداد. در این مدل تابع عضویت به‌کاربرده شده از نوع ترکیب مثلثی- ذوزنقه‌ای است [۵۶]. لئو و همکارش (۲۰۱۲)، یک روش ارزیابی ریسک فازی برای خطرات شغلی در صنعت ساخت‌وساز را موردبررسی قراردادند. برای کاهش یا جلوگیری از خطرات شغلی در صنعت ساخت‌وساز، روش ارزیابی ریسک فازی که روشی برای پیشگیری و بهبود در برابر خطرات شغلی پیشنهادشده است. این روش دومرحله‌ای استفاده می‌شود جداول عملکرد (کیفیت QFD) ، این جداول برای نشان دادن روابط میان انواع و علل خطر، آیتم‌های ساخت‌وساز است. برای شناسایی انواع خطرهای مهم و علل خطر یک روش شبکه تحلیل فازی (ANP) طراحی‌شده است. حالت‌های شکست و تجزیه‌وتحلیل اثر آن (FMEA) به ارزیابی ارزش ریسک علل خطر بر اساس رویکرد استنتاج فازی انجام شد. درنهایت روش پیشنهادی به یک شرکت مهندسی مخابرات در جنوب تایوان اعمال شد. نتیجه ارزیابی عملکرد نشان داد که این روش می‌تواند مقادیر ریسک، ارزیابی ریسک‌ها و عوامل مرتبط استراتژی‌های بهبود را فراهم کند [۵۷]. کو مار و همکاران (۲۰۱۲)، مقاله‌ای با عنوان تجزیه‌وتحلیل ریسک با استفاده از روش شکست و تجزیه‌وتحلیل اثر برای معدنکاری امن را موردبررسی قراردادند. در این مقاله، بررسی ادبیات در مورد خطرات و تجزیه‌وتحلیل ریسک با استفاده از FMEA در صنعت معدن بحث شده است [۵۸]. لئو و همکاران (۲۰۱۳)، مقاله‌ای با عنوان تجزیه‌وتحلیل ایمنی FMEA و FTA ترکیبی با کمک نرم‌افزارهای کامپیوتری - به‌عنوان‌مثال برای کارخانه فتوولتائیک انجام دادند. به‌طورکلی، نتیجه FMEA می‌تواند پایه‌ای برای تحلیل دقیق‌تر ایمنی مانند آنالیز درخت خطا (FTA) و برخی از نرم‌افزارهای کامپیوتری برای کمک به اتصال داده‌ها، محاسبه و اسناد منتشره‌اند. این مقاله ترکیبی را FMEA و FTA با کمک نرم‌افزارهای کامپیوتری برای حل مشکلاتی ازجمله اینکه با بزرگ‌تر شدن صنعت بازرسی و اصلاح اسناد و ارتباطات بدون خودکارسازی دشوار است بکار گرفته می‌شود؛ و این روش پیشنهادی برای مطالعه موردی به یک فرآیند تولید در یک کارخانه PV نیز

اعمال می‌شـود [۵۹]. استر امیل و گرا و همکاران (۲۰۱۵)، تحقیقی با موضوع بهبود ایمنی بیماران از طریق ریســـک مدیریت بر عوامل انســـانی را موردمطالعه قراردادند؛ بنابراین، یک روش ارزیابی جدید خطر به نام HFdFME[۳۲] وابســته به (عوامل فردی) بر اســاس وابســتگی مورداســتفاده قرار می‌گیرد. نتایج این مقاله نشان می‌دهد که HFdFMEA نه‌تنها سطح ریسک شکست را افزایش نمی‌دهد، بلکه با در نظر گرفتن عوامل فاکتور انسـانی این امکان را نیز فراهم می‌آورده سطح ریسک شکست را از طریق روش‌های مربوط به عوامل انسانی توسط آموزش‌ها، انگیزه و غیره کاهش دهند [۶۰]. زارعی و همکاران (۲۰۱۶)، در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی ایمنی دینامیک ایســتگاه‌های گاز طبیعی با اســتفاده از شــبکه بیزی به توســـعه یک رویکرد تجزیه‌وتحلیل کمی و کیفی پویا و جامع (DCQRA) برای ســـناریوی تصـادف و مدل ریسک ایستگاه‌های گاز طبیعی پرداختند. در این رویکرد تجزیه‌وتحلیل خطر FMEA مورداستفاده قرار می‌گیرد. درحالی‌که نمودار Bow-tie و شبکه بیزین برای مدل‌سازی استفاده می‌شود. بنابراین، در طرح مدیریت ریسـک بندرها طبیعی، باید اولویت به‌احتمال بیشتر وقایع ریشه‌ای و عوامل اصـلی سـهم که در آن شـناسـایی‌شده باشد. مطالعه حاضر، به‌منظور کاهش احتمال وقوع سناریوهای تصـادفات و درنتیجه ریسـک را کاهش می‌دهد. نتایج مطالعه نشـان می‌دهد که به‌جای صرفاً تمرکز بر احتمال‌های قبلی یا بعدی باید شـناسـایی وقایع اصـلی بحرانی بر اسـاس نسبت تنوع احتمالات انجام شـود [۶۱]. بائو و همکاران (۲۰۱۷)، ارزیابی بیماری شغلی سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای صــنایع معادن بر اســاس FMEA و یک مدل AHP بهبودیافته را موضــوع تحقیق خویش قراردادند. به‌طور مؤثر تجزیه‌وتحلیل، کنترل و جلوگیری از خطر شـغلی، روش مبتنی بر FMEA (حالت شکست و تحلیل اثرات) و یک مدل AHP بهبودیافته (فرایند سلسله‌مراتب تحلیلی) ایجاد شد. برای جمع‌آوری اطلاعات از پرســشــنامه اســتفاده‌شــده اســت [۶۲]. یوســفی و همکاران (۲۰۱۸)، در مقاله‌ای با عنوان ارزیابی خطرات HSE با استفاده از رویکرد DEA-FMEA به بررسی خروجی‌های نامطلوب (ناخواسته)،

32. Human Factor dependent FMEA

صنعت قطعات خودرو ایران پرداختند. هدف از این مطالعه ارائه یک رویکرد تجزیه‌وتحلیل جامع داده‌ها (RDEA–FMEA) برای ارزیابی و اولویت‌بندی خطرات HSE در صـــنایع مختلف و پوشـــش معایب سیستم امتیازدهی سنتی RPN درروش FMEA است. در حقیقت، مطالعه حاضر اولویت‌بندی خطرات HSE با توجه به دو پارامتر اضـافی شـامل هزینه و مدت‌زمان درمان (به‌عنوان خروجی) علاوه بر سـه پارامتر شـدت، وقوع و تشـخیص (به‌عنوان ورودی‌ها) انجام می‌شود. علاوه بر این، عدم اطمینان و عدم تمایل پارامترهای ذکرشـده به‌طور هم‌زمان در نظر گرفته می‌شـود. رویکرد پیشـنهادی در یک شرکت فعال در تولید قطعات یدکی اتومبیل اجرا و سپس نتایج با مدل DEA معمولی و نمرات RPN مقایسه شـد. نتایج نشان می‌دهد که ریسک‌های رتبه‌بندی با توجه به این فرمت در مقایسه با FMEA سنتی، منجر به تعیین اولویت‌های قابل‌اطمینان و قانع‌کننده‌تر می‌شود [۶۳].

پییترز و همکاران (۲۰۱۸)، مقاله‌ای با عنوان بهبود کارایی تجزیه‌وتحلیل شـکسـت با ترکیب FTA و FMEA به روش بازگشتی را بررسی کردند.FMEA یک روش پایین به بالا است که کمتر ساختاریافته و نیازمند دانش تخصصی بیشتری نسبت به FTA است که یک روش بالا به پایین است. در این تحقیق روشـی پیشـنهادشده است که در آن هر دو به روش بازگشتی استفاده می‌شوند: اول، یک FTA سطح سـیسـتم اجرا می‌شـود که نتیجه یک مجموعه‌ای از حالت‌های شـکسـت است. با استفاده از FMEA، بحرانی بودن حالت‌های شکست به‌منظور انتخاب تنها حالت‌های شکست سیستم سطح بحرانی ارزیابی می‌شـــود. برای هر یک از آن‌ها، یک ســـطح FTA تابع اجرا می‌شـــود و به دنبال آن FMEA اســـت. درنهایت، FTA جزء سـطح و FMEA بر روی حالت‌های شـکسـت تابع سـطح عملکرد انجام می‌شـود [۶۴]. رنجی و همکـاران (۲۰۱۸)، مقاله‌ای با عنوانFMECA فازی (اثر حالت شـــکســـت و تحلیل بحرانی) مخازن LNG را موضـــوع تحقیق خود قراردادند. این مقاله یک روش برای ایجاد یک RPN فازی (FRPN) اسـت. تجزیه‌وتحلیل با اسـتفاده از متغیرهای زبان‌شـناختی فازی برای وقوع، شـدت و عدم‌تشخیص و سپس با استفاده از یک قانون حقیقی برای اتصال این متغیرها برای رسیدن به FRPN انجام‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از روش FMECA سنتی و روش FMECA فازی مقایسه شـده اسـت. مشـکل اولویت‌بندی RPN در مورد سـیسـتم‌های پیچیده مانند ذخیره‌سـازی LNG در FMECA فازی موردتوجه قرارگرفته است [۶۵].

خلاصه‌ای از پیشینه تحقیق در جدول (۲-۱۰) ذکر گردیده است.

جدول ۲-۱۰: خلاصه ای از پیشینه تحقیقات				
نویسنده و سال تحقیق	موضوع تحقیق	روش و تکنیک	مطالعه موردی	نتایج
حیدری و همکاران، ۱۳۸۵	بررسی ایمنی یک شرکت داروسازی با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و آثار آن	FMEA	یک کارخانه داروسازی	بر اساس یافته‌های پژوهش موارد زیر پیشنهادشده است: ۱- تهیه و اجرای دستورالعمل‌های جامع جهت بازرسی منظم و دوره‌ای از دستگاه و دستگاه‌ها به‌منظور عیب‌یابی ۲- تهیه و اجرای برنامه‌های جامع تعمیر و نگهداری سیستم‌ها ۳- تهیه و اجرای برنامه‌های جامع آموزشی هدفمند
جعفری و همکاران، ۱۳۹۱	مدیریت خطر و اثربخشی اقدامات پیشگیرانه در ایمنی ناوگان ریلی تونل البرز	MFMEA	ناوگان ریلی تونل البرز	برهم خوردن تراز عرضی تراورس و خرابی ریل با عدد اولویت خطر ۲۰۰ بالاترین خطر را بوده است. اعمال کنترل‌های توصیه‌شده به‌طور قابل‌توجهی بر کاهش حوادث و توقف کار تأثیر داشته است.
اردشیر و همکاران، ۱۳۹۲	ارزیابی ریسک‌های ایمنی در پروژه‌های انبوه‌سازی با استفاده از ترکیب روش‌های فازی FMEA، فازی FTA و AHP-DEA	FMEA و فازی FTA و AHP-DEA	دو پروژه انبوه‌سازی در استان کرمان	رتبه‌بندی ریسک‌ها و مهم‌ترین آنان در تحقیق حاضر با تحقیقات پیشین و همچنین گزارش سازمان تأمین اجتماعی کشور همسویی قابل قبولی دارد و علل ریشه‌ای وقوع ریسک‌های عمده نیز با مطالعات مشابه هم‌خوانی دارد. لذا این مدل (با در نظر گرفتن وضعیت موجود ایمنی) می‌تواند به متخصصین ایمنی کارگاه‌های ساختمانی جهت شناسایی ریسک‌ها، شناسایی علل ریشه‌ای ریسک‌ها و ارائه ابزارهای دقیق کنترل ریسک‌ها کمک نماید.
جوزی و همکاران، ۱۳۹۳	شناسایی و ارزیابی ریسک مخاطرات ناشی از خطوط انتقال برق ولتاژ بالا در مناطق مسکونی با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و اثرات آن (FMEA)	FMEA ، SPSS	منطقه حصیرآباد، در شرق شهر اهواز	با توجه به بالا بودن اکثر ریسک‌های به‌دست‌آمده، اقدامات کنترلی بر اساس نظرات کارشناسی در بخش‌های ایمنی مربوط به تجهیزات، آموزش اپراتورها، اقدامات نظارتی، در جهت کاهش سطح ریسک‌ها، ارائه گردیده است.
محمدیان و همکار، ۱۳۹۳	آنالیز خطر در کارخانه صنعتی خانه‌های پلی ون با استفاده از روش FMEA	FMEA	کارخانه صنعتی	با توجه به نوپا بودن فنّاوری ساخت سازه‌های سبک پلی ون، می‌توان با مدیریت ریسک سیستم و پیاده‌سازی یک سیستم مستندسازی برای ثبت خطرات تجهیزات و رویدادها، اطلاعات‌پایه موردنیاز

			خانه‌های پلی ون	برای بررسی‌های ایمنی بعدی را به نحو مطلوبی حفظ کرده و همچنین با انجام تعمیرات و بازرسی‌ها پیشگیرانه احتمال وقوع خطرات و پیامدهای ناشی از آن‌ها را به حداقل رساند.
میکائیل و همکاران، ۱۳۹۶	تحلیل ریسک ایمنی استخراج باسیم برش الماسه به روش FMEA در معادن مرمریت بادکی قره ضیاءالدین	M FMEA	معادن مرمریت بادکی قره ضیاءالدین	با انجام تغییرات و رعایت برخی نکات پیشگیرانه در راستای ایمن‌سازی تجهیزات و کارکنان با عنوان اقدامات کاهنده می‌توان میزان ریسک اولیه معادن را تا حد چشم‌گیری کاهش داد.
پورنگ و همکاران، ۱۳۹۶	ارزیابی ریسک مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان آزمایشگاه‌های سه مرکز پژوهشی علوم شیلاتی با به‌کارگیری روش " تجزیه‌وتحلیل عوامل شکست و آثار آن "و تحلیل‌های آماری	FMEA، روش‌های آماری مربوط به مقایسه میانگین‌ها (میانگین و انحراف معیار)	آزمایشگاه خلیج‌فارس و دریای عمان	با توجه به بالا بودن سطح ریسک در بسیاری از آزمایشگاه‌های موردبررسی، اقدامات اصلاحی مناسب پیشنهاد گردید؛ اما پس از ارزیابی مرحله دوم مشخص گردید که در مورد برخی آزمایشگاه‌ها (به‌ویژه در پژوهشکده اکولوژی خلیج‌فارس و دریای عمان) اقدامات اصلاحی پیشنهادشده در حد کافی انجام‌نشده است و ازاین‌رو میزان ریسک کماکان در سطح بحرانی یا نیمه بحرانی قابل ارزیابی است.
دهقان و همکار، ۱۳۹۶	مدیریت و تحلیل ریسک ایمنی در معادن سنگ ساختمانی (مطالعه موردی؛ معادن سنگ محلات)	FMEA	معادن سنگ محلات	وجود ریسک در پروژه‌های معدنی امری اجتناب‌ناپذیر است و نمی‌توان آن را به‌طور کامل حذف نمود در این مطالعه نیز به‌منظور تعدیل ریسک‌های غیرقابل‌قبول شناسایی‌شده اقدامات اصلاحی مناسب به همراه چگونگی و مدت پایش آن تعیین و ارائه گردیده است.
بولز، ۱۹۹۵	توسعه FMEA در محیط فازی	FMEA با منطق فازی با تابع عضویت مثلثی و ذوزنقه‌ای		رویکرد فازی ارائه‌شده برخی از مشکلات روش‌های سنتی را حل می‌کند. ازجمله خطرات مربوط به حالت‌های خسارت به‌طور مستقیم با استفاده از اصطلاحات زبانی مورداستفاده قرارگرفته است. ساختار انعطاف‌پذیرتری را برای ترکیب پارامترهای شدت، احتمال وقوع و تشخیص ارائه می‌دهد.
لئو و همکاران، ۲۰۰۷	بررسی روش ارزیابی جامع برای ایمنی حفاری زغال‌سنگ بر اساس تجزیه‌وتحلیل سلسله مراتبی خاکستری	AHP و یک روش خوشه‌بندی خاکستری		نتایج نشان می‌دهد که این روش با توجه به هسته مدیریت ایمنی معدن زغال‌سنگ قابل‌اجرا و واقع‌بینانه است. درنتیجه، تولید ایمن معدن و آگاهی از مدیریت پیشرفته تولید شتاب می‌یابد.

لئو و همکار، ۲۰۱۲	یک روش ارزیابی ریسک فازی برای خطرات شغلی در صنعت ساخت‌وساز	Fuzzy ANP و Fuzzy FMEA و FMEA،QFD	شرکت مهندسی مخابرات در جنوب تایوان	با اعمال این روش به شرکت مهندسی مخابرات در جنوب تایوان نتیجه ارزیابی عملکرد نشان داد که این روش می‌تواند مقادیر ریسک، ارزیابی ریسک‌ها و عوامل مرتبط استراتژی‌های بهبود را فراهم کند.
رنجی و همکاران،۲۰۱۸	FMECA فازی (اثر حالت شکست و تحلیل بحرانی) مخازن LNG	FMECA،FMEA فازی	یک مخزن ذخیره‌سازی LNG با تکنیک FMECA وHAZOP	نتایج به‌دست‌آمده با استفاده از روش FMECA سنتی و روش FMECA فازی مقایسه می‌شود. مشکل در اولویت‌بندی RPN در مورد سیستم‌های پیچیده مانند ذخیره‌سازی LNG در FMECA فازی موردتوجه قرارگرفته است. تجزیه‌وتحلیل اثر حالت نقص یک روش مفید برای شناسایی خطر در پیچیده است.
پیپترز و همکاران (۲۰۱۸)،	بهبود کارایی تجزیه‌وتحلیل شکست توسط ترکیب FTA و FMEA به روش بازگشتی	FTA و FMEA به روش بازگشتی		در این مقاله، از دو روش تجزیه‌وتحلیل درخت شکست (FTA) و حالت‌های شکست و تجزیه‌وتحلیل اثر (FMEA) استفاده‌شده است. بااین‌حال، اشکال اصلی استفاده از این روش‌ها این است که وقت‌گیر است .درنتیجه، روش‌ها اغلب به‌طور کامل اعمال نمی‌شوند که می‌تواند منجر به شناسایی حالت‌های شکست مهم شود .در این پیشنهادشده است FTA و FMEA به روش مجاور اجرا شود.
تحقیق حاضر، ۱۳۹۷	شناسایی و رتبه‌بندی مخاطرات ایمنی کارکنان در صنایع تولیدی لوله‌های استخراج نفت و گاز با رویکرد تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن	FMEA ، FTA، FMECA	شرکت لوله گستر اسفراین	در این تحقیق با تکنیک FMEA مخاطرات شناسایی و رتبه‌بندی شد. با تکنیک FMEA و FMECA مخاطرات بحرانی و نیمه بحرانی شناسایی و اقدامات اصلاحی پیشنهاد گردید.

با توجه به خلاصه تحقیقات پیشین مشخص است که وجه تمایز پژوهش حاضر با پژوهش‌های قبلی به لحاظ موضوعی، ارزیابی و رتبه‌بندی ایمنی کارکنان شاغل در صنایع تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز هست. برای شناسایی و رتبه‌بندی مخاطرات ایمنی از تکنیک FMEA استفاده‌شده است سپس برای شناسایی مخاطرات بحرانی که در خطنورد این شرکت وجود دارد از تکنیک FMECA و FTA به‌صورت ترکیبی استفاده‌شده است.

۲-۴-جمع‌بندی

در این فصل در ابتدا به شرح مختصری از تکنیک FMEA و مفاهیم پیرامون آن پرداختیم. سپس در بخش مبانی نظری، تعریف ایمنی، مخاطرات، معنا و مفهوم تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه خرابی و اهداف و ویژگی‌های آن، آنالیز حالات بحرانی و خرابی بالقوه، آنالیز درخت خطا و سایر مبانی نظری و تعاریف زیربنایی موردنیاز این تحقیق ارائه شد. در قسمت پیشینه تحقیق ابتدا خلاصه‌ای از تحقیقات داخلی انجام‌شده در این حوزه ارائه شد و سپس تحقیقات بین‌المللی همراه با نتایج حاصل‌شده و جدول خلاصه منابع ارائه گردید. در این بخش ضمن بیان موضوعات تحقیقات پیشین و تکنیک‌های استفاده‌شده در این تحقیقات، به مقایسه تحقیقات پیشین پرداخته شد و خلأ تحقیقاتی موجود و نوآوری تحقیق حاضر مشخص گردید.

فصل ۳: روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

برای انجام تحقیق روش‌های مختلفی وجود دارد که با توجه به موضـــوع تحقیق مناســـب‌ترین روش انتخاب می‌شود. انتخاب تکنیک و روش مناسب تأثیر زیادی در موفقیت انجام یک تحقیق دارد.

در این فصـــل به معرفی روش جمع‌آوری داده‌ها و روش نمونه‌گیری پرداخته‌شـــده اســـت. با توجه به تحلیلی بودن تکنیک FMEA برای شـناسایی و ارزیابی ایمنی کارکنان از این روش استفاده‌شده است. در این فصـل به تشـریح تکمیل کردن جدول FMEA که به‌صـورت مصـاحبه باز و پرسـشـنامه بوده، پرداخته‌شده است.

پس از شـناخت فرآیند تولید خطنورد و تعیین خطرات بالقوه به ترتیب در سـتون‌های اول و دوم ثبت گردیده اسـت. سـپس ارزش‌گذاری سـه آیتم احتمال وقوع، شـدت اثر، روش تشخیص توسط خبرگان انجام‌گرفته اســـت. برای تحلیل بهتر مخاطرات ایمنی کارکنان از دو تکنیک تکمیلی FMEA و FTA استفاده‌شده است و مراحل به‌کارگیری آن شرح داده‌شده است.

۳-۲- روش انجام تحقیق

هدف از این تحقیق، استفاده از تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات خرابی برای جلوگیری از مخاطرات ایمنی کارکنان در فرایند تولید هســـت. لذا تحقیق حاضـــر به لحاظ هدف یک تحقیق کاربردی محســـوب می‌شـود، زیرا به توسـعه دانش کاربردی در زمینه‌ای خاص می‌پردازد. این تحقیق ازلحاظ چگونگی به دسـت آوردن داده‌های موردنیاز از نوع توصیفی- پیمایشی محسوب می‌شود. نحوه جمع‌آوری داده‌ها از طریق مصاحبه باز و ارزش‌گذاری داده‌ها به‌وسیلهٔ پرسشنامه انجام‌شده است.

۳-۳- مراحل انجام پژوهش

مراحل پژوهش به این صـورت اسـت که در ابتدا با اسـتفاده از مطالعات کتابخانه‌ای به بررسـی ادبیات موضـوع و مطالعات انجام‌شـده در این زمینه پرداخته‌شـده اسـت. سـپس با کارکنان، مسـئولین و

صاحب‌نظران شاغل در شرکت لوله گستر اسفراین مصاحبه و فرآیند خطنورد شناخته‌شده است و مخاطرات ایمنی کارکنان این واحد تولید شناسایی گردید. در مرحله بعدی توسط خبرگان با استفاده از جداول امتیازات مربوط به هریک از معیارها به امتیازدهی مخاطرات بالقوه شناسایی‌شده پرداخته‌شده است. عدد اولویت ریسک با ضرب سه آیتم احتمال وقوع، شدت اثر و تشخیص به‌دست‌آمده است. با به‌کارگیری دو آیتم احتمال وقوع و شدت اثر به‌دست‌آمده با استفاده از تکنیک FMEA، ماتریس بحرانیتFMECA و درخت خطا رسم گردید. در زیر مراحل کار تحقیق آورده شده است.

مراحل کار تحقیق به ترتیب زیر هست:

I) انجام مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی منابع موجود.

II) شناخت فرآیند خطنورد.

III) انجام مصاحبه با کارکنان جهت شناسایی مخاطرات بالقوه.

IV) ارزیابی امتیاز سه معیار S، O و D از منظر خبرگان: در اینجا با استفاده از جداول شدت خرابی (S)، احتمال وقوع خرابی (O) و احتمال کشف (D)، برای هریک از بعدها امتیازات ۱ تا ۱۰ تعیین‌شده است.

V) محاسبه مقدار RPN و اولویت بندی خطاها برحسب این مقدار

VI) تهیه ماتریس بحرانیت

VII) تعیین رویداد اصلی FTA.

VIII) دسته‌بندی مخاطرات.

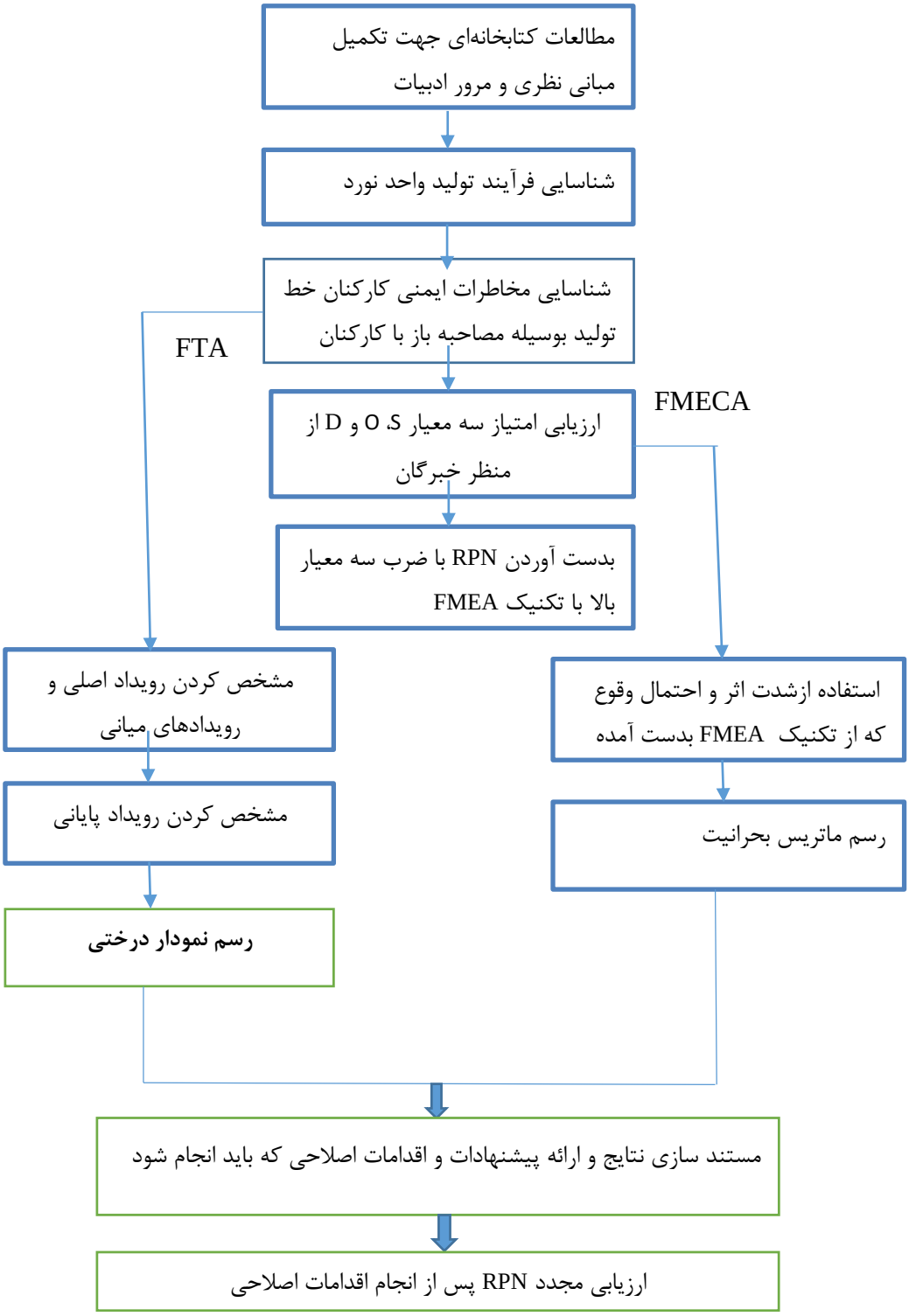
IX) مشخص کردن رویداد میانی.

X) مشخص کردن رویداد پایانی هر مخاطره.

XI) رسم نمودار درختی FTA.

XII) ارائه پیشنهادها و اقدامات اصلاحی.

XIII) محاسبه مجدد RPN



شکل ۳-۱: مراحل انجام پژوهش

۳-۴- مطالعه موردی

تحقیق حاضر در شرکت لوله گستر که درزمینهٔ تولید لوله‌های بی‌درز فعالیت دارد انجام‌شده است. در این تحقیق با استفاده از تکنیک FMEA، FMECA و FTA فرآیند تولید در خط‌نورد را بررسی و مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان را شناسایی و به تحلیل آن پرداخته‌شده است.

۳-۴-۱- تاریخچه لوله گستر

شرکت لوله گستر اسفراین یکی از شرکت‌های تحت پوشش سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران (ایدرو) که به‌عنوان تنها تولیدکننده لوله‌های فولادی بدون درز شامل لوله‌های جداری_مغزی موردنیاز صنایع نفت، گاز و پتروشیمی باهدف رفع نیاز کشور، رشد و توسعه منطقه و هم‌افزایی با شرکت مجتمع صنعتی اسفراین به‌عنوان بزرگ‌ترین تأمین‌کننده مواد اولیه موردنیاز احداث گردید.

عملیات ساخت ابنیه با زیربنای ۱۲۴۰۰۰مترمربع و نصب بیش از ۲۷۸۰۰ تن ماشین‌آلات و تجهیزات صنعتی در زمینی به مساحت ۲۱۰ هکتار در سال ۱۳۸۴ خاتمه یافت و پس از راه‌اندازی و انتقال تکنولوژی و دانش فنی، شرکت در سال ۱۳۸۵ با ظرفیت اسمی ۱۰۰ هزار تن در سال به بهره‌برداری رسید.

این شرکت دارای پنج‌خط تولیدی شامل خط‌نورد، خط عملیات حرارتی، خط تکمیلی کیسینگ، خط تکمیلی تیوبینگ، خط کوپلینگ (اتصالات) بوده و با ۶۴۲ نفر کارکنان در حال تولید و عرضه محصولات خود (از سایز ۹/۱ تا ۱۶ اینچ) به بازار مصرف هست.

۳-۴-۲- خط‌مشی

شرکت لوله گستر اسفراین درزمینهٔ ساخت و تولید انواع لوله‌های فولادی بدون درز در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی فعالیت می‌نماید.

این شـــرکـت بـا درک مزایـای اســـتقرار ســـیســـتم مدیریت یکپارچه (ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007) مبادرت به طراحی، اســـتقرار و پیاده‌ســـازی الزامات مربوطه مطابق با آخرین ویرایش نموده و موارد زیر را به‌عنوان اهداف و عقاید خود اعلام می‌دارد:

- جلب رضـــایت مشـــتریان و طرف‌های ذینفع و حفظ کرامت آن‌ها از طریق برخورد مناســـب و پیگیری به‌موقع و مناسب شکایات رسیده از سوی ایشان
- توجه به نیروی انســـانی به‌عنوان ســـرمایه اصـــلی شرکت و افزایش سطح دانش، مهارت و جلب مشارکت آن‌ها
- تلاش در جهت بهبود مداوم در فرآیندها، هدف‌گذاری‌ها و تحقق اهداف
- افزایش تولید، کاهش ضایعات و هزینه‌های تولید
- کاهش مداوم عوامل زیان‌آور ایمنی و بهداشـــت شـــغلی و ایجاد محیطی ایمن برای طرف‌های ذینفع
- کنترل و کاهش مداوم عوامل آلاینده زیست‌محیطی و حفظ/گسترش فضای سبز
- استفاده بهینه و مؤثر از منابع و انرژی
- رعایت الزامات قانونی و مقرراتی و نیز الزامات اســـتاندارد و مشـــتریان در زمینه‌های کیفیتی، ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست.

۳-۴-۳-مشخصات کارخانه:

وضعیت ماشین‌آلات:

کارخانه در سال ۱۹۱۴ تأسیس و در سال ۱۹۱۸ شروع به تولید نموده و در چندین نوبت بازسازی‌شده و ازجمله در ســـال ۱۹۶۴ و در ســـال ۱۹۸۶ بخش‌های tubing و casing و coupling به‌طور کامل مدرنیزه شده و در سال ۱۹۹۳ درحالی‌که ۳۲۰۰۰۰ تن در سال تولید می‌نموده متوقف‌شده است.

استفاده از نیروهای ایرانی:

از ابتدای سال ۱۳۷۶ نیروهای شرکت مزبور، عملیات تطبیق وضعیت فعلی نصب ماشین‌آلات، تأسیسات، ساختمان را با تهیه ۴۲۰۰۰ نقشه به‌منظور شناخت کامل باهدف پیاده کردن دقیق همان نقشه‌ها در ایران شروع کردند و کلیه ماشین‌آلات، تجهیزات و ابزارآلات توسط نیروهای بومی آموزش‌دیده تعمیر، سرویس و بازسازی‌شده و نهایتاً توسط همین نیروها، نصب و راه‌اندازی شده است و در سال ۱۳۸۴ به بهره‌برداری رسیده است.

مشخصات ارضی و بنایی:

- مساحت زمین ۲۱۰ هکتار
- سالن تولید و انبار ۸۵۰۰ مترمربع
- -بخش اداری و رفاهی ۱۱۵۰۰ مترمربع

مصارف صنعتی :

آب: لیتر در ثانیه

برق: پست برق ۱۳۲k v/6. 3 k v (۳۰MW)

گاز: حداکثر مصرف ساعتی ۱۰۱۲۰ مترمکعب با فشار ۶۰ پوند بر اینچ مربع

انواع تولیدات:

- لوله‌های بدون درز ۱۶i nch -۵,۵
- لوله‌های انتقال (tubing)
- لوله‌های جداری (casing)
- کوپلینگ‌های مربوطه (coupling)

ظرفیت:

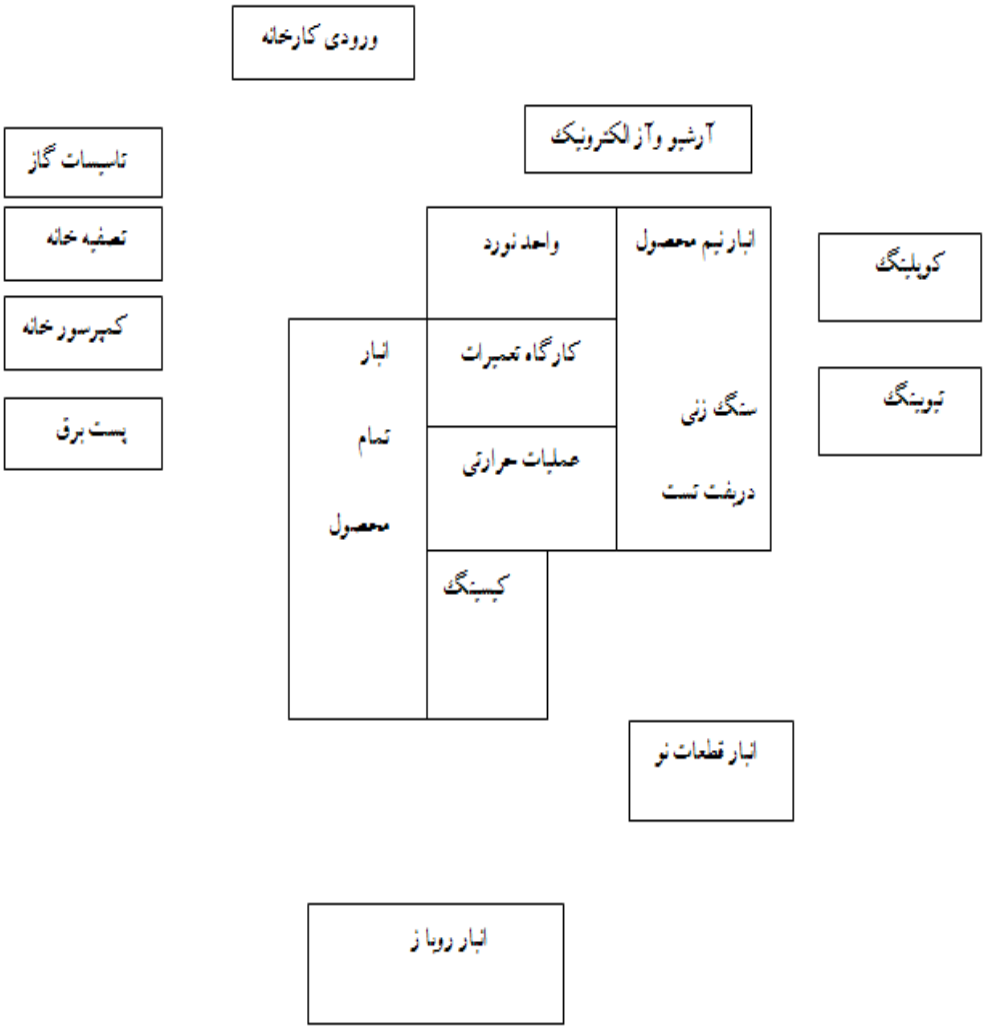
ظرفیت تولید واحدهای مختلف به شرح زیر می‌باشد

- نورد ۱۲۰۰۰۰ تن در سال
- کیسینگ ۷۵۰۰۰ تن در سال
- تیوبینگ ۵۰۰۰۰ تن در سال
- کوپلینگ ۲۵۰۰۰۰ تن در سال

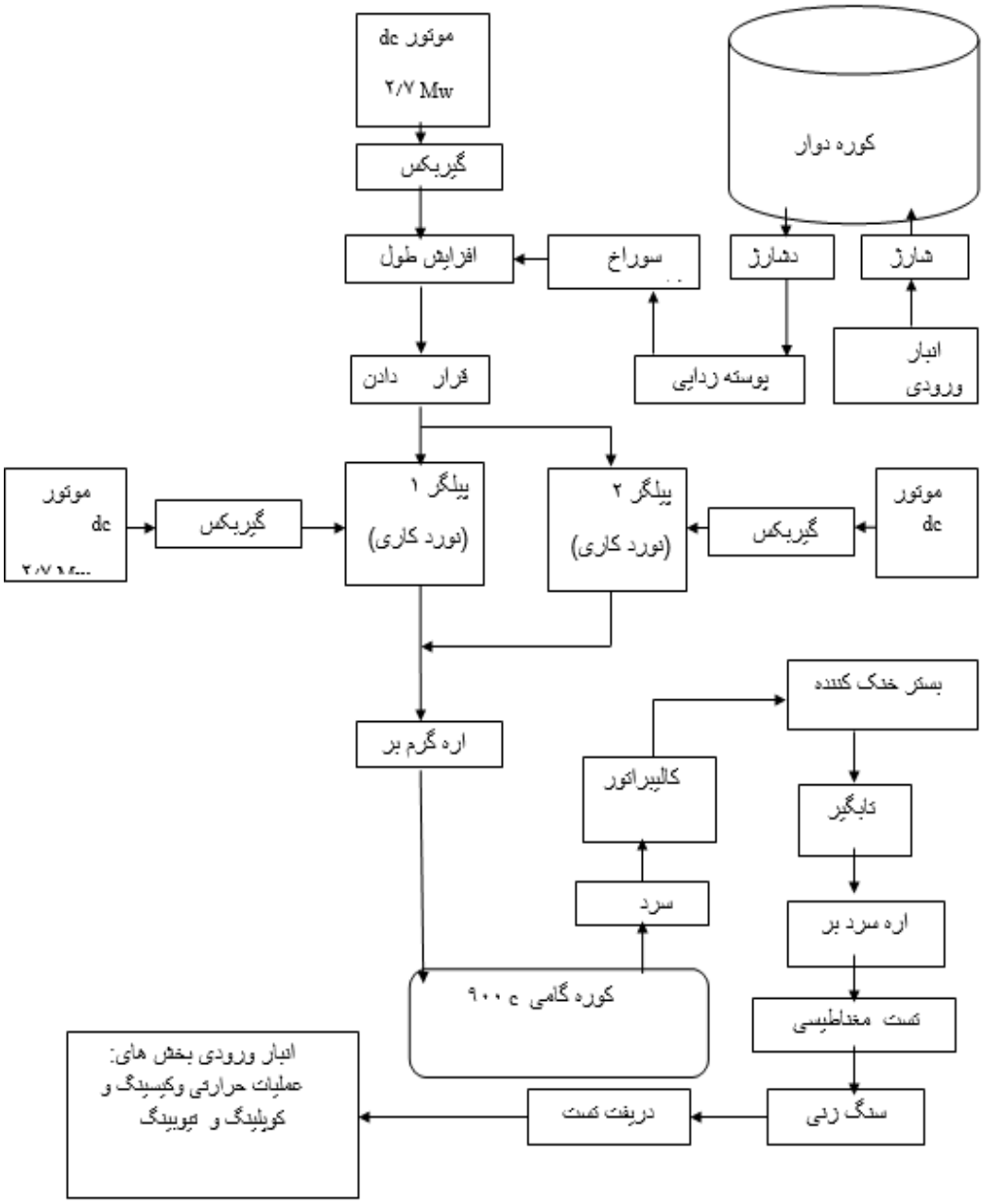
نکته قابل‌ذکر این است تولید کارخانه در سال ۸۸ برابر ۲۰۰۰۰ تن در سال بوده که تولید کارخانه طی برنامه پیش‌بینی برای سال جاری برابر ۳۵۰۰۰ تن خواهد بود و این در حالی است که ظرفیت موردنیاز کشور برابر ۱۰۰۰۰۰-۸۰۰۰۰ تن در سال هست.

اجزای کارخانه:

- واحد نورد
- عملیات حرارتی +NDT
- casing (عملیات لوله جداری)
- tubing (ماشین‌کاری لوله انتقال)
- coupling (تولید اتصالات)
- پست برق ۱۳۲ k v/ ۶,۳ k v
- آزمایشگاه الکترونیک، مکانیک، فیزیک، مواد
- کارگاه تعمیرات قطعات
- تجهیزات جانبی از قبیل کمپرسور، تصفیه‌خانه، تأسیسات
- ساختمان اداری، انبار، دفتری
- آرشیو



شکل ۳-۲: شماتیک کلی کارخانه



شکل ۳-۳: واحد نورد شرکت لوله گستر

۳-۵-فرآیند خطنورد

۳-۵-۱-انبار ورودی

از این انبار برای نگه‌داری شمش‌های ورودی کارخانه که از کارخانه فولاد اسفراین خریداری‌شده استفاده می‌شود. جرثقیل‌های سقفی مورداستفاده در این بخش از نوع مغناطیسی بوده و با اعمال

جریان الکتریکی به یک سیم‌پیچ و آهنربا نمودن آن می‌توان شمش موردنظر را جذب نمود و به‌راحتی آن را در مسیر شارژ کوره دوّار قرارداد.

۳-۵-۲-کوره دوار

از کوره دوار برای افزایش دمای شمش تا ۱۳۰۰ درجه استفاده می‌شود، کورهٔ دوار دارای ۶zone است که هر zone شامل ورودی گاز و هوا هست و سر راه هر مسیر گاز و هوای ورودی، ترانس دیو سری قرارگرفته است تا میزان حجم گاز و هوای ورودی را اندازه‌گیری کند و برای مانیتورینگ به اتاق کنترل بفرستند. مقدار اندازه‌گیری شده توسط اپراتورها خوانده‌شده و در صورت نیاز به تغییر با اعمال فرمان به سروموتورهایی که سر راه ورودی گاز و هوا قرارگرفته است میزان باز بودن دریچه را تغییر داده و بدین ترتیب حجم گاز و ورودی هوا کنترل می‌شود، گفتنی است که دمای هر zone توسط ترموکوپل اندازه‌گیری می‌شود و برای مانیتورینگ به اتاق کنترل فرستاده می‌شود. در این کوره برای تولید هوای موردنیاز برای فرایند سوختن از یک موتور القائی ۲۰۰ k w و همچنین یک کولرگازی برای خنک کردن یاتاقان موتور هواساز استفاده‌شده است. روش مورداستفاده در این کوره برای افزایش راندمان، استفاده از رکوپراتور در سر راه اگزوز کوره می‌باشد که با گرفتن گرمای خروجی و اعمال این گرما به هوای ورودی موجب انجام بهتر فرایند سوختن در کوره می‌شود.plc مورداستفاده در این بخش از نوع Omron بوده که انجام عملیات اندازه‌گیری و کنترل کمیت‌های کوره توسط نرم‌افزار cx-programmer و بخش monitoring آن شده است. Plc استفاده‌شده در کوره دوار با plcهای مورداستفاده در قسمت شارژ و دشارژ به‌صورت شبکه قرار دارد.

۳-۵-۳-مسیر دشارژ

پس‌ازاین که در کوره شمش‌ها به مدت حداقل ۷ ساعت باقی ماندند و دمای آن‌ها به مقدار موردنیاز رسید پس‌ازاین مرحله شمش‌ها توسط موتورهای و جک‌های هیدرولیکی که عملیات کنترل روغن

آن‌ها توسط شیرهای برقی انجام می‌شود از کوره خارج‌شده و آماده انجام عملیات بعدی که پوسته زدایی هست، می‌شود.

۳-۵-۴-پوسته زدایی

شمش‌ها پس‌ازاین که مدت‌زمانی در کوره باقی ماندند دارای پوسته شده و به‌منظور افزایش کیفیت لوله خروجی، پس‌ازاین که شمش از کوره خارج شد با فشار آب bar ۶۰۰ پوسته زدایی می‌شوند.

۳-۵-۵-سوراخ‌کاری

در این مرحله، سوراخ‌کاری اولیه توسط هیدرو موتور انجام می‌شود، گفتنی است که شمش در این مرحله کاملاً سوراخ نمی‌شوند و این مرحله برای انجام بهتر فرایند elongator انجام می‌شود.

۳-۵-۶-افزایش طول

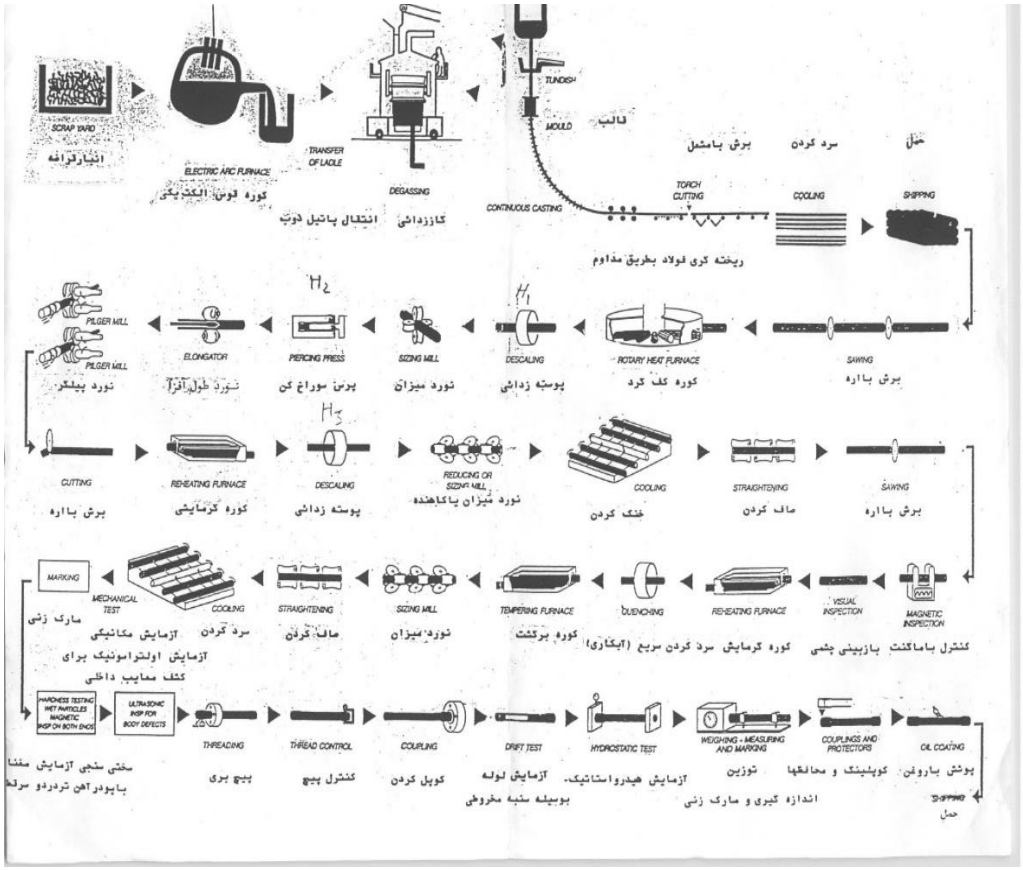
در این بخش عملیات ایجاد سوراخ و افزایش طول شمش انجام می‌شود که نیروی موردنیاز توسط یک موتور mw۷/۲ dc که ولتاژ ورودی استاتور آن۱kv است. این ولتاژ توسط یک ترانس۳/۶ kv/1kv تأمین می‌شود، یک موتور القائی برای خنک کاری موتور dc در بالای آن نصب‌شده است و یک تا کو ژنراتور برای اندازه‌گیری سرعت موتور dc استفاده‌شده است، گشتاور ایجادشده توسط گیربکس به دو محور منتقل می‌شود و دو محور از سه محور elongator را می‌چرخاند، گفتنی است که محور سوم elongatorهرز گرد می‌چرخد. اگر به هر دلیلی عملیات تولید متوقف شود و وقفه‌ای در تولید پیش آید، به‌عبارت‌دیگر دمای شمش از حد موردنظر پایین بیاید و هنوز شمش نوردکاری نشده باشد، این شمش قابل بازیافت بوده و می‌توان دوباره آن را در کوره دوار قرارداد تا دمای آن به دمای مطلوب برسد. در غیر این صورت شمش قابل‌استفاده مجدد نبوده و reject خواهد شد.

۳-۵-۷-قرار دادن سنبه

قبل از این‌که شمش نوردکاری شود سنبه در داخل آن قرار داده می‌شود.

۳-۵-۸- نوردکاری

در این بخش مهم‌ترین عملیات بر روی شمش انجام می‌شود و به‌اصطلاح شمش نوردکاری می‌شود. واحد نورد از دو pilger تشکیل‌شده که به‌صورت مستقل از یکدیگر عمل کرده و موجب افزایش سرعت و قابلیت اطمینان فرآیند تولید می‌شود.



شکل ۳-۴: فرآیند نورد لوله

۳-۶- جمع‌آوری اطلاعات جهت مطالعه فرآیند

جهت آگاهی از ویژگی‌های جوامع، بررسی از طریق سرشماری یا نمونه‌گیری امکان‌پذیر هست. نمونه‌گیری عبارت است از فرآیند انتخاب قسمتی از جمعیت که نمایانگر یا نماینده کل جمعیت باشد. بااین‌حال، اگر محقق بتواند نمونه را نسبت به‌کل جمعیت در نظر بگیرد و موردمطالعه قرار دهد، بررسی وی عمیق‌تر و دقیق‌تر خواهد بود [۶۶].

نمونه‌گیری آسان یا در دسترس (Convenience) شامل استفاده از اعضایی است که به‌آسانی در دسترس محقق قراردادند. به‌عنوان‌مثال، استادی که پرسش‌نامه‌ای را بین دانشجویان کلاس خود توزیع می‌کند، از این روش استفاده می‌نماید. متوقف کردن رهگذران در خیابان و نظرخواهی از آنان نیز مثال دیگری از نمونه‌گیری آسان است. این روش را گاهی نمونه‌گیری اتفاقی (Accidental) نیز می‌نامند [۶۷].

نمونه‌گیری گلوله برفی (Snowball) نیز نوعی از نمونه‌گیری آسان است. این روش در مواردی که دسترسی به افرادی که دارای ویژگی‌های موردنظر محقق می‌باشند، مشکل است، مورداستفاده قرار می‌گیرد. در این روش، ابتدا یک یا چند نفر با ویژگی‌های موردنظر انتخاب می‌شوند و سپس از آنان درخواست می‌گردد تا افرادی را که دارای ویژگی‌های مشابه با آنان باشند، به محقق معرفی نمایند. نمونه‌گیری تا وقتی‌که نمونه‌ها به حد موردنظر برسد، ادامه دارد [۶۸].

جمع‌آوری اطلاعات در یک پژوهش علمی از حساسیت زیادی برخوردار است و برای آن‌که نتایج به‌دست‌آمده و نتیجه‌گیری قابل‌اعتماد باشد باید کلیه اطلاعات به‌طور مرتب و سیستماتیک جمع‌آوری شوند. برای جمع‌آوری اطلاعات از روش‌های متعددی استفاده می‌شود که انتخاب هر روش با توجه به شرایط و نوع اطلاعات موردنظر صورت می‌گیرد. در یک پیش‌نویس طرح تحقیقاتی، جزئیات روش‌های جمع‌آوری اطلاعات و همچنین وسائل و ابزارهای مورداستفاده و میزان اعتبار هرکدام و چگونگی اعمال کنترل بر روی هر یک از روش‌ها باید ذکر گردد. به‌طورکلی روش‌های جمع‌آوری اطلاعات شامل مشاهده، مصاحبه و ... است.

مصاحبه و پرسشنامه کتبی (چهره به چهره): مصاحبه یکی از روش‌های جمع‌آوری اطلاعات است که در آن به‌صورت حضوری یا غیرحضوری از افراد یا گروهی از آنان پرسش می‌شود. نکته مهم آن است که سؤالات مصاحبه از پیش اندیشیده شده و تعیین‌شده است. آنچه مصاحبه را به صورت‌های مختلف طبقه‌بندی می‌کند میزان انعطاف‌پذیری آن و یا نحوه اجرای آن است. مصاحبه را یکی از روش‌هایی دانسته‌اند که امکان دریافت پاسخ در آن بیش از روش‌های دیگر است، زیرا در هنگام مصاحبه

امکان تحریک آزمودنی برای دادن پاسخ وجود دارد و نیز می‌توان در صورت ابهام با توضیح موضوع را روشن ساخت. مهم‌ترین انواع مصاحبه به شرح زیر عنوان‌شده‌اند:

- مصاحبه انعطاف‌پذیر یا آزاد: در این نوع، چارچوب محدود پرسش برای مصاحبه‌گر مشخص است
- ولی زمان و توالی پرسش به سلیقه مصاحبه‌گر بستگی دارد. در این حالت رفتار آزمودنی طبیعی‌تر است و اطلاعات واقعی‌تری به دست می‌آید. مصاحبه‌گر می‌تواند سؤالات اضافی نیز طرح کند.
- مصاحبه با انعطاف‌پذیری متوسط یا منظم: در این نوع مصاحبه، مصاحبه‌گر از پرسشنامه‌ای با پرسش‌های مشخص و با توالی ثابت استفاده می‌کند، اما معمولاً پرسش‌ها به‌صورت باز هستند. در اینجا جمع‌آوری اطلاعات کمی و سطحی است.
- مصاحبه انعطاف‌ناپذیر یا پرسشنامه همراه با مصاحبه: مصاحبه‌گر از پرسش‌نامه‌ای با پرسش‌های مشخص و با توالی استاندارد استفاده می‌کند. پاسخ‌ها ثابت و از قبل پیش‌بینی و طبقه‌بندی‌شده‌اند و معمولاً پرسش‌ها به‌صورت بسته هستند. این روش در مطالعات بزرگ و زمانی که پژوهشگر از تنوع پاسخ‌ها اطلاع دارد بکار می‌رود.

نکات مهم در مورد انجام مصاحبه:

- تکلم با زبان شخص مصاحبه‌شونده
- دخالت ندادن تمایلات شخصی مصاحبه‌گر
- کسب اجازه در هنگام استفاده از دستگاه ضبط صدا
- رعایت مقام و موقعیت اجتماعی افراد
- بیان توضیحات کافی قبل از شروع مصاحبه

پرسشنامه: پرسشنامه به‌عنوان یکی از متداول‌ترین ابزار جمع‌آوری اطلاعات در تحقیقات پیمایشی مورداستفاده قرار می‌گیرد و عبارت است از مجموعه‌ای از پرسش‌های هدف‌دار که با بهره‌گیری از مقیاس‌های گوناگون نظر، دیدگاه و بینش یک فرد پاسخگو را موردسنجش قرار می‌دهد. پرسشنامه شامل دسته‌ای از پرسش‌ها است که بر طبق اصول خاصی تدوین گردیده است و به‌صورت کتبی به

افراد ارائه می‌شود و پاسخگو بر اساس تشخیص خود جواب‌ها را در آن می‌نویسد. هدف از ارائه پرسشنامه کسب اطلاعات معین در مورد موضوعی مشخص است. بزرگ بودن گروه یا جامعه موردمطالعه یکی از دلایل مهم برای استفاده از پرسشنامه است چرا که امکان مطالعه نمونه‌های بزرگ را فراهم می‌آورد. کیفیت تنظیم پرسشنامه در به دست آمدن اطلاعات صحیح و درست و قابل‌تعمیم بسیار بااهمیت است.

در این تحقیق ابتدا با بررسی منابع و تحقیقات مشابه پیشین، ریسک‌ها و مخاطرات مهم و شناخته در حوزه تحقیق شناسایی و تعیین شد. سپس به منظور تکمیل و شناسایی دقیق مخاطرات در حوزه تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز، از مصاحبه با مدیران و کارشناسان و سرپرستان خبره شرکت لوله گستر استفاده شده است.

لازمهٔ انجام این تحقیق شناخت فرآیند خطنورد هست. برای شناسایی فرآیند روش‌های مختلفی وجود دارد که ضمن مطالعه علمی و مشاهده مستقیم فرآیند، با مدیران مجموعه هم مصاحبه گردید. این مصاحبه با روش نمونه‌گیری گلوله برفی انجام‌شده است.

برای این منظور مصاحبه با مدیریت محیطزیست و اورژانس ، یکی از کارشناسان خبره HSE که اطلاعات کافی در اختیار داشتند آغاز شد. بعد از کسب اطلاعات از این افراد چند نفر دیگری که ازنظر آن‌ها اطلاعات جدیدی ارائه خواهد شد، معرفی شدند و با مصاحبه با آن‌ها و معرفی افرادی دیگر درنهایت با ۱۲ تن از مدیران و کارشناسان و سرپرستان مصاحبه گردید و اطلاعات لازم کسب گردید.

۳-۷-ارزیابی خطرات بالقوه

۳-۷-۱-تکنیک تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست و آثارآن (FMEA)

تکنیک FMEA برای ارزیابی شکست‌ها استفاده می‌شود که در این تحقیق به‌صورت خاص برای ارزیابی مخاطرات ایمنی کارکنان استفاده‌شده است. در مرحله اول تمام مواردی که در خطنورد باعث

به خطر افتادن ایمنی کارکنان می‌شـد به‌وسیله مصاحبه با کارکنان شناسایی و در ستون حالات بالقوه خرابی لیست گردید. در مرحله دوم FMEA با بررسی آثار و عوامل حالات بالقوه راهی خواهد بود برای کاهش و یا حذف کلی خرابی‌ها و در مرحله سـوم این تکنیک ابزار مناسـبی برای مستندسازی فرآیند خطنورد این شرکت است. در این شرکت نیاز به FMEA به‌عنوان یک تکنیک نظام‌یافته برای شناسایی و حذف خرابی‌های محتمل بیش از هر وقت دیگری احساس می‌شود. با اجرای کامل و صحیح FMEA می‌توان از بسیاری مشکلات این شرکت پیش‌گیری کرد.

جدول FMEA به‌صـورت زیر بامطالعه کتابخانه‌ای و همکاری کارکنان شـاغل در شرکت کامل گردید. در این روش پس از شـناسـایی مخاطرات بالقوه هر فعالیت و علل آن به ارزیابی سـه فاکتور شدت اثر، احتمال وقوع خطر، احتمال کشـف خطر برای آن‌ها پرداخته و مطابق فرم اولیه FMEA در جدول (۳-۱) آمده است.

۳-۷-۱-۱- ستون عملکرد

در سـتون اول جدول FMEA که مربوط به عملکردها اسـت، فرآیند خطنورد از ابتدا که شمش‌ها وارد خط می‌شوند تا پایان فرایند که تولید لوله و انتقال آن به خارج از خط (به ترتیب انجام عملیات تبدیل شـمش به لوله) فهرست شده‌اند. هجده فرآیند اصلی خطنورد در ستون اول جدول (۳-۱) لیست شده است.

۳-۷-۱-۲- شناسایی حالات بالقوه خرابی

بامطالعهٔ مقالات و مشاهده کارکنان در هنگام کار در این خط و مصاحبه باز با متخصصین، کارکنان و سرپرستان، مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان شناسایی گردید.

برای شناسایی مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان به سؤالات زیر پاسخ‌داده‌شده است:

- فرآیند در چه مواردی نمی‌تواند الزامات را برآورده کند؟
- در این فرایند چه مواردی سلامت کارکنان را به خطر می‌اندازد؟

برای هر وظیفه چندین شکست بالقوه وجود داشته است. لازم به ذکر است که جهت شناسایی شکست‌های بالقوه ایمنی از سوابق خطاها و اشتباهات گذشته و گزارش‌های مربوطه استفاده شد و همچنین از سوابق شکست‌های بالقوه در شرایط محیطی خاص (گرما، سرما، گردوغبار...) نیز در نظر گرفته‌شده است. بدین‌وسیله خطرات شناسایی‌شده در ستون دوم جدول (۳-۱) که مربوط به خطرات بالقوه است ثبت گردید.

۳-۷-۱-۳- تعیین آثار بالقوه خرابی

در این تحقیق مخاطرات ایمنی کارکنان مورد ارزیابی قرارگرفته است. پس از شناسایی فرآیندها و مخاطرات بالقوه‌ای که در این فرآیند وجود دارد اثر خطر بالقوه بر ایمنی کارکنان تعیین شد. درواقع پاسخ به این سؤال که عملکرد نادرست فعالیت مشخص‌شده چه اثری بر کارکنان خط تولید خواهد گذاشت؟

بدین‌وسیله ستون سوم جدول (۳-۱) نیز کامل گردید.

۳-۷-۱-۴- تعیین احتمال وقوع، شدت اثر، تشخیص

برای ادامه کار باید ابتدا احتمال وقوع خطر، شدت اثر و احتمال کشف خطر تعیین شود. سه جدول شدت اثر، احتمال وقوع، تشخیص مطابق زیر برای موضوع ایمنی کارکنان بازطراحی شده است.

توسط خبرگان از طریق پرسشنامه و با استفاده از تکنیک تصمیم‌گیری گروهی، امتیاز هر یک از آیتم‌های احتمال وقوع، شدت اثر، احتمال کشف تعیین گردید.

۳-۷-۱-۵- کنترل‌های طراحی

برای هر مخاطره وسیله‌ای برای تشخیص آن موجود بود یا به‌وسیله حواس پنج‌گانه اپراتور حاضر در محل انجام‌وظیفه مخاطره احساس می‌شد که این اطلاعات نیز به‌وسیله مصاحبه جمع‌آوری و در ستون کنترل‌های تشخیص ثبت گردید. لازم به ذکر است در بعضی مواقع هیچ‌گونه وسیله تشخیص قبل وقوع حادثه وجود نداشته است.

۳-۷-۱-۶- عدد اولویت خطر

پس‌ازاینکه ارزش‌گذاری هر سه آیتم برای کلیه خطرها انجام شد. عدد اولویت خطر طبق فرمول (۲-۱) در فصل ۲ برای هر اثر بالقوه خطا به‌طور جداگانه محاسبه گردید.

نتایج این ارزیابی مطابق جدول (۳-۱) هست.

جدول ۳-۱: اطلاعات جمع‌آوری‌شده از مخاطرات خط نورد با تکنیک FMEA							
عملکردها	خطر بالقوه	اثر خطر بالقوه	S	علل بالقوه خطا	O	کنترل‌های طراحی	D	RPN
جابجایی شمش با جرثقیل سقفی	۱-ارتعاشات زیاد داخل کابین جرثقیل سقفی در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱-آسیب‌های جسمی (مشکلات اسکلتی عضلانی –عصبی دست)	۳	عدم روغن‌کاری به‌موقع ریل‌ها-عدم معاینه فنی به‌موقع دستگاه‌ها-عدم تعمیرات پیشگیرانه (PM)- عدم سفت کردن اجزا دستگاه‌ها، پیچ و مهره‌ها-اتصال نامناسب دستگاه در مکانشان (ثابت نبودن دستگاه‌ها)	۵	به‌صورت حسی و چشمی ملموس است	۲	۳۰
	۲-گرما و سرمای زیاد داخل کابین جرثقیل در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۲-آسیب‌های جسمی	۲	عملکرد ضعیف سیستم گرمایش و سرمایش سالن- ایزوله نبودن فضای داخل کابین	۳	به‌صورت حسی ملموس هست	۱	۶
	۳-سروصدای زیاد حرکت جرثقیل روی ریل و به هم خوردن شمش‌ها	۳-آسیب‌های شنوایی	۵	خرابی و استاندار نبودن ریل‌های جرثقیل - عدم انجام تعمیرات PM به‌موقع	۶	-به‌صورت شنیداری -اندازه‌گیری سالیانه با دوزی متری	۱	۳۰
	۴-انتشار گردوغبار ناشی از مواد و بخارات حاصله در محیط سالن	۴-آسیب‌های تنفسی -آسیب‌های چشمی	۴	مواد و بخارات حاصله در محیط و عدم تهویه آن	۲	کمی قابل‌مشاهده است	۸	۶۴

	۵-افتادن شمش از مگنت جرثقیل در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱۰	۵-فوت	۱	قطع برق	۱۰	کنترلی وجود ندارد	۱۰۰
		۸	۶-آسیب‌های جسمی	۱		۱۰		۸۰
	۶-سقوط از ارتفاع (سقوط اپراتور در سطح هم‌تراز) در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۶	۷-آسیب‌های جسمی	۲	سقوط از ارتفاع با توجه به ماهیت کار جرثقیل-عدم حفاظ کشی و نرده‌کشی مسیر تردد-عدم آموزش و آگاهی	۷	مشاهدات چشمی محیط کار	۸۴
	۷-سقوط از ارتفاع در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۸	۸-شکستگی-ضرب دیدگی -دررفتگی -کوفتگی	۲	عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی در حین کار - عدم آموزش و آگاهی- عدم نصب تجهیزات ایمنی- عدم استفاده از تابلوهای راهنما-عدم وجود نردبان استاندارد-عدم ایجاد محل نصب وسایل حفاظت فردی کار	۷	با بازرسی و دیدن قابل روئیت است	۱۱۲
		۱۰	۹-فوت	۱		۷		۷۰
جابجایی شمش با جرثقیل سقفی	۸-برخورد جرثقیل با موانع انتهای مسیر	۳	۱۰-آسیب و جراحت	۴	درست عمل نکردن تجهیزات جرثقیل (ترمز)-عدم تعمیرات به‌موقع PM	۳	-	۳۶
	۹-خطرالکترسیته در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۷	۱۱- برق‌گرفتگی اپراتور	۳	پارگی کابل‌ها-عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر استفاده از سیم معیوب	۷	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۱۴۷
		۸	۱۲-جراحت شدید	۳	فشار زیاد روغن-فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۷		۱۶۸

	۱۰-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی حمل روغن در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱۳-بیماری‌های پوستی	۷		۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۴۷
برش با اره سرد بر	۱۱-پرتاپ ضایعات در هنگام برش شمش با اره	۱۴-آسیب و جراحت	۶	پروسه برش (عدم استفاده از حفاظ)	۴	با دیدن قابل روئیت است	۲	۴۸
	۱۲-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد هنگام کار با اره	۱۵-آسیب شنوایی	۵	پروسه برش (برخورد تیغه اره با شمش)	۱۰	از طریق حس شنوایی	۱	۵۰
	۱۳-بخارات حاصله موجود در محیط فرآیند اره کاری سرد	۱۶-آسیب‌های تنفسی	۳	-تهویه نکردن محیط از بخارات موجود در فرایندهای مجاور	۳	در هوا کمی قابل‌مشاهده است	۷	۶۳
	۱۴-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن	۱۷-جراحت شدید	۸	فشار زیاد روغن-فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸
		۱۸-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷
	۱۵-خطر الکتریسیته فرآیند اره کاری سرد	۱۹-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷
	۱۶-برخورد تجهیزات و ابزار با اپراتور در Set up برش با اره سرد بر	۲۰-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۴	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۴۰

ست آپ در برش با اره	۱۷-انتشار گاز یا تماس پوستی در فرآیند برش با اره سرد	۲۱-بیماری‌های پوستی	۴	ریختن روغن و گریس -نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه-تمیز نکردن به‌موقع سطح	۲	با دیدن قابل روئیت است	۱	۸
	۱۸-سرخوردن در ست آپ برش با اره سرد بر	۲۲-جراحت و شکستگی	۶	سر بودن کف ناشی از ریختن روغن و گریس- نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه-تمیز نکردن به‌موقع	۶	با دیدن قابل روئیت است	۱	۳۶
شارژ و دشارژ کوره کف گرد	۱۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در شارژ و دشارژ کوره کف گرد	۲۳-آسیب‌های شنوایی	۵	جابجایی شمش و قطعات به‌وسیله ماشین‌آلات (هیدرولیکی) برای شارژ و دشارژ کوره و برخورد شمش‌ها به ابزار آهنی	۸	به‌صورت شنیداری قابل حس و بسیار آزاردهنده است	۱	۴۰
	۲۰-انتشار اشعه فرابنفش در شارژ و دشارژ کوره کف گرد	۲۴-آسیب‌های بینایی- مشکلات پوستی- سرطان	۵	گرمای بیش‌ازحد استاندارد شمش هنگام دشارژ کوره	۸	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۴۰۰
	۲۱-گرمای بیش‌ازحد فرآیند شارژ و دشارژ کوره کف گرد	۲۵-استرس گرمایی (سوختگی پوست، جوش‌های گرمایی، ضعف گرمایی)	۴	-دمای بالای شمش و کوره (پروسه تولید)-عدم تهویه مناسب سرمایشی-عدم خودکارسازی یا مکانیزاسیون فعالیت‌های کاری کارگران	۷	-استفاده از پیرومتر -گرما قابل احساس می‌باشد	۱	۲۸
	۲۲-انتشار بخارات حاصله (بخارات فلزی) در محیط در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۲۶-آسیب‌های تنفسی	۶	یک سری پوسته‌هایی سطح لوله هست که این پوسته‌ها پوسته‌پوسته می‌شوند و بخار می‌شوند به حالت بخار فلزی درمی‌آیند (ماهیت کار)	۹	در هوا کمی قابل‌مشاهده است	۱	۵۴

	۲۳-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۸	۲۷-نقص عضو	۳	فشار زیاد روغن-فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۷	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۱۶۸
		۷	۲۸-بیماری‌های پوستی	۳		۷		۱۴۷
	۲۴-الکتریسیته در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۷	۲۹-برق‌گرفتگی اپراتور	۳	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۷	با دیدن قابل‌مشاهده است (عایق نبودن کابل)	۱۴۷
	۲۵ - سقوط شمش هنگام انتقال آن از کوره به نوار نقاله	۸	۳۰-شکستگی و جراحت	۲	افت فشار در تجهیزات هیدرولیکی و باز شدن دهانه نقاله و رها شدن شمش	۱۰	کنترلی وجود ندارد	۱۶۰
		۱۰	۳۱-فوت	۱		۱۰		۱۰۰
اجرای pm رولیک‌های	۲۶-سرخوردن در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۶	۳۲-شکستگی و جراحت	۴	لغزندگی مسیر با توجه به بخارات و گردوغبارهای موجود پروسه تولید - عدم نظافت به‌موقع -نرده‌کشی مسیرهای تردد	۱	لغزندگی مسیرمشهود است	۲۴
	۲۷-گرمای بیش‌ازحد استاندارد هنگام گرمایش شمش در کوره کف گرد	۴	۳۳-استرس گرمای -حساسیت پوستی	۹	دمای بالای کوره و شمش (ماهیت کار)	۱	گرمای زیاد مشهود است	۳۶
	۲۸-انتشار اشعه فرابنفش هنگام گرمایش شمش درکوره کف گرد	۶	۳۴-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۹	دمای بسیار بالای کوره و شمش	۱۰	کنترلی وجود ندارد	۵۴۰

	۲۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در کوره کف گرد	۳۵-آسیب‌های شنوایی	۶	ماهیت کار و پروسه تولید و قطعات و ماشین‌آلات باعث ایجاد صدا می‌شوند	۹	صدا آزاردهنده مشهود است	۱	۵۴
گرمایش شمش در کوره کف گرد	۳۰-انتشار بخارات حاصله (بخارات فلزی) در فرآیند گرمایش کوره	۳۶-آسیب‌های تنفسی	۷	یک سری پوسته روی شمش وجود دارد که با حرارت در کوره آن پوسته‌ها به حالت بخارات فلزی درمی‌آیند	۹	در هوا کمی قابل‌مشاهده است	۱	۶۳
	۳۱-الکتریسیته در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۳۷-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷
	۳۲-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۳۸-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن -فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸
		۳۹-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷
	۳۳-منتشر شدن غبار مواد نسوز هنگام تعمیرات کوره کف گرد	۴۰-آسیب‌های ریوی	۸	آجرنسوز و پشم‌شیشه‌های استفاده‌شده در کوره که غبار ایجاد می‌کند	۵	آجرنسوزوپشم شیشه قابل روئیت است	۲	۸۰
	۳۴-سقوط مواد و ابزار بر روی اپراتور هنگام تعمیرات کوره کف گرد	۴۱-جراحت و شکستگی	۸	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی-عدم اطمینان قبلی از محکم بودن مواد و ابزار	۲	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۱۶۰
		۴۲-فوت	۱۰		۱		۱۰	۱۰۰
		۴۳-جراحت و شکستگی	۸		۱	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۸۰

تعمیرات نسوز در کوره کف گرد	۳۵- سقوط اپراتور هنگام سرکشی به کوره کف گرد جهت تعمیرات یا بازدید دوره‌ای	۱۰	۴۴-فوت	۱	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم آگاهی از آئین نامه‌های ایمنی		۱۰	۱۰۰
پوسته زدایی	۳۶-انتشار گردوغبار درسالن پوسته زدایی	۷	۴۵-آسیب‌های تنفسی -آسیب‌های چشمی	۶	مواد و روغن مورداستفاده در پروسه تولید ایجاد گردو غبار می‌کند- عدم مکانیزه بودن کار-انجام نادرست تولید	کمی قابل مشاهده است	۳	۱۲۶
	۳۷-گرمای زیاد در پوسته زدایی	۶	۴۶-استرس گرمایی	۸	دمای زیاد شمش و حضور اپراتور در کنار خط برای بازدید چشمی در هنگام پوسته زدایی	دمای بالا مشهود و اندازه گیری باپیرومتر	۱	۴۸
	۳۸-انتشار اشعه فرابنفش در هنگام پوسته زدایی	۶	۴۷-آسیب‌های بینایی- مشکلات پوستی و سرطان	۷	گرمای بیش از حد استاندارد شمش	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۴۲۰
	۳۹-سقوط اپراتور هنگام کنترل چشمی پوسته زدایی	۶	۴۸-جراحت و شکستگی	۱	افتادن به پایین هنگام پوسته زدایی دستی	-	۶	۳۶
	۴۰-اصابت پلیسه در پوسته زدایی	۶	۴۹-جراحت چشم –آسیب‌های بدن اپراتور	۴	پرتاپ پلیسه داغ در پوسته زدایی پوسته داغ جداشده توسط آب-عدم رعایت اصول ایمنی (عدم استفاده از حفاظ برای صورت)	پرتاپ پلیسه مشهوداست	۱	۲۴

	۴۱-الکتریسیته در پوسته زدایی	۵۰-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	مشاهده چشمی در صورت داشتن دقت کافی	۷	۱۴۷
	۴۲-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در پوسته زدایی	۵۱-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن -فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸
		۵۲- بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷
افزایش طول=النگاتور (سوراخ‌کاری شمش)	۴۳-اشعه فرابنفش در عملیات النگاتور	۵۳-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی-سرطان	۶	-گرمای بیش‌ازحد شمش (ماهیت کار)	۸	-	۱۰	۴۸۰
	۴۴-گرمای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند النگاتور	۵۴-استرس گرمایی	۵	-گرمای بیش‌ازحد شمش (طبیعت کار) -فقدان سیستم تهویه و سرمایش مناسب	۸	استفاده از پیرومتر و دمای بالای شمش	۱	۴۰
	۴۵-سروصدای بیشتر از استاندارد در فرآیند النگاتور	۵۵-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۷	ماهیت کار و پروسه تولید و ضربه‌های دستگاه	۱۰	به‌صورت شنیداری قابل احساس است	۱	۷۰
	۴۶-انتشار بخارات حاصله در فرآیند النگاتور	۵۶-آسیب‌های تنفسی	۷	روغن و گریس استفاده‌شده در پروسه تولید که با گرمایش شمش بخار تولید می‌کنند	۴	قابل‌رؤیت است	۲	۵۶
	۴۷-الکتریسیته در فرآیند النگاتور	۵۷-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با دیدن قابل‌مشاهده است (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷

	۴۸-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در فرآیند النگاتور	۵۸-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن -فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸
		۵۹-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷
ست اپ و اجرای PM در فرآیند النگاتور	۴۹-سقوط ابزار بر روی اپراتور در اجرای pm فرآیند النگاتور	۶۰-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۰۸
		۶۱-فوت	۱۰		۱		۹	۹۰
ست اپ و اجرای PM در فرآیند النگاتور	۵۰- سرخوردن اپراتور فرآیند النگاتور	۶۲-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۵	محیط لغزنده قابل‌مشاهده است	۱	۳۰
	۵۱-اشعه فرابنفش در هنگام قرار دادن سنبه	۶۳-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	-	۱۰	۲۸۰
قرار دادن سنبه	۵۲-گرمای بیش‌ازحد استاندارد در هنگام قرار دادن سنبه	۶۴-استرس گرمایی	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	استفاده از پیرومتر دمای بالای شمش قابل احساس است	۱	۲۸
	۵۳-سروصدا بیشتر از حد استاندارد هنگام قرار دادن سنبه	۶۵-آسیب‌های شنوایی	۵	ماهیت کار سروصدای زیادی ایجاد می‌کند	۸	به‌صورت شنیداری قابل احساس است	۱	۴۰

	۵۴-بخارات حاصله هنگام قرار دادن سنبه	۶۶-آسیب‌های تنفسی	۸	روغن و گریس استفاده‌شده برای روان کنندگی در پروسه تولید (با گرمایش شمش باعث تولید بخار می‌کند)	۱۰	کمی قابل‌مشاهده است	۱	۸۰
	۵۵-الکتریسیته هنگام قرار دادن سنبه	۶۷-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷
	۵۶-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن هنگام قرار دادن سنبه	۶۸-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن -فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸
		۶۹-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷
ست‌آپ و اجرای pm در فرآیند قرار دادن سنبه	۵۷-سقوط ابزار بر روی اپراتور	۷۰-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۲	-	۹	۱۰۸
		۷۱-فوت	۱۰		۱		۹	۹۰
	۵۸-سرخوردن اپراتور در فرآیند قرار دادن سنبه	۷۲-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی –ریختن گریس و روغن - عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۵	محیط لغزنده مشهود است	۱	۳۰
پیلگر=نوردکاری (تبدیل شل به لوله)	۵۹-اشعه فرابنفش در فرایند پیلگر	۷۳-آسیب‌های بینایی- مشکلات پوستی - سرطان	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	-	۱۰	۲۸۰
	۶۰-گرمای بیش‌ازحد در فرآیند پیلگر	۷۴-استرس گرمایی	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	اندازه‌گیری با پیرومتر -دمای بالای شمش قابل احساس است	۱	۲۸

	۶۱-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند پیلگر	۷۵-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۸	ماهیت کار سروصدای زیادی ایجاد می‌کند	۱۰	به‌صورت شنیداری قابل احساس است	۱	۸۰
	۶۲-انتشار بخارات حاصله در فرآیند پیلگر	۷۶-آسیب‌های تنفسی	۸	روغن و گریس استفاده‌شده در پروسه تولید (گرمای شمش باعث تولید بخار می‌کند)	۹	بخارات قابل‌مشاهده است	۲	۱۴۴
	۶۳-سرخوردن در فرآیند پیلگر	۷۷-جراحت و شکستگی	۶	ریختن گریس و روغن وآب-عدم نظافت بموقع-عدم برطرف کردن نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه	۵	قابل‌دیدن است	۱	۳۰
	۶۴-الکتریسیته در فرآیند پیلگر	۷۸-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷
	۶۵-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در فرآیند پیلگر	۷۹-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن -فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸
		۸۰-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷
ست آپ و اجرای pm در فرآیند پیلگر	۶۶-سقوط ابزار روی اپراتور در pm فرآیند پیلگر	۸۱-جراحت و شکستگی	۸	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۴۴
	۶۷-سرخوردن در pm فرآیند پیلگر	۸۲-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی –ریختن گریس و روغن -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی-عدم نظافت به‌موقع	۵	محیط لغزنده کاملاً قابل‌مشاهده است	۱	۳۰

	۶۸-اشعه فرابنفش در فرآیند اره گرم بر	۸۳-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۸۰
اره گرم بر	۶۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند اره گرم بر	۸۴-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۸	برش لوله با اره (ماهیت کار) سروصدای زیادی ایجاد می‌کند	۱۰	به‌صورت شنیداری قابل احساس است	۱	۸۰
	۷۰-انتشار بخارات حاصله در فرآیند گرم بر	۸۵-آسیب‌های تنفسی	۵	مواد و بخارات حاصله در محیط و عدم تهویه آن در مراحل قبل	۴	کمی در هوا قابل‌مشاهده است	۷	۱۴۰
	۷۱-گرمای بیش از حد استاندارد در فرآیند گرم بر	۸۶-استرس گرمایی	۵	به خاطر داغ بودن لوله	۴	-استفاده از پیرومتر -دمای بالای شمش	۱	۲۰
	۷۲-الکتریسیته در فرآیند گرم بر	۸۷-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	به‌صورت شنیداری قابل احساس است	۷	۱۴۷
ست آپ و اجرای PM در فرآیند اره گرم بر	۷۳-سقوط ابزار و اپراتور در ست آپ اره گرم بر	۸۸-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۰۸
		۸۹-فوت	۱۰		۱		۹	۹۰
	۷۴-سرخوردن در ست آپ اره گرم بر	۹۰-آسیب‌های جسمی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی – ریختن گریس و روغن در سطح-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی-عدم نظافت به‌موقع	۵	محیط لغزنده کاملاً قابل‌مشاهده است	۱	۳۰
گرمایش لوله در کوره گامی	۷۵-اشعه فرابنفش در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۱-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۵	گرمای بیش‌ازحد لوله	۸	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۴۰۰

	۷۶-گرمای بیش‌ازحد در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۲-استرس گرمایی	۶	-گرمای بیش‌ازحد لوله	۶	استفاده از پیرومتر- دمای بالای شمش قابل احساس است	۱	۳۶
	۷۷-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۳-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۴	ورود لوله‌ها روی غلطک‌های آهنی و جابجایی آن در کوره	۸	به‌صورت شنیداری احساس می‌شود	۱	۳۲
	۷۸-انتشار بخارات حاصله در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۴-آسیب‌های تنفسی	۳	بخارات فلزی	۶	کمی در هوا مشاهده می‌شود	۷	۱۲۶
	۷۹-الکتریسیته در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۵-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۲	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۹۸
	۸۰-قطعات داغ وآب جوش در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۶-سوختگی -آسیب‌های پوستی	۶	استفاده از آب جهت خنک کاری	۲	کنترلی ندارد	۹	۱۰۸
تعمیرات نسوز کوره گامی	۸۱-گردوغبار مواد نسوز در کوره گامی	۹۷-آسیب‌های تنفسی	۷	مواد نسوز و آجرهای نسوز گردوغبار دارد	۲	آجرنسوز و پشم‌شیشه قابل روئیت است	۷	۹۸
	۸۲-سقوط ابزار روی اپراتور تعمیرات کوره گامی	۹۸-شکستگی و جراحت	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی ندارد	۹	۱۰۸

ست آپ سایزینگ	۸۳-سقوط قطعات روی انسان هنگام ست آپ سایزینگ	۹۹-قطع عضو	۹	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۳	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۷۰
		۱۰۰-فوت	۱۰		۳		۱۰	۳۰۰
سایزینگ pm	۸۴-سقوط اپراتور pm سایزینگ	۱۰۱-شکستگی و جراحت	۷	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۳	کنترلی وجود ندارد	۶	۱۲۶
	۸۵-انتشار گاز در pm سایزینگ	۱۰۲-آسیب‌های پوستی	۳	روغن وگریس- عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۳	محیط لغزنده قابل‌مشاهده است	۱	۹
	۸۶-سرخوردن pm سایزینگ	۱۰۳-آسیب‌های جسمی	۶		۵		۱	۳۰
	۸۷-الکتریسیته	۱۰۴-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷
بستر خنک	۸۸-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در بستر خنک‌کننده	۱۰۵-آسیب‌های شنوایی	۶	-جابجایی لوله روی بستر	۶	به‌صورت شنیداری قابل‌درک است	۱	۳۶
	۸۹-الکتریسیته در فرایند بستر خنک‌کننده	۱۰۶-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۲	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۹۸
تاب گیر	۹۰-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند تابگیر	۱۰۷-آسیب‌های شنوایی	۶	برخورد لوله با غلطکهای تابگیر	۹	به‌صورت شنیداری	۱	۵۴
	۹۱-الکتریسیته در تابگیر	۱۰۸-برق‌گرفتگی	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷

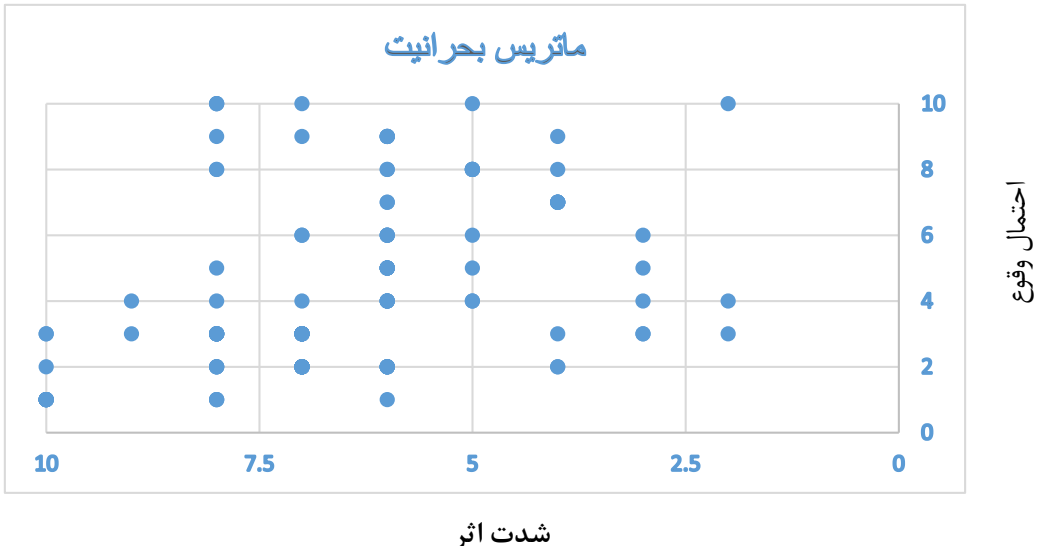
تست تاپ و تعمیرات تابگیر	۹۲-سقوط قطعات روی انسان هنگام تعمیرات تابگیر	۱۰۹-شکستگی و جراحت	۶	ماهیت دستگاه‌ها که خیلی سنگین هستن-عدم رعایت اصول ایمنی	۲		۹	۱۰۸
		۱۱۰-قطع عضو	۸		۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۴۴
		۱۱۱-فوت	۱۰		۲		۹	۱۸۰
	۹۳-تماس پوستی یا انتشار گاز... هنگام تعمیرات تابگیر	۱۱۲-آسیب‌های پوستی	۴	گریس و روغن- عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۳	محیط لغزنده قابل‌مشاهده است	۱	۱۲
	۹۴-سرخوردن هنگام تعمیرات تابگیر	۱۱۳-آسیب‌های جسمی	۶		۵		۱	۳۰
تست مغناطیسی	۹۵-امواج مغناطیسی در تست مغناطیسی	۱۱۴-تأثیر بر بدن	۸	انتشار میدان مغناطیسی در داخل لوله	۳		۱۰	۲۴۰
	۹۶-الکتریسیته در تست مغناطیسی	۱۱۵-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۲	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۹۸
کنترل ابعادی هدایت و بازدید	۹۷-ایستاده بودن طولانی‌مدت اپراتور (یادداشت‌برداری توسط اپراتور) در کنترل ابعادی	۱۱۶-آسیب‌های جسمی -ارگونومی	۵	ماهیت کار – تعداد ساعات طولانی برای انجام وظیفه	۵	-	۳	۷۵
	۹۸-سروصدای بیشتر از استاندارد در کنترل ابعادی	۱۱۷-آسیب‌های شنوایی	۸	برخورد لوله‌ها با یکدیگر و بستر	۸	به‌صورت شنیدری	۱	۶۴
	۹۹-گردوغبار در کنترل ابعادی	۱۱۸-آسیب‌های تنفسی	۶	گردوغبار موجود در محیط (سنگ‌زنی داخل لوله‌ها)	۷	قابل‌مشاهده است	۳	۱۲۶

	۱۰۰-سقوط اپراتور	۱۱۹-شکستگی و جراحت	۶	ارتفاع بستر کنترلی (اپراتور لوله را شماره‌گذاری می‌کند)	۴	کنترلی وجود ندارد	۹	۲۱۶
	۱۰۱-گرما و سرمای زیاد در فصول مختلف در کنترل ابعادی	۱۲۰-استرس گرمایی -سرما خوردن	۲	عدم وجود وسایل گرمایشی و سرمایشی به خاطر بزرگ بودن سالن	۴	به‌صورت حسی ملموس هست	۱	۸
	۱۰۲-الکتریسیته در کنترل ابعادی	۱۲۱-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷
سنگ‌زنی	۱۰۳-گرما و سرمای زیاد در فصول مختلف در سالن	۱۲۲-استرس گرمایی -سرما خوردن	۲	عدم وجود وسایل مناسب گرمایشی و سرمایشی به خاطر بزرگ بودن سالن	۴	به‌صورت حسی ملموس هست	۱	۸
	۱۰۴-گردوغبار در فرآیند سنگ‌زنی	۱۲۳-آسیب‌های تنفسی	۶	سنگ‌زنی داخل لوله	۹	کمی قابل‌مشاهده است	۱	۵۴
	۱۰۵-الکتریسیته	۱۲۴-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷
انتقال لوله از خط‌نورد به انبار	۱۰۶-سروصدای بیشتر از حد استاندارد در هنگام انتقال لوله	۱۲۵-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۸	برخورد لوله بایکدیگر	۸	به صورت شنیداری	۱	۶۴
	۱۰۷-سرپاایستادن (بستن لوله‌ها به قلاب جرثقیل برای انتقال)	۱۲۶-خطرات ارگونومی -جراحت و شکستگی	۷	بخاطر ماهیت کار باید تمام مدت انجام‌وظیفه اپراتور سرپا باشد	۶	-	۳	۱۲۶

ورودی خط کیسینگ	۱۰۸-سقوط لوله هنگام انتقال لوله از خط‌نورد به انبار توسط (جرثقیل)	۱۲۷-شکستگی و جراحت	۸	-پارگی سیم بکسل، جدا شدن قلاب-عدم تعمیرات بموقع-عدم رعایت اصول ایمنی	۴		۱۰	۳۲۰
		۱۲۸-قطع عضو	۹		۴	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۳۶۰
		۱۲۹-فوت	۱۰		۳		۱۰	۳۰۰
	۱۰۹-الکتریسیته در فرآیند انتقال لوله	۱۳۰-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷
	۱۱۰-گردوغبار	۱۳۱-آسیب‌های تنفسی	۶	عدم تهویه گردوغبار سنگ‌زنی ناشی	۶	قابل روئیت هست	۱	۳۶

۳-۷- ۲- تکنیک آنالیز بحرانیت حالات شکست و اثرات آن (FMECA)

در این تحقیق از داده‌های به‌دست‌آمده از تکنیک FMEA برای رسم ماتریس بحرانیت تکنیک FMECA استفاده گردید. درواقع برای رسم ماتریس بحرانیت به دو آیتم شدت اثر و احتمال وقوع نیاز است که با استفاده از تکنیک FMEA به‌دست‌آمده است. رسم ماتریس بحرانیت به این صورت هست که احتمال وقوع روی محور Y (عمودی) قرار می‌گیرد. شدت اثر روی محور X قرار می‌گیرد. سپس با نقطه‌یابی میزان شدت و احتمال وقوع، بحرانیت آیتم‌ها مشخص، با توجه به سطح بحرانی بودن در طبقه معین قرار می‌گیرند. ماتریس بحرانیت رسم و با نمودار (۳-۱) نشان داده‌شده است.



شکل۳-۵: ماتریس بحرانیت تکنیک FMECA

۳-۷-۳- تکنیک درخت خطا (FTA)

پس از شناسایی مخاطرات با تکنیک FMEA، علل این مخاطرات بوسیله درخت تصمیم شناسایی و رسم شده است. روش رسم به این صورت است که ابتدا خطرات ایمنی کارکنان به چند دسته اصلی

شـامل خطاهای اپراتور، ایرادات تجهیزات و ابزار کار، ایرادات ناشـی از قطعات نیمه ساخته و محصول، خطرات محیط و شرایط کار تقسیم گردید.

جدول ۳-۲: دسته‌بندی برای رسم مخاطرات درخت تصمیم

دسته	مخاطرات
خطای اپراتور	سرخوردن-سقوط اپراتور-سقوط مواد بر روی اپراتور
ایرادات تجهیزات و ابزار کار	برخورد جرثقیل با انتهای مسـبر- ارتعاش- سـقوط لوله و شـمش- ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی-پرتاپ ضایعات
ایرادات نـاشـی اط قطعـات نیمه ساخته و محصول	پرتاپ پلیسه – قطعات داغ و آب جوش
خطرات محیط و شرایط کار	صدا- بخارات حاصله- گردو غبار- ایستادن طولانی‌مدت-گرما- تشعشعات

۳-۸- جمع‌بندی

در این فصـل مطالعه موردی (شـرکت موردنظر) به‌صـورت اختصـاصـی فرآیند نورد شرکت معرفی کامل گردید. سـپس روش کار تحقیق شرح داده‌شده است به‌این‌ترتیب که در ابتدا روش‌های گردآوری اطلاعات بیان گردید که در این تحقیق گردآوری اطلاعات با روش مصاحبه و پرسشنامه جمع‌آوری‌شده اسـت. در بخش بعـد مراحل کار را بیان کردیم. سـپس چگونگی تکمیل بخش‌های مختلف کاربرگ FMEA گام‌به‌گام شـرح داده در مرحله نهایی تکمیل کاربرگ روش محاسـبه عدد اولویت ریسـک بیان‌شده است. در گام بعدی روش رسم ماتریس بحرانی و درخت خطا تشریح گردیده است.

فصل ٤: تجزیه و تحلیل اطلاعا

۴-۱-مقدمه

همان‌طور که در بخش‌های قبلی بیان شـد برای رتبه‌بندی و ارزیابی مخاطرات ایمنی کارکنان صـنعت تولید لوله انتقال نفت، مخاطرات ایمنی کارکنان خطنورد شرکت لوله گستر موردبررسی قرار گرفت. شـــناخت خطنورد، شـــناســـایی مخاطرات، اثر مخاطرات بر ایمنی کارکنان، علل به وجود آمدن این مخاطرات، تعیین رتبه شـــدت، تعیین رتبه احتمال وقوع، تعیین رتبه تشـــخیص و کنترل‌های طراحی اطلاعاتی اسـت که در این تحقیق به‌وسیله مصاحبه با کارکنان، خبرگان (پرسشنامه) به دست آمد. در این فصـل کلیه داده‌های به‌دسـت‌آمده در جدول FMEA فهرسـت شـده اسـت. هدف ما از این فصـل تحلیل کلیه اطلاعات این جدول هســـت. همچنین ماتریس بحرانیت تکنیک FMECA و درخت خطا نیز رسم و تحلیل می‌گردد.

۴-۲-تحلیل جدول تکنیک FMEA

وجود ریسـک در این واحد به دلیل ماهیت کار امری اجتناب‌ناپذیر است و نمی‌توان آن را به‌طور کامل حذف نمود ولی می‌توان سـیاسـت مناسـبی (فرآیند مدیریت و ارزیابی ریسـک) شامل: مشخص کردن ریسـک و عوامل ارزیابی آن، ارزیابی و تجزیه‌وتحلیل ریسـک، تعیین حداقل ریسـک قابل‌قبول، کاهش مقدار ریسـک تا حد ممکن، اداره کردن و پذیرش میزان ریسک برای کنترل و تعدیل ریسک در مقابل آن اتخاذ نمود.نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه دلالت بر وجود خطرات ناشناخته بسیاری با ریسک بالا هسـت. خطراتی که در صـورت تبدیل‌شـدن به حادثه می‌توانند جان کارکنان را گرفته و به روند تولید خسـارت وارد کنند و صـدمات مادی و معنوی جبران‌ناپذیری را برای مجموعه بر جای بگذارند. مسئله خیلی مهم این اسـت که همیشـه خطراتی که به چشـم نمی‌آیند و یا کوچک انگاشـته می‌شوند بسیار خطرناک و تهدیدکننده هســـتند. چراکه هیچ اقدام کنترلی و پیشـــگیرانه در خصـــوص آن‌ها صـــورت نمی‌گیرد و درنهـایـت روزی منجر به بروز حادثه می‌شـــوند.نکته قابل‌توجه دیگر این اســـت که اغلب خطرات شـناسـایی‌شـده در حالی سیستم را تهدید می‌کند که امکان حذف یا کنترل آن‌ها با کمترین

هزینه وجود دارد. درحالی‌که عدم توجه به حوادث ناشی از آن‌ها می‌تواند مجموعه را متحمل خسارات هنگفتی شود.برای ارزیابی خطرات باید محدوده‌ای برای RPN تعیین شود، بدین‌وسیله RPN های اولویت‌دار که در محدوده تعیین‌شده قرار گیرد باید اقدامات متناسب با هر سطح انجام شود. بعد از ذکر دسته‌بندی RPN های مختلف محدوده مناسب با خطرات این تحقیق از جدول (۴-۱) انتخاب‌شده است.

جدول ۴-۱: تعیین حد RPN در مقالات مختلف

نویسنده و سال تحقیق	اولویت‌بندی ریسک‌های موجود		
محمدیان و همکاران، ۱۳۹۳	قابل‌قبول		RPN<۳۰۰
	غیرقابل‌قبول		RPN> ۳۰۰
حیدری و همکاران،۱۳۸۵	اهمیت ریسک	اولویت کنترل	محدوده RPN
	قابل‌تحمل	اولویت ۵	۵۰ >
	کم‌اهمیت	اولویت ۴	۵۰-۱۰۰
	متوسط	اولویت ۳	۱۰۰-۱۵۰
	مهم	اولویت ۲	۱۵۰-۲۰۰
	بسیار مهم	اولویت ۱	۲۰۰ <
جوزی و همکاران، ۱۳۹۳	قابل‌قبول		RPN < ۸۲
	شرایط غیرطبیعی در حد متوسط		۲۵۹/۴ > RPN >۸۲
	غیرقابل‌قبول		۲۵۹/۴ < RPN
دهقان و همکار، ۱۳۹۶	نمره ریسک	میزان ریسک	
	۱-۱۸	خیلی کم	
	۱۹-۷۵	کم	قابل‌قبول (اقدام متناسب با سطح ریسک)
	۲۲۳-۷۶	متوسط	
	۲۲۴-۳۸۴	زیاد	غیرقابل‌قبول
	۳۸۵-۱۰۰۰	خیلی زیاد	
علی محمدی و همکار، ۱۳۹۲	سطح ۱: سطح عادی		RPN< ۷۰
	سطح ۲: سطح نیمه بحرانی		۱۴۰< RPN < ۷۰
	سطح ۳: سطح بحرانی		RPN > ۱۴۰

در این تحقیق خطراتی که پیامدهای جبرانان ناپذیری در پی داشته است و جز آیتم‌های مهم موردمطالعه بوده و با استفاده از تکنیک FMECA نیز این نتیجه به‌دست‌آمده است. نتایج به‌دست‌آمده نزدیک به محدوده مقاله علی محمدی و همکارش است بنابراین در این تحقیق سطح بحرانی را بالای RPN > ۱۴۰ و نیمه بحرانی ۱۴۰< RPN < ۷۰ در نظر گرفته‌شده است.

نتایج جمع‌آوری‌شـده با اسـتفاده از تکنیک FMEA، شـامل مخاطرات، اثرات و شـدت پیامد، احتمال وقوع، تشـخیص، عدد اولویت ریسک، سطح بحران برای اولویت‌بندی مخاطرات و سایر موارد در جدول (۴-۲) ارائه‌شـده اسـت. در این مطالعه تعداد ۱۷ عملکرد و همچنین سـت‌آپ عملکردهای خط‌نورد در ستون اول فهرست گردیده است.

جدول ۴-۲: تعیین سطح مخاطرات با RPN								
عملکردها (فعالیت)	**خطر بالقوه**	**اثر خطر بالقوه**	**S**	**علل بالقوه خطا**	**O**	**کنترل‌های طراحی**	**D**	**RPN**	**سطح اقدام ا از منظر FMEA**
جابجایی شمش با جرثقیل سقفی	۱-ارتعاشات زیاد داخل کابین جرثقیل سقفی در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱-آسیب‌های جسمی (مشکلات اسکلتی عضلانی – عصبی دست)	۳	عدم روغن‌کاری به‌موقع ریل‌ها-عدم معاینه فنی به‌موقع دستگاه‌ها-عدم تعمیرات پیشگیرانه (PM)-عدم سفت کردن اجزا دستگاه‌ها، پیچ و مهره‌ها-اتصال نامناسب دستگاه در مکانشان (ثابت نبودن دستگاه‌ها)	۵	به‌صورت حسی و چشمی ملموس است	۲	۳۰	سطح ۱
	۲-گرما و سرمای زیاد داخل کابین جرثقیل در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۲-آسیب‌های جسمی	۲	عملکرد ضعیف سیستم گرمایش و سرمایش سالن-ایزوله نبودن فضای داخل کابین	۳	به‌صورت حسی ملموس هست	۱	۶	سطح ۱

	۳-سروصدای زیاد حرکت جرثقیل روی ریل و به هم خوردن شمش‌ها	۵	۳-آسیب‌های شنوایی	۶	خرابی و استاندار نبودن ریل‌های جرثقیل - عدم انجام تعمیرات PM به‌موقع	۱	-به‌صورت شنیداری -اندازه‌گیری سالیانه با دوزی متری	۳۰	سطح ۱
جابجایی شمش با جرثقیل سقفی	۴-انتشار گردوغبار ناشی از مواد و بخارات حاصله در محیط سالن جرثقیل سقفی	۲	۴-آسیب‌های تنفسی -آسیب‌های چشمی	۲	مواد و بخارات حاصله در محیط و عدم تهویه آن	۸	کمی قابل‌مشاهده است	۳۲	سطح ۱
	۵-افتادن شمش از مگنت جرثقیل در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱۰	۵-فوت	۱	قطع برق	۱۰	-	۱۰۰	سطح ۲
		۸	۶-آسیب‌های جسمی	۱	قطع برق	۱۰	-	۸۰	سطح ۲
	۶-سقوط از ارتفاع (سقوط اپراتور در سطح هم‌تراز) در فرآیند جابجایی شمش	۶	۷-آسیب‌های جسمی	۲	سقوط از ارتفاع با توجه به ماهیت کار جرثقیل-عدم حفاظ کشی و نرده کشی مسیر تردد-عدم آموزش و آگاهی	۷	مشاهدات چشمی محیط کار	۸۴	سطح ۲

	۷-سقوط از ارتفاع در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۸-شکستگی- ضرب دیدگی -دررفتگی - کوفتگی	۸	عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی در حین کار -عدم آموزش و آگاهی- عدم نصب تجهیزات ایمنی- عدم استفاده از تابلوهای راهنما- عدم وجود نردبان استاندارد-عدم ایجاد محل نصب وسایل حفاظت فردی کار	۲	با بازرسی و دیدن قابل روئیت است	۷	۱۱۲	سطح ۲
		۹-فوت	۱۰		۱		۷	۷۰	سطح ۲
	۸-برخورد جرثقیل با موانع انتهای مسیر در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱۰-آسیب و جراحت	۳	درست عمل نکردن تجهیزات جرثقیل (ترمز)-عدم تعمیرات بهموقع PM	۴	-	۳	۳۶	سطح ۱
جابجایی شمش با جرثقیل سقفی	۹-خطرالکترسیته در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱۱- برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها-عایق نبودن کابل‌ها- برق گرفتگی در اثر استفاده از سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
	۱۰-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی حمل روغن	۱۲-جراحت شدید (قطع عضو)	۸	فشار زیاد روغن-فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸	سطح ۳

	در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱۳-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷	سطح ۳
برش با اره سرد بر	۱۱-پرتاپ ضایعات در هنگام برش شمش با اره	۱۴-آسیب و جراحت	۶	پروسه برش (عدم استفاده از حفاظ)	۴	با دیدن قابل روئیت است	۲	۴۸	سطح ۱
	۱۲-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد هنگام کار با اره	۱۵-آسیب شنوایی	۵	پروسه برش (برخورد تیغه‌اره با شمش)	۱۰	به‌صورت شنیداری قابل حس است	۱	۵۰	سطح ۱
	۱۳-گردوغبار حاصل از فرآیند اره کاری سرد	۱۶-آسیب‌های تنفسی	۳	برش شمش با از گردوغبار براده ایجاد می‌کند	۳	در هوا کمی قابل‌مشاهده است	۷	۶۳	سطح ۱
	۱۴-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن فرآیند اره کاری سرد	۱۷-جراحت شدید (قطع عضو)	۸	فشار زیاد روغن-فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸	سطح ۳
		۱۸-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷	سطح ۳
	۱۵-خطر الکتریسیته فرآیند اره کاری سرد	۱۹-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها- برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳

ست آپ برش با اره سردبر	۱۶-برخورد تجهیزات و ابزار با اپراتور در Set up برش با اره سردبر	۲۰-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۴	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۴۰	سطح ۳
ست آپ PM در فرآیند برش با اره سرد بر	۱۷-انتشار گاز یا تماس پوستی در فرآیند برش با اره سرد بر	۲۱-بیماری‌های پوستی	۴	ریختن روغن و گریس -نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه-تمیز نکردن به‌موقع سطح	۲	با دیدن قابل روئیت است	۱	۸	سطح ۱
	۱۸-سرخوردن در ست آپ برش با اره سرد بر	۲۲-جراحت و شکستگی	۶	سر بودن کف ناشی از ریختن روغن و گریس (عدم تمیزکاری به‌موقع توسط اپراتور)- نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه-تمیز نکردن به‌موقع	۶	با دیدن قابل روئیت است	۱	۳۶	سطح ۱
شارژ و دشارژ کوره کف گرد	۱۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در شارژ و دشارژ کوره کف گرد	۲۳-آسیب‌های شنوایی	۵	جابجایی شمش و قطعات به‌وسیله ماشین‌آلات (هیدرولیکی) برای شارژ و دشارژ کوره و برخورد شمش‌ها به ابزار آهنی	۸	به‌صورت شنیداری قابل حس و بسیار آزاردهنده است	۱	۴۰	سطح ۱

	۲۰-انتشار اشعه فرابنفش در دشارژ کوره کف گرد	۲۴-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی- سرطان	۵	گرمای استاندارد شمش هنگام شارژ و دشارژ کوره	۸	-	۱۰	۴۰۰	سطح ۳
	۲۱-گرمای بیش‌ازحد فرآیند شارژ و دشارژ کوره کف گرد	۲۵-استرس گرمایی (سوختگی پوست، جوش‌های گرمایی)	۴	-دمای بالای شمش و کوره (پروسه تولید)-عدم تهویه مناسب گرما-عدم خودکارسازی یا مکانیزاسیون فعالیت‌های کاری کارگران	۷	-استفاده از پیرومتر -گرما قابل احساس می‌باشد	۱	۲۸	سطح ۱
	۲۲-انتشار بخارات حاصله (بخارات فلزی) در محیط در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۲۶-آسیب‌های تنفسی	۶	یک سری پوسته‌هایی سطح لوله هست که این پوسته‌ها پوسته‌پوسته می‌شوند و بخار می‌شوند به حالت بخار فلزی درمی‌آیند (ماهیت کار)	۹	در هوا کمی قابل‌مشاهده است	۱	۵۴	سطح ۱
	۲۳-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۲۷-نقص عضو	۸	فشار زیاد روغن-فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸	سطح ۳
		۲۸-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷	سطح ۳

شارژ و دشارژ کوره	۲۴-الکتریسیته در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۲۹-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	بـا دیدن قابل‌مشاهده است (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
	۲۵ - سقوط شمش هنگام انتقال آن از کوره به نوار نقاله	۳۰-شکستگی و جراحت	۸	افت فشار در تجهیزات هیدرولیکی و باز شدن دهانه نقاله و رها شدن شمش	۲	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۱۶۰	سطح ۳
		۳۱-فوت	۱۰		۱		۱۰	۱۰۰	سطح ۲
اجرای pm رولیک‌ها	۲۶-سرخوردن در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۳۲-شکستگی و جراحت	۶	لغزندگی مسیر با توجه به بخارات و گردوغبارهای موجود پروسه تولید - عدم نظافت به‌موقع –عدم نرده‌کشی مسیرهای تردد	۴	لغزندگی مسیرمشهوداست		۲۴	سطح ۱
گرمایش شمش در کوره کف گرد	۲۷-گرمای بیش‌ازحد استاندارد هنگام گرمایش شمش در کوره کف گرد	۳۳-استرس گرمای -حساسیت پوستی	۴	دمای بالای کوره و شمش (ماهیت کار)	۹	گرمای زیاد مشهود است	۱	۳۶	سطح ۱
	۲۸-انتشار اشعه فرابنفش هنگام گرمایش شمش در کوره کف گرد	۳۴-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی- سرطان	۶	دمای بسیار بالای کوره و شمش	۹	-	۱۰	۵۴۰	سطح ۳

گرمایش شمش در کوره کف گرد	۲۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در کوره کف گرد	۳۵-آسیب‌های شنوایی	۶	ماهیت کار و پروسه تولید و قطعات و ماشین‌آلات باعث ایجاد صدا می‌شوند	۹	صدا آزاردهنده مشهود است	۱	۵۴	سطح ۱
	۳۰-انتشار بخارات حاصله (بخارات فلزی) در فرآیند گرمایش کوره	۳۶-آسیب‌های تنفسی	۷	یک سری پوسته روی شمش وجود دارد که با حرارت در کوره آن پوسته‌ها به حالت بخارات فلزی درمی‌آیند	۹	در هوا کمی قابل‌مشاهده است	۱	۶۳	سطح ۱
	۳۱-الکتریسیته در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۳۷-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
	۳۲-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۳۸-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن -فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸	سطح ۳
		۳۹-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷	سطح ۳
تعمیرات نسوز در کوره کف گرد	۳۳-منتشر شدن غبار مواد نسوز هنگام تعمیرات کوره کف گرد	۴۰-آسیب‌های ریوی	۸	آجرنسوز و پشم‌شیشه‌های استفاده‌شده در کوره که غبار ایجاد می‌کند	۵	آجرنسوز و پشم‌شیشه قابل روئیت است	۲	۸۰	سطح ۲

تعمیرات نسوز در کوره کف گرد	۳۴-سقوط مواد و ابزار بر روی اپراتور هنگام تعمیرات کوره کف گرد	۴۱-جراحت و شکستگی	۸	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی-عدم اطمینان قبلی از محکم بودن مواد و ابزار	۲	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۱۶۰	سطح ۳
		۴۲-فوت	۱۰		۱		۱۰	۱۰۰	سطح ۲
	۳۵- سقوط اپراتور هنگام سرکشی به کوره کف گرد جهت تعمیرات یا بازدید دوره‌ای	۴۳-جراحت و شکستگی	۸	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۱	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۸۰	سطح ۲
		۴۴-فوت	۱۰		۱		۱۰	۱۰۰	سطح ۲
پوسته زدایی	۳۶-انتشار گردوغبار در سالن پوسته زدایی	۴۵-آسیب‌های تنفسی -آسیب‌های چشمی	۷	مواد و روغن مورداستفاده در پروسه تولید ایجاد گردوغبار می‌کند- عدم مکانیزه بودن کار-عدم انجام درست تولید	۶	کمی قابل‌مشاهده است	۳	۱۲۶	سطح ۲
	۳۷-گرمای زیاد در پوسته زدایی	۴۶-استرس گرمایی	۶	دمای زیاد شمش و حضور اپراتور در کنار خط برای بازدید چشمی در هنگام پوسته زدایی	۸	دمای بالا مشهود و اندازه گیری با پیرومتر	۱	۴۸	سطح ۱
	۳۸-انتشار اشعه فرابنفش در هنگام پوسته زدایی	۴۷-آسیب‌های بینایی	۶	گرمای بیش‌ازحد استاندارد شمش	۷	کنترلی وجو ندارد	۱۰	۴۲۰	سطح ۳

		-مشکلات پوستی -سرطان							
پوسته زدایی	۳۹-سقوط اپراتور هنگام کنترل چشمی پوسته زدایی	۴۸-جراحت و شکستگی	۶	افتادن به پایین هنگام پوسته زدایی دستی	۱	-	۶	۳۶	سطح ۱
	۴۰-اصابت پلیسه در پوسته زدایی	۴۹-جراحت چشم –آسیب‌های بدن اپراتور	۶	پرتاپ پلیسه داغ در پوسته زدایی پوسته داغ جداشده توسط آب-عدم رعایت اصول ایمنی	۴	پرتاپ پلیسه مشهوداست	۱	۲۴	سطح ۱
	۴۱-الکتریسیته در پوسته زدایی	۵۰-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها- برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	مشاهده چشمی در صورت داشتن دقت کافی	۷	۱۴۷	سطح ۳
	۴۲-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در پوسته زدایی	۵۱-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن -فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸	سطح ۳
		۵۲- بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷	سطح ۳
	۴۳-اشعه فرابنفش در عملیات النگاتور	۵۳-آسیب‌های بینایی	۶	-گرمای بیش‌ازحد شمش (ماهیت کار)	۸	-	۱۰	۴۸۰	سطح ۳

		-مشکلات پوستی- سرطان							
افزایش طول=النگاتور (سوراخ‌کاری شمش)	۴۴-گرمای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند النگاتور	۵۴-استرس گرمایی	۵	-گرمای بیش‌ازحد شمش (طبیعت کار) -فقدان سیستم تهویه و سرمایش مناسب	۸	استفاده از پیرومتر و دمای بالای شمش قابل احساس نیز است	۱	۴۰	سطح ۱
	۴۵-سروصدای بیشتر از استاندارد در فرآیند النگاتور	۵۵-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۷	ماهیت کار و پروسه تولید و ضربه‌های دستگاه	۱۰	به‌صورت شنیداری	۱	۷۰	سطح ۲
	۴۶-انتشار بخارات حاصله در فرآیند النگاتور	۵۶-آسیب‌های تنفسی	۷	روغن و گریس استفاده‌شده در پروسه تولید که با گرمایش شمش بخار تولید می‌کنند	۴	قابل‌رؤیت است	۲	۵۶	سطح ۱
	۴۷-الکتریسیته در فرآیند النگاتور	۵۷-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با دیدن (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
		۵۸-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن	۳		۷	۱۶۸	سطح ۳

	۴۸-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در فرآیند النگاتور	۵۹-بیماری‌های پوستی	۷	-فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۴۷	سطح ۳
pmفرآیند النگاتور	۴۹-سقوط ابزار بر روی اپراتور در اجرای pm فرآیند النگاتور	۶۰-جراحت و شکستگی	۶	-رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۰۸	سطح ۲
		۶۱-فوت	۱۰		۱		۹	۹۰	سطح ۲
PM در فرآیند النگاتور	۵۰- سرخوردن اپراتور فرآیند النگاتور	۶۲-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۵	محیط لغزنده قابل‌مشاهده است	۱	۳۰	سطح ۱
قرار دادن سنبه	۵۱-اشعه فرابنفش در هنگام قرار دادن سنبه	۶۳-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی- سرطان	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۸۰	سطح ۳
	۵۲-گرمای بیش‌ازحد استاندارد در هنگام قرار دادن سنبه	۶۴-استرس گرمایی	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	استفاده از پیرومتر دمای بالای شمش قابل احساس است	۱	۲۸	سطح ۱
	۵۳-سروصدا بیشتر از حد استاندارد هنگام قرار دادن سنبه	۶۵-آسیب‌های شنوایی	۵	ماهیت کار سروصدای زیادی ایجاد می‌کند	۸	به‌صورت شنیداری قابل حس است	۱	۴۰	سطح ۱

	۵۴-بخارات حاصله هنگام قرار دادن سنبه	۶۶-آسیب‌های تنفسی	۸	روغن و گریس استفاده‌شده برای روان کنندگی در پروسه تولید (با گرمایش شمش باعث تولید بخار می‌کند)	۱۰	کمی قابل‌مشاهده است	۱	۸۰	سطح ۲
	۵۵-الکتریسیته هنگام قرار دادن سنبه	۶۷-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی مثال (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
	۵۶-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن هنگام قرار دادن سنبه	۶۸-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن -فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۶۸	سطح ۳
		۶۹-بیماری‌های پوستی	۷		۳		۷	۱۴۷	سطح ۳
ست‌آپ و pm فرآیند سنبه	۵۷-سقوط ابزار بر روی اپراتور	۷۰-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۰۸	سطح ۲
		۷۱-فوت	۱۰		۱		۹	۹۰	سطح ۲
	۵۸-سرخوردن اپراتور در فرآیند قرار دادن سنبه	۷۲-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی –ریختن گریس و روغن -عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۵	محیط لغزنده مشهود است	۱	۳۰	سطح ۱

پیلگر=نوردکاری (تبدیل شل به لوله)	۵۹-اشـــعه فرابنفش در فرایند پیلگر	۷۳-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی - سرطان	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۸۰	سطح ۳
	۶۰-گرمای بیش‌ازحد در فرآیند پیلگر	۷۴-استرس گرمایی	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	انـدازه‌گـیـری بـا پیرومتر	۱	۲۸	سطح ۱
پیلگر=نوردکاری (تبدیل شل به لوله)	۶۱-سروصدای بیش‌ازحد اســـتـانـدارد در فرآیند پیلگر	۷۵-آسیب‌های شنوایی-اختلالات روانی	۸	ماهیت کار ســروصدای زیادی ایجاد می‌کند	۱۰	به صورت شنیداری	۱	۸۰	سطح ۲
	۶۲-انـتـشـــار بخـارات حاصله در فرآیند پیلگر	۷۶-آسیب‌های تنفسی	۸	روغن و گریس اســتفاده‌شـــده در پروسه تولید	۹	بـــــخـــــارات قابل‌مشاهده است	۲	۱۴۴	سطح ۳
	۶۳-سرخوردن در فرآیند پیلگر	۷۷-جراحت و شکستگی	۶	ریختن گریس و روغن وآب-عـدم نظـافـت بموقع-عـدم برطرف کردن نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه	۵	ســـطـح لـغزنـده قابل‌دیدن است	۱	۳۰	سطح ۱
	۶۴-الـکـتریســـیتـه در فرآیند پیلگر	۷۸-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشـــمی (عایق نبودن کابل)	۷	۱۴۷	سطح ۳
		۷۹-نقص عضو	۸	-فشار زیاد روغن	۳		۷	۱۶۸	سطح ۳

	۶۵-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن در فرآیند پیلگر	۸۰-بیماری‌های پوستی	۷	-فرسودگی لوله‌ها و شیلنگ‌ها	۳	برخی گیج‌های فشار وجود دارد	۷	۱۴۷	سطح ۳
ست آپ و اجرای pm در فرآیند پیلگر	۶۶-سقوط ابزار روی اپراتور در pm فرآیند پیلگر	۸۱-جراحت و شکستگی	۸	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۴۴	سطح ۳
	۶۷-سرخوردن در pm فرآیند پیلگر	۸۲-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی –ریختن گریس و روغن-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی-عدم نظافت به‌موقع	۵	محیط لغزنده کاملاً قابل‌مشاهده است	۱	۳۰	سطح ۱
اره گرم بر	۶۸-اشعه فرابنفش در فرآیند اره گرم بر	۸۳-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی- سرطان	۴	گرمای بیش‌ازحد شمش	۷	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۸۰	سطح ۳
	۶۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند اره گرم بر	۸۴-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۸	برش لوله با اره (ماهیت کار) سروصدای زیادی ایجاد می‌کند	۱۰	به‌صورت شنیداری قابل حس و بسیار آزاردهنده است	۱	۸۰	سطح ۲
	۷۰-انتشار بخارات حاصله در فرآیند اره گرم بر	۸۵-آسیب‌های تنفسی	۵	مواد و بخارات حاصله در محیط و عدم تهویه آن در مراحل قبل	۴	کمی در هوا قابل‌مشاهده است	۷	۱۴۰	سطح ۲

	۷۱-گرمای بیش از حد استاندارد در فرآیند اره گرم بر	۸۶-استرس گرمایی	۵	به خاطر داغ بودن لوله	۴	-استفاده از پیرومتر -دمای بالای شمش قابل احساس است	۱	۲۰	سطح ۱
	۷۲-الکتریسیته در فرآیند اره گرم بر	۸۷-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
ست آپ و اجرای PM در فرآیند اره گرم بر	۷۳-سقوط ابزار و اپراتور در ست آپ اره گرم بر	۸۸-جراحت و شکستگی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۰۸	سطح ۲
		۸۹-فوت	۱۰		۱		۹	۹۰	سطح ۲
	۷۴-سرخوردن در ست آپ اره گرم بر	۹۰-آسیب‌های جسمی	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی – ریختن گریس و روغن در سطح-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی-عدم نظافت به‌موقع	۵	محیط لغزنده کاملاً قابل‌مشاهده است	۱	۳۰	سطح ۱

گرمایش لوله در کوره گامی	۷۵-اشـــعه فرابنفش در گرمـایش لولـه در کوره گامی	۹۱-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی- سرطان	۵	گرمای بیش‌ازحد لوله	۸	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۴۰۰	سطح ۳
	۷۶-گرمای بیش‌ازحد در گرمـایش لولـه در کوره گامی	۹۲-استرس گرمایی	۶	-گرمای بیش‌ازحد لوله	۶	اســـتـفـاده از پـیـرومـتر-دمـای بالای شـمش قابل احساس است	۱	۳۶	سطح ۱
	۷۷-سروصدای بیش‌ازحد اســتاندارد گرمایش لوله در کوره گامی	۹۳-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۴	ورود لوله‌ها روی غلطک‌های آهنی و جابجایی آن در کوره	۸	به‌صورت شنیداری احساس می‌شود	۱	۳۲	سطح ۱
	۷۸-انـتشـــار بخـارات حاصـله گرمایش لوله در کوره گامی	۹۴-آسیب‌های تنفسی	۳	بخارات فلزی	۶	کـمـی در هـوا مشاهده می‌شود	۷	۱۲۶	سطح ۲
گرمایش لوله در کوره گامی	۷۹-الـکـتریســیتـه در گرمـایش لولـه در کوره گامی	۹۵-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۲	با بازدید چشـمی (عـایـق نـبـودن کابل‌ها)	۷	۹۸	سطح ۲

	۸۰-قطعات داغ وآب جوش در گرمایش لوله در کوره	۹۶-سوختگی -آسیب‌های پوستی	۶	استفاده از آب جهت خنک کاری	۲	کنترلی ندارد	۹	۱۰۸	سطح ۲
تعمیرات نسوز کوره گامی	۸۱-گردوغبار مواد نسوز در کوره گامی	۹۷-آسیب‌های تنفسی	۷	گردوغبار مواد نسوز و آجرهای نسوز	۲	آجرنسوز و پشم‌شیشه قابل روئیت است	۲	۲۸	سطح ۱
	۸۲-سقوط ابزار روی اپراتور تعمیرات کوره گامی	۹۸-شکستگی و جراحت	۶	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۰۸	سطح ۲
ست آپ سایزینگ	۸۳-سقوط قطعات روی انسان هنگام ست آپ سایزینگ	۹۹-قطع عضو	۹	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور -عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۳	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۷۰	سطح ۳
		۱۰۰-فوت	۱۰		۳		۱۰	۳۰۰	سطح ۳
سایزینگ pm	۸۴-سقوط اپراتور pm سایزینگ	۱۰۱-شکستگی و جراحت	۷	رعایت نکردن اصول ایمنی -عدم آموزش کافی اپراتور-عدم آگاهی از آئین‌نامه‌های ایمنی	۳	کنترلی وجود ندارد	۶	۱۲۶	سطح ۲
سایزینگ pm	۸۵-انتشار گاز در pm سایزینگ	۱۰۲-آسیب‌های پوستی	۳	روغن و گریس- عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۳	محیط لغزنده قابل‌مشاهده است	۱	۹	سطح ۱

	۸۶-سرخوردن pm سایزینگ	۱۰۳-آسیب‌های جسمی	۶	روغن و گریس- عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۵	محیط لغزنده قابل‌مشاهده است	۱	۳۰	سطح ۱
	۸۷-الکتریسیته	۱۰۴-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
بستر خنک کننده	۸۸-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در بستر خنک‌کننده	۱۰۵-آسیب‌های شنوایی	۶	-جابجایی لوله روی بستر	۶	به‌صورت شنیداری قابل‌درک است	۱	۳۶	سطح ۱
	۸۹-الکتریسیته در فرایند بستر خنک‌کننده	۱۰۶-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
تاب‌گیر	۹۰-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند تابگیر	۱۰۷-آسیب‌های شنوایی	۶	برخورد لوله با غلطکهای تابگیر	۹	به‌صورت شنیداری	۱	۵۴	سطح ۱

	۹۱-الکتریسیته در تابگیر	۱۰۸-برق‌گرفتگی	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
ست تاپ و تعمیرات تابگیر	۹۲-سقوط قطعات روی انسان هنگام تعمیرات تاب‌گیر	۱۰۹-شکستگی و جراحت	۶	ماهیت دستگاه‌ها که خیلی سنگین هستن-عدم رعایت اصول ایمنی-عدم آموزش کافی	۲	کنترلی وجود ندارد	۹	۱۰۸	سطح ۲
		۱۱۰-قطع عضو	۸		۲		۹	۱۴۴	سطح ۳
		۱۱۱-فوت	۱۰		۲		۹	۱۸۰	سطح ۳
	۹۳-تماس پوستی یا انتشار گاز هنگام تعمیرات تابگیر	۱۱۲-آسیب‌های پوستی	۴	گریس و روغن- عدم تمیز کردن به‌موقع محیط آلوده به روغن	۳	محیط لغزنده قابل‌مشاهده است	۱	۱۲	سطح ۱
	۹۴-سرخوردن هنگام تعمیرات تابگیر	۱۱۳-آسیب‌های جسمی	۶		۵		۱	۳۰	سطح ۱
تست مغناطیسی	۹۵-امواج مغناطیسی در تست مغناطیسی	۱۱۴-تأثیر بر بدن	۸	انتشار میدان مغناطیسی در داخل لوله	۳	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۲۴۰	سطح ۳
	۹۶-الکتریسیته در تست مغناطیسی	۱۱۵-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳

	۹۷-ایستاده بودن طولانی‌مدت اپراتور (یادداشت‌برداری توسط اپراتور) در کنترل ابعادی	۵	۱۱۶-آسیب‌های جسمی-ارگونومی	۵	ماهیت کار	-	۳	۷۵	سطح ۲
کنترل ابعادی هدایت و بازدید	۹۸-سروصدای بیشتر از حد استاندارد در کنترل ابعادی	۸	۱۱۷-آسیب‌های شنوایی	۸	برخورد لوله‌ها با یکدیگر و بستر	به‌صورت شنیداری، صدای بسیار آزاردهنده دارد	۱	۶۴	سطح ۱
	۹۹-گردوغبار در کنترل ابعادی	۶	۱۱۸-آسیب‌های تنفسی	۷	گردوغبار موجود در محیط (سنگ‌زنی داخل لوله‌ها)	در محیط قابل‌مشاهده است	۳	۱۲۶	سطح ۲
	۱۰۰-سقوط اپراتور در کنترل ابعادی	۶	۱۱۹-شکستگی و جراحت	۴	ارتفاع بستر کنترلی (اپراتور لوله را شماره‌گذاری می‌کند)	کنترلی وجود ندارد	۹	۲۱۶	سطح ۳
	۱۰۱-گرما و سرمای زیاد در فصول مختلف در کنترل ابعادی	۲	۱۲۰-استرس گرمایی -سرما خوردن	۴	عدم وجود وسایل گرمایشی و سرمایشی به خاطر بزرگ بودن سالن	به‌صورت حسی ملموس هست	۱	۸	سطح ۱
	۱۰۲-الکتریسیته در کنترل ابعادی	۷	۱۲۱-برق‌گرفتگی اپراتور	۳	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها -برق‌گرفتگی در اثر سیم معیوب	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳

سنگ‌زنی	۱۰۳-گرما و سرمای زیاد در فصول مختلف در سالن سنگ‌زنی	۱۲۲-استرس گرمایی -سرما خوردن	۲	عدم وجود وسایل مناسب گرمایشی و سرمایشی به خاطر بزرگ بودن سالن	۴	به‌صورت حسی ملموس هست	۱	۸	سطح ۱
	۱۰۴-گردوغبار در فرآیند سنگ‌زنی	۱۲۳-آسیب‌های تنفسی	۶	سنگ‌زنی داخل لوله	۹	کمی قابل‌مشاهده است	۱	۵۴	سطح ۱
	۱۰۵-الکتریسیته	۱۲۴-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	-پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها-برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
انتقال لوله از خط‌نورد به انبار ورودی خط کیسینگ	۱۰۶-سروصدای بیشتر از حد استاندارد در هنگام انتقال لوله	۱۲۵-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۸	برخورد لوله با یکدیگر	۸	به‌صورت شنیداری	۱	۶۴	سطح ۱
انتقال لوله از خط‌نورد به انبار ورودی خط کیسینگ	۱۰۷-سرپا ایستادن (بستن لوله‌ها به قلاب جرثقیل برای انتقال لوله)	۱۲۶-خطرات ارگونومی-جراحت و شکستگی	۷	به خاطر ماهیت کار باید تمام مدت انجام‌وظیفه اپراتور سرپا باشد	۶	-	۳	۱۲۶	سطح ۲
		۱۲۷-شکستگی و جراحت	۸		۴	کنترلی وجود ندارد	۱۰	۳۲۰	سطح ۳

	۱۰۸-سقوط لوله هنگام انتقال لوله از خط نورد به انبار توسط (جرثقیل)	۱۲۸-قطع عضو	۹	-پارگی سیم بکسل، جدا شدن قلاب-عدم تعمیرات بموقع-عدم رعایت اصول ایمنی	۴		۱۰	۳۶۰	سطح ۳
		۱۲۹-فوت	۱۰		۳		۱۰	۳۰۰	سطح ۳
	۱۰۹-الکتریسیته در فرآیند انتقال لوله	۱۳۰-برق‌گرفتگی اپراتور	۷	پارگی کابل‌ها -عایق نبودن کابل‌ها- برق گرفتگی در اثر سیم معیوب	۳	با بازدید چشمی (عایق نبودن کابل‌ها)	۷	۱۴۷	سطح ۳
	۱۱۰-گردوغبار در فرآیند انتقال لوله	۱۳۱-آسیب‌های تنفسی	۶	عدم تهویه گردوغبار سنگ‌زنی ناشی	۶	قابل روئیت هست	۱	۳۶	سطح ۱

همان‌طور که در جدول (۴-۲) مشـــاهده شـــد تعداد ۱۱۰ مخاطرات بالقوه و ۱۳۱ اثر این مخاطرات بر ایمنی کارکنان (هر مخاطره ممکن اسـت چندین اثر داشته باشد) و علل رخ دادن هر یک از مخاطرات و وسـیله تشـخیص مخاطرات خطنورد شـناسـایی، فهرسـت گردیده اسـت. از میان حالات شـکسـت شـناسـایی‌شـده ۵۲ اثر حالت شکست در سطح ۳ یعنی سطح بحرانی بوده که باید برای انجام اقدامات اصـلاحی در اولویت قرار گیرند. حدود ۳۱ اثر حالت شکست در سطح نیمه بحرانی (سطح ۲) و ۴۸ اثر حالت شکست نیز در سطح عادی (سطح ۱) قرار گرفت.

طبق مشـاهدات جدول بیش‌ترین RPN برابر ۵۴۰ و کم‌ترین آن ۶ به‌دسـت‌آمده اسـت. درواقع در این تحقیق مقادیر RPN محدوده (۵۴۰-۶) را به خود اختصاص داده است.

خطر انتشـار اشـعه فرابنفش که باعث آسـیب‌های بینایی، مشـکلات پوسـتی و سرطان می‌شود دارای بالاترینRPN و در مقابل گرما و سرمای زیاد داخل کابین جرثقیل دارای کمترین RPN هست.

همان‌طور که در جدول (۴-۲) مشـــاهده می‌شـــود، در بین خطرها و با توجه به حد RPN تعیین‌شـــده ریسک‌هایی شامل انتشار اشعه فرابنفش، انتشار بخارات حاصله (بخارات فلزی)، منتشر شدن غبار مواد نسـوز، خطر سقوط از ارتفاع اپراتور، افتادن شمش، خطر الکتریسیته، ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی حمل روغن، سـقوط مواد و ابزار بر روی اپراتور، سـقوط قطعات سـنگین بر روی اپراتور، سقوط اپراتور، سقوط لوله بر روی اپراتور، امواج مغناطیسی، ایستادن مداوم اپراتور عدد اولویت ریسک بالایی رادارند و جزء ریسـک‌های غیرقابل‌قبول به‌حسـاب آمده که می‌بایسـت اقدامات لازم برای کاهش این ریسـک‌ها انجام شود.

۴-۳- بررسی مخاطرات سطح (۲و۳)

۴-۳-۱- خطر انتشار اشعه فرابنفش

آن‌طور که نتایج نشان می‌دهد مهم‌ترین آیتم در بخش‌های مختلف فرآیند اشعه فرابنفش است.

متأسـفانه تشعشعات ازجمله عوامل زیان‌آوری هستند که وقتی در یک محیط کاری به وجود می‌آیند، توسـط حواس پنج‌گانه انسان، قابل احساس و درک نمی‌باشند و برای این آیتم اقدامی جهت شناسایی وجود ندارد. همچنین اقدامی جهت کاهش احتمال وقوع وجود ندارد. بیشتر اقدامات معرفی‌شده از نوع کاهش شدت است. به‌طورکلی مخاطره ناشی از اشعه فرابنفش قبل و بعد از اقدامات اصلاحی خطرناک است.

۴-۳-۲- خطر سقوط لوله

خطر سـقوط لوله مخاطره‌ای اسـت که هنگام انتقال محصـول نهایی خط نورد به انبار توسـط جرثقیل ممکن اسـت اتفاق بیافتد و پیامدهای جبران‌ناپذیری مانند شکستگی و جراحت، قطع عضو، فوت درپی خواهد داشـت. در حال حاضـر روشی برای تشخیص این خطر وجود ندارد. با انجام اقدامات پیشنهادی احتمـال وقوع کـاهش خواهـد یـافت ولی تاثیری چندانی بر شـــدت پیامد نخواد داشـــت. از اقدامات پیشـــنهادی اینکه تعمیرات پیشـگیرانه روزانه دسـتگاه‌های هیدرولیکی و جرثقیل حمل لوله در انتهای خط نورد انجام شود. بدین وسیله خطر احتمال سقوط لوله کاهش یابد.

۴-۳-۳- برخورد تجهیزات و ابزار بـــه اپراتور هنگام تعمیرات و تعویض قطعات

انجام بیشتر کارهای فنی همراه با خطرات و حوادث است ولی اگر نکات ایمنی و بهداشتی رعایت شود، می‌توان حوادث و خطرات را کاهش و حتی آن‌ها را نزدیک به صـــفر کرد. یکی از راه‌کارهای جلوگیری از حوادث اسـتفاده از وسایل حفاظت فردی است برخی از این وسایل عبارت‌اند از: دستکش کار، کفش ایمنی، لباس کار، عینک ایمنی، کلاه ایمنی و غیره. در این مخاطره هیچ اقدامی برای تشـخیص وجود ندارد. با رعایت اصول ایمنی و دیگر اقدامات امکان کاهش احتمال وقوع و شدت وجود دارد.

۴-۳-۴- سقوط از ارتفاع اپراتور

امروزه کار در ارتفاع ازجمله فعالیت‌هایی است که در محیط‌های کاری مختلف به‌صورت روزمره و برای انجام برنامه‌های تعمیرات و نگهداری انجام می‌شود. شرایط خاص کار در ارتفاع آن را به فعالیتی که حوادث احتمالی در بر خواهد داشت تبدیل نموده است. در این واحد کار در ارتفاع در بخش‌های تعمیرات کوره، کابین جرثقیل، کنترل ابعادی وجود دارد. چاره‌ای جزء کار در ارتفاع نیست ولی خطراتش جبران‌ناپذیر و اکثراً منجر به شکستگی و جراحت، نقص عضو و فوت می‌شود؛ بنابراین باید توجه خاصی به این آیتم شود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد جلوی شدت را نمی‌توان گرفت، ولی احتمال وقوع را می‌توان کاهش داد.

۴-۳-۵- خطر الکتریسیته

با توجه به کاربرد گسترده برق، در زندگی امروز، تنها راه ایمن ماندن در برابر خطر الکتریسیته، شناخت این انرژی و مهار کردن آن است. عبور برق از بدن اثراتی مانند تولید حرارت، صدمات ناشی از سقوط، صدمه به کلیه‌ها، سیستم اعصاب و قلب و غیره در بر خواهد داشت. اقداماتی مانند عایق‌کاری کامل (عایق دوبله عایق تقویت‌شده)، ایزولاسیون ایمن، کشیدن حصار، استفاده از کابل‌های سالم و بدون عیب، مقابل تابلوی برقی از زیر پایی عایق فرشی و غیره انجام گردد. فیوزها و قطع کننده‌های مدار در محلی قرار داده شوند که کارگران به خاطر آن‌ها دچار سوختگی و سایر صدمات نشوند. با انجام اقدامات پیشنهادی احتمال وقوع کاهش خواهد یافت. با انجام بازدیدهای دوره‌ای قدرت تشخیص به‌صورت چشمی افزایش خواهد یافت ولی وسیله قوی برای تشخیص نخواهد بود.

۴-۳-۶- خطر ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی

دستگاه‌ها و ماشین‌آلات هیدرولیک به دلیل مصارف زیاد و کاربردهای گسترده‌شان در صنعت مدرن امروزه از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند. به اثبات رسیده است که تکنولوژی هیدرولیک انقلابی در صنعت به وجود آورده است؛ باید خاطرنشان کرد که در صورت استفاده ناصحیح بسیار خطرآفرین

است. صدمات انسانی جدی هم از طرف دستگاه هیدرولیک و هم روغن آن‌که بعضی از محتویات آن را مواد شـیمیایی خطرناک تشکیل می‌دهند دیده می‌شود. ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی حمل روغن مخاطره‌ای اسـت که در این واحد از فرآیند جابجایی شـمش با جرثقیل تا فرایند پیلگر ایمنی کارکنان را تهدید می‌کند. شـدیداً توصـیه می‌گردد که به‌طور منظم شیلنگ‌ها و دستگاه‌های هیدرولیک کنترل نموده تا از نشت نکردن و سالم بودن دستگاه اطمینان حاصل شود. رایج‌ترین دلیلی که باعث درست‌کار نکردن شـیلنگ می‌شـود صـدمات خارجی اسـت که به آن وارد می‌شـود، مانند کشـیدن بیش‌ازحد، خوردگی زیاد، له شـدن و غیره. می‌توان با انجام اقدامات لازم احتمال وقوع این رویداد و شـدت اثر آن کاهش داده شود.

۴-۳-۷- خطر افتادن شمش

مخاطره سـقوط شـمش از مگنت جرثقیل در صـورت وقوع، پیامد فوت و آسـیب‌های جسـمی در پی خواهد داشـت. اسـتفاده از باطری ذخیره در جرثقیل احتمال وقوع این خطر را کاهش خواهد داد. با رعایت اصـول ایمنی و استفاده از وسایل حفاظت فردی شدت این خطر نیز ممکن است کاهش یابد. از جمله موارد ایمنی که در این مرحله توسـط راننده جرثقیل باید انجام شـود این اسـت که شمش‌ها از بالای سـر اپراتور خط نگهدار عبور داده نشـود. همچنین بازدیدهای روزانه برای اتصـالات برق باعث می‌شـود احتمال تشـخیص آن افزایش یابد. توصـیه می‌شـود از باطری ذخیره در این دستگاه استفاده گردد.

۴-۳-۸- انتشار بخارات حاصله

انتشـار بخارات از مخاطراتی است که هنگام حرارت شمش در کوره رخ می‌دهد. شمش‌ها اگر از جنس مرغوب نباشـند بعد از حرارت یک‌لایه از آن جدا و بخار می‌شـود. اگر شـمش از جنس مرغوب باشد و مراحل حرارتی به‌درستی انجام شود از انتشار بخارات کاسته خواهد شد. همچنین در فرآیند قرار دادن سنبه و پیلگر نیز از مواد روان‌کننده مانند روغن استفاده می‌شود باعث ایجاد بخارات می‌گردد. اگر این

بخارات به‌درستی تهویه نگردد به دیگر سالن‌ها سرایت خواهد کرد اما غلظت آن کم‌تر خواهد بود. به‌وسیله حواس پنج‌گانه می‌توان بخارات را تشخیص داده شود. اگر اقدامات اصلاحی انجام شود شدت و احتمال وقوع کاهش خواهد یافت.

۴-۳-۹- زیان‌های ناشی از ایستاده بودن طولانی‌مدت اپراتور

برای انجام‌وظیفه اپراتور مجبور به ایستادن در مدت طولانی (تمام‌وقت انجام‌وظیفه) هست. ایستادن طولانی‌مدت باعث بیماری اسکلتی-عضلانی (درد در ناحیه مچ دست، زانودرد، درد در ناحیه پا، واریس پا و غیره) اپراتور می‌شود. این مخاطره هنگام بستن لوله به قلاب جرثقیل، آزمودن و تعمیر عیوب لوله‌ها، کنترل ابعادی لوله ایمنی کارگران را تهدید می‌کند. با انجام اقداماتی چون در نظر گرفتن استراحت‌های بین کاری، گردشی کردن کار بین افراد، شدت و احتمال وقوع را کاهش داده می‌شود.

۴-۳-۱۰- خطر منتشر شدن غبار مواد نسوز

آجرنسوز از خاک‌های چینی و نسوز تولیدشده و در برابر حرارت بالا مقاومت بالایی دارد. مهم‌ترین ویژگی آجرهای نسوز مقاومت بالای آن در برابر حرارت باعث شده است که از این متریال به‌عنوان پوشش درونی کوره‌های صنعتی استفاده‌شده است. ترک خوردن آجرها و ریزش آن‌ها نیاز به تعمیرات دارد به این دلیل باید تکنسین تعمیرات لازم را انجام دهد. گردوغبار حاصل از پشم‌شیشه و آجرنسوز بکار برده شده در جداره داخلی کوره باعث بیماری‌های تنفسی خواهد شد. باید اقدامات اصلاحی لازم انجام شود.

۴-۳-۱۱- امواج مغناطیسی

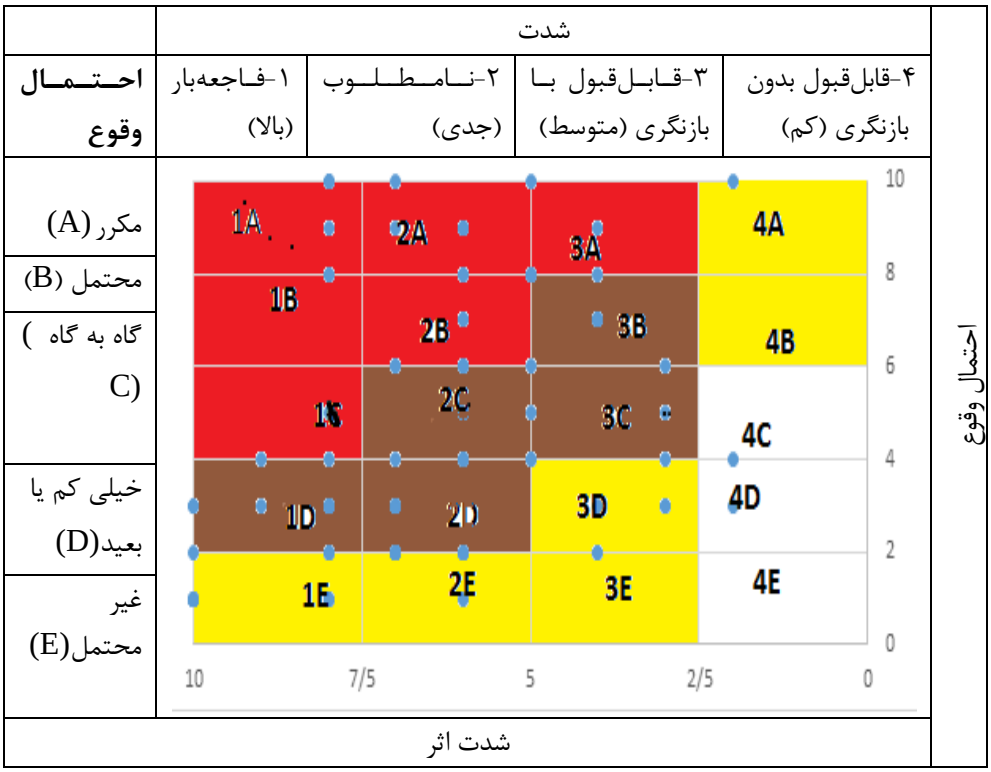
برای تعیین عیب‌های طولی و عرضی، از امواج مغناطیسی استفاده می‌شود؛ که این امواج به اعضای داخلی بدن آسیب می‌رسانند. برای جلوگیری از این پرتوها استفاده از روپوش‌های سربی، دستکش، عینک و پیش‌بندهای مخصوص الزامی هست.

۴-۴- ماتریس بحرانیت FMECA

مخاطراتی مانند سروصدای بیش‌ازحد استاندارد هنگام کار با اره سرد بر، سروصدای بیشتر از استاندارد در فرآیند النگاتور، بخارات حاصله هنگام قرار دادن سنبه، سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند پیلگر، سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند اره گرم برکه اکثراً جزء فرآیند می‌باشند مکرراً تکرار می‌شوند، احتمال وقوع آن‌ها بیشترین رتبه که ۱۰ هست تعلق‌گرفته است. با انجام اقدامات اصلاحی، در صورت ممکن می‌توان این رتبه را کاهش داد.

همان‌گونه که در جدول مشاهده می‌گردد پیامدهای شکست‌هایی که دارای بیشترین رتبه شدت یعنی ۱۰ هست در صورت وقوع حادثه منجر به فوت می‌شود. ازجمله این حوادث افتادن شمش هنگام انتقال آن از کوره به نوار نقاله، ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی، سقوط مواد و ابزار بر روی اپراتور در کوره کف گرد، سقوط اپراتور هنگام سرکشی به کوره جهت تعمیرات یا بازدید دوره‌ای، سقوط ابزار بر روی اپراتور در اجرای PM فرآیند النگاتور، سقوط ابزار روی اپراتور در فرآیند قرار دادن سنبه، سقوط ابزار و اپراتور در ست آپ اره گرم بر، سقوط قطعات روی انسان هنگام ست آپ سایزینگ، سقوط قطعات روی انسان هنگام تعمیرات تابگیر، سقوط لوله هنگام انتقال لوله از خط‌نورد به انبار توسط جرثقیل هست. برای هریک حوادث طرح‌های کنترلی توصیه‌شده است.

با استفاده از داده‌های ستون احتمال وقوع و شدت جدول (۴-۲)، ماتریس بحرانیت رسم و در نمودار (۳-۱) نشان داده‌شده است. سپس در شکل شماره (۴-۱) محدوده طبقه‌بندی آن بارنگ‌های مختلف مشخص‌شده است.



شکل شماره ۴-۱: ماتریس بحرانیت مورداستفاده

تعداد زیادی از نقص‌ها در این تکنیک در چند سطح قرار می‌گیرند. این تعداد نقص‌ها با ویژگی، علت‌ها و اثرات متفاوتی که ممکن است ایجاد کند به علت محدود بودن انتخاب و سطوح معین در یک طبقه قرار می‌گیرند. این بدان معنی است که به طیف وسیعی از نقایص مختلف باید در یک سطح توجه کرد. برای انجام اقدامات اصلاحی نیز باید به همه مخاطرات در یک سطح توجه کرد.

در این روش به‌عنوان نمونه مخاطرات انتشار بخارات حاصله در فرآیند شارژ و دشارژ کوره، انتشار اشعه فرابنفش هنگام گرمایش شمش در کوره کف گرد، ترکیدن شیلنگ هیدرولیکی (اثر فوت)، سروصدای بیش‌ازحد استاندارد و غیره جزء طبقه فاجعه‌بار دسته‌بندی‌شده است.

در این تکنیک سرخوردن اپراتور در فرآیند النگاتور و قرار دادن سنبه که باعث جراحت و شکستگی می‌شود، جزء طبقه نامطلوب جدی قرارگرفته است. مخاطره‌ای مانند سرخوردن اپراتور عدد اولویت ریسک پایین رتبه ۳۰ در تکنیک FMEA به‌دست‌آمده است جزء سطح ۱ است ولی در این تکنیک جزء نامطلوب جدی دسته‌بندی‌شده است.

در این ماتریس بخارات حاصله هنگام قرار دادن سنبه، سروصدای بیش‌ازحد در فرآیند پیلگر، سروصدای بیش‌ازحد در فرآیند اره گرم بر که رتبه شدت ۸ و احتمال وقوع ۱۰ به آن اختصاص‌یافته دارای بیشترین میزان بحرانیت، سطح غیرقابل‌قبول است.

جدول (۴-۳) نیز میزان بحرانیت حالات شکست را در چهار طبقه غیرقابل‌قبول، نامطلوب جدی، قابل‌قبول با بازنگری، قابل‌قبول بدون بازنگری نشان می‌دهد که از شکل (۴-۱) استخراج‌شده است.

جدول ۴-۳: رتبه‌بندی شکست‌ها بر اساس میزان بحرانیت آن‌ها در رویکرد FMECA

طبقه بحرانیت	حالات شکست و آثار آن
طبقه ۱: غیرقابل‌قبول	آسیب شنوایی ناشی از سروصدای بیش‌ازحد استاندارد- جراحت و شکستگی ناشی از سرخوردن در ست آپ برش با اره سرد بر - آسیب‌های بینایی، مشکلات پوستی، سرطان ناشی از انتشار اشعه فرابنفش - استرس گرمایی (سوختگی پوست، جوش‌های گرمایی، ضعف گرمایی، کرامپ گرمایی) ناشی از گرمای بیش‌ازحد- آسیب‌های تنفسی ناشی از انتشار بخارات حاصله (بخارات فلزی) - آسیب‌های ریوی ناشی از منتشر شدن غبار مواد نسوز هنگام تعمیرات کوره کف گرد - آسیب‌های تنفسی و آسیب‌های چشمی ناشی از انتشار گردوغبار- خطرات ارگونومی، جراحت و شکستگی **ناشی از ایستادن طولانی‌مدت** - شکستگی و جراحت و قطع عضو سقوط لوله هنگام انتقال لوله از خط‌نورد به انبار توسط جرثقیل

طبقه بحرانیت	حالات شکست و آثار آن
	تأثیر بر بدن ناشی از امواج مغناطیسی - آسیب‌های جسمی، ارگونومی ناشی از ایستاده بودن طولانی‌مدت اپراتور- آسیب‌های جسمی ناشی از لرزش دستگاه- فوت ناشی از سقوط لوله هنگام انتقال لوله
طبقه ۳: قابل‌قبول با بازنگری	آسیب‌های تنفسی و آسیب‌های چشمی ناشی از انتشار گردوغبار ناشی از مواد و بخارات حاصله در محیط فرآیند جرثقیل سقفی - فوت و آسیب‌های جسمی ناشی از افتادن شمش از مگنت جرثقیل – فوت ناشی از (سقوط از ارتفاع اپراتور و سقوط شمش، هنگام انجام تعمیرات کوره،) - آسیب و جراحت ناشی از برخورد جرثقیل با موانع انتهای مسیر - آسیب‌های تنفسی ناشی از بخارات حاصله موجود در محیط فرآیند اره کاری سرد - بیماری‌های پوستی انتشار گاز یا تماس پوستی در فرآیند برش با اره سرد بر و هنگام تعمیرات تجهیزات–جراحت و شکستگی ناشی از (سقوط شمش و سقوط اپراتور)- استرس گرمایی، سرما خوردن گرما و سرمای زیاد در فصول مختلف در کنترل ابعادی
طبقه ۴: قابل‌قبول	آسیب‌های جسمی در اثر گرما و سرمای زیاد داخل کابین جرثقیل- استرس گرمایی، سرما خوردن گرما و سرمای زیاد در فصول مختلف در سالن سنگ‌زنی-
طبقه ۲: نامطلوب جدی	آسیب‌های جسمی براثر ارتعاشات زیاد داخل کابین جرثقیل سقفی - آسیب‌های شنوایی در اثر سروصدای زیاد حرکت جرثقیل روی ریل و به هم خوردن شمش‌ها– آسیب‌های جسمی در اثر سقوط اپراتور در سطح هم‌تراز- شکستگی، ضرب‌دیدگی، دررفتگی، کوفتگی ناشی از سقوط از ارتفاع- برق‌گرفتگی اپراتور- جراحت شدید (قطع عضو) و بیماری‌های پوستی در اثر ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیک حمل روغن- آسیب و جراحت ناشی از پر تاپ ضایعات- جراحت و شکستگی ناشی از (سقوط شمش، سقوط، سرخوردن اپراتور، سقوط مواد و ابزار بر روی اپراتور هنگام تعمیرات و ست آپ تجهیزات)- آسیب‌های بینایی، مشکلات پوستی، سرطان ناشی از اشعه فرابنفش در هنگام قرار دادن سنبه و فرآیند پیلگر و اره گرم بر- استرس گرمایی ناشی از گرمای بیش‌ازحد استاندارد در هنگام قرار دادن سنبه، در فرآیند پیلگر، در فرآیند اره گرم بر- آسیب‌های تنفسی ناشی از انتشار بخارات حاصله در فرآیند گرم بر، کوره گامی فرآیند النگاتور- سوختگی، آسیب‌های پوستی قطعات داغ وآب جوش در گرمایش لوله در کوره گامی ۳ - آسیب‌های تنفسی گردوغبار مواد نسوز در کوره گامی-قطع عضو و فوت ناشی از سقوط قطعات روی انسان-

مخاطراتی که رتبه هـر دو آیـتم شـدت اثـر و احتمـال وقـوع بـالایی دارنـد، در طبقـه غیرقابـل‌قبول دسته‌بندی‌شـده‌اند. بایـد اقـدامات اصـلاحی لازم بـرای سـطح غیرقابـل‌قبول و نـامطلوب جـدی لحاظ گـردد. در ایـن تکنیـک بـرای هـر طبقـه اقـدامات اصـلاحی تجـویز خواهـد شـد هیچ‌کـدام از مخاطرات هر طبقه بر دیگری ارجحیت ندارد.

نکتـه: بعضـی از مخـاطراتی کـه بـا تکنیـک FMEA جـزء مخـاطرات بحرانـی و نیمـه بحرانـی شـناخته شـدند و بـا اسـتفاده از ایـن تکنیـک نیـز همـان نتـایج به‌دسـت‌آمده اسـت چـون در بـالا توضیح داده شد دوباره تکرار نشده است.

۴-۵- خطرات طبقه (۱و۲)

۴-۵-۱-خطر سروصدای بیش‌ازحد استاندارد

مشـکلات ناشـی از صـدا در فرآیند برش با اره، النگاتور، پیلگر و کوره وجود دارد. بیشـترین صـدا در قسـمت دسـتگاه پیلگرها و کوره هسـت. دلیل وجود صـدا نشـانگر پایین بودن سطح فناوری، عملکرد نامطلوب دسـتگاه‌ها و یا استهلاک آن‌هاست. اثرات ناشی از صدا بر اپراتور آسیب‌های شنوایی و اختلال روانی هسـت. نیاز فوری به انجام اقدامات کنترلی جهت کاهش صـدا احسـاس می‌شـود. اقدام فوری و سـریعی که می‌توان انجام شـود اسـتفاده از گوشـی هسـت. از دیگر اقدامات در صـورت امکان ایجاد تغییراتی در فرآیند تولید، تعویض قطعات و دسـتگاه‌هایی که دچار فرسـودگی شده‌اند و یا به‌طور ذاتی صـدای زیاد تولید می‌کنند، سـرویس و تعمیر به‌موقع دسـتگاه‌ها، نصب کاهش‌دهندهٔ صدا در صورت امکان بر روی تجهیزات و بر روی فن‌هایی که در واحد می‌باشـند و غیره، میزان صدا کاهش داده شود؛ بنابراین با انجام این اقدامات احتمال وقوع و شدت کاهش خواهد یافت.

۴-۵-۲- منتشر شدن گردوغبار

گردوغبار و ذرات حاصل از فعالیت‌هایی مثل برش‌کاری، سنگ‌زنی و رفع عیوب لوله، انتقال لوله و در کنترل ابعادی اگر کنترل نشوند می‌توانند منجر به ناراحتی‌های تنفسی گردند. در صورت انجام اقدامات شدت و احتمال وقوع کاهش خواهد یافت. این مخاطره به‌وسیله حواس پنج‌گانه قابل‌تشخیص هست.

۴-۵-۳- اصابت پلیسه

جداسازی پوسته شمش با آب انجام می‌شود و اپراتور به‌صورت چشمی پوسته زدایی را کنترل می‌کند. احتمال برخورد پلیسه به چشم و دیگر اعضای بدن وجود دارد که با انجام اقداماتی احتمال وقوع و شدت آن کاهش داده خواهد شد.

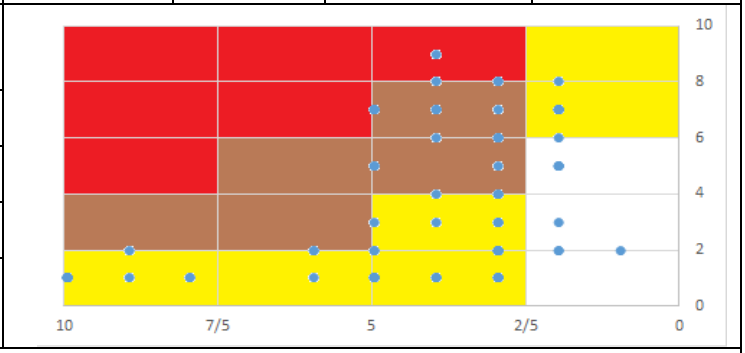
۴-۵-۴- استرس گرمایی

گرمای زیاد در محیط کار باعث بروز خطای انسانی می‌شود و روی عملکرد اپراتور تأثیر مستقیم خواهد گذاشت. اگر اپراتور به‌صورت مداوم در این محیط حضورداشته باشد موجب بیماری‌ها و گرمازدگی می‌شود. با انجام اقدامات پیشنهادی از شدت و احتمال وقوع کاسته خواهد شد.

به‌طورکلی در طبقه ۱ که مخاطراتی مانند سروصدا و انتشار بخارات و استرس گرمایی و سایر خطرات که در این طبقه قرارگرفته‌اند معمولاً مکرراً تکرار می‌شوند و شناخته‌شده هستند؛ بنابراین مدیران باید در نظر داشته باشند که منشأ اصلی این خطرات، دستگاه‌های بکار رفته در این خط هست؛ بنابراین باید از دستگاه‌های به‌روزتر استفاده شود و در صورت امکان در فرآیند تغییراتی ایجاد شود. علاوه براین باید برنامه‌ریزی لازم برای دوره‌های آموزشی مفید جهت آشنایی کارکنان با مخاطرات و روش ایمن ماندن از این خطرات، به آن‌ها آموزش داده شود. همچنین از وسایلی برای خنک‌سازی و تهویه هوای آلوده استفاده شود.

پس از انجام ارزیابی، باهدف کاهش سطح ریسک‌هایی که بحرانی و نیمه بحرانی هستند، اقدامات پیشنهادی ارائه و پس‌ازآن دوباره ارزیابی صورت گرفت. نتایج در جدول (۴-۴) آورده شده است.

شکل (۴-۲) ماتریس بحرانیت را پس از اقدامات اصلاحی نشان می‌دهد.

احتمال وقوع	شدت				احتمال وقوع
	۴-قابل‌قبول بدون بازنگری (کم)	۳-قابل‌قبول با بازنگری (متوسط)	۲-نامطلوب (جدی)	۱-فاجعه‌بار (بالا)	
					مکرر (A)
					محتمل (B)
					گاه به گاه (C)
					خیلی کم یا بعید(D)
					غیر محتمل(E)
	شدت اثر				

شکل ۴-۲: ماتریس بحرانیت تکنیک FMECA پس از انجام اقدامات اصلاحی

جدول ۴-۴: اولویت بندی ریسک ها قبل و بعد از اقدامات اصلاحی در تکنیک FMEA و FMECA

خطر بالقوه	اثر خطر بالقوه	وضعیت قبل از اقدام اصلاحی						اقدامات پیشنهادی	وضعیت بعد از از اقدام اصلاحی					
		S	O	D	RPN	سطح اقدام منظر FMEA	طبقه اقدام FMECA		S	O	D	RPN	سطح اقدام منظر FMEA	طبقه اقدام FMECA
۱-ارتعاشات زیاد داخل کابین جرثقیل سقفی در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱-آسیب‌های جسمی (مشکلات اسکلتی عضلانی – عصبی دست)	۳	۵	۲	۳۰	سطح ۱	طبقه ۳							
۲-گرما و سرمای زیاد داخل کابین جرثقیل در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۲-آسیب‌های جسمی	۲	۳	۱	۶	سطح ۱	طبقه ۴							
۳-سروصدای زیاد حرکت جرثقیل روی ریل و به هم خوردن شمش‌ها	۳-آسیب‌های شنوایی	۵	۶	۱	۳۰	سطح ۱	طبقه ۱	انجام تعمیرات PM و EM -بازرسی‌های دوره‌ای روزانه و اخذ گواهینامه سلامت از سازمان ثالث معتبر استفاده از وسایل حفاظ فردی-ایجاد اتاقک‌هایی با خصوصیت ایزولاسیون	۲	۳				طبقه ۴

۴-انتشار گردوغبار ناشی از مواد و بخارات حاصله در محیط سالن جرثقیل	۴-آسیب‌های تنفسی -آسیب‌های چشمی	۴	۲	۸	۶۴	سطح ۱	طبقه ۳							
۵-افتادن شمش از مگنت جرثقیل در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۵-فوت	۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	طبقه ۳	استفاده از باطری (ذخیره) Backup – رعایت اصول ایمنی مانند حفظ فاصله اپراتور از جرثقیل هنگام حمل شمش-بازدیدهای روزانه برای اتصالات برق	۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	
	۶-آسیب‌های جسمی	۸	۱	۱۰	۸۰	سطح ۲	طبقه ۳		۵	۱	۱۰	۱۵	سطح ۱	
۶-سقوط از ارتفاع (سقوط اپراتور در سطح هم‌تراز) در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۷-آسیب‌های جسمی	۶	۲	۷	۸۴	سطح ۲	طبقه ۳	حفاظ کشی و نرده‌کشی مسیر تردد- آموزش و آگاهی سازی - تهیه و الزام استفاده از وسایل ایمنی- نصب تجهیزات ایمنی -استفاده از تابلوهای ایمنی، کفش ایمنی ضد سایش و ضد لغزش، کلاه ایمنی، کمربند ایمنی	۳	۱	۷	۲۱	سطح ۱	
۷-سقوط از ارتفاع در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۸-شکستگی- ضرب دیدگی	۸	۲	۹	۱۴۴	سطح ۲	طبقه ۲		۵	۱	۹	۴۵	سطح ۱	
	۹-فوت	۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	طبقه ۳		۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	
۸-برخورد جرثقیل با موانع انتهای مسیر در فرآیند جابجایی شمش با جرثقیل	۱۰-آسیب و جراحت	۳	۴	۳	۳۶	سطح ۱	طبقه ۳							

۹-خطرالکترسیته در فرآیند	۱۱- برق‌گرفتگی اپراتور	۷	۳	۷	۱۴۷	سطح ۳	طبقه ۲	عایق کردن کابل‌ها- استفاده از سیم‌های مرغوب-بازدیدهای دوره‌ای-تعویض کابل‌های فرسوده استفاده از شیلنگ‌های باکیفیت بالا و استاندارد-کنترل کیفی کالا قبل از خرید-تعمیر و نگهداری صحیح-بازدیدهای دوره‌ای-استفاده از لوازم حفاظت فردی	۴	۱	۷	۲۸	سطح ۱	
۱۰-ترکیدن شیلنگ‌های هیدرولیکی حمل روغن	۱۲-جراحت شدید (قطع عضو)	۸	۳	۷	۱۶۸	سطح ۳	طبقه ۲		۶	۱	۷	۴۸	سطح ۱	طبقه ۳
	۱۳-بیماری‌های پوستی	۷	۳	۷	۱۴۷	سطح ۳	طبقه ۲		۴	۱	۷	۲۸	سطح ۱	طبقه ۳
۱۱-پر تاپ ضایعات در هنگام برش شمش با اره	۱۴-آسیب و جراحت	۶	۴	۲	۴۸	سطح ۱	طبقه ۲	-استفاده از حفاظ حین کار – استفاده از وسایل حفاظت فردی	۶۳	۲				طبقه ۳
۱۲-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد هنگام کار با اره	۱۵-آسیب شنوایی	۸	۱۰	۱	۵۰	سطح ۱	طبقه ۱	استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا- عایق کردن کابین برای صدا	۵	۷				طبقه۱
۱۳-بخارات حاصله موجود در محیط فرآیند اره کاری سرد	۱۶-آسیب‌های تنفسی	۳	۳	۷	۶۳	سطح ۱	طبقه ۳							

۱۶-برخورد تجهیزات و ابزار با اپراتور در Set up برش با اره سرد بر	۲۰-جراحت و شکستگی	۶	۴	۱۰	۲۴۰	سطح ۳	طبقه ۲	رعایت اصول ایمنی حفاظت فردی - آئین‌نامه‌های ایمنی و کاری-آگاهی و آموزش (کافی) اپراتور	۳	۲	۱۰	۶۰	سطح ۲	طبقه۳
۱۷-انتشار گاز یا تماس پوستی در فرآیند برش با اره سرد بر	۲۱-بیماری‌های پوستی	۴	۲	۱	۸	سطح ۱	طبقه ۳	رعایت اصول ایمنی-انجام تعمیرات EM و PM درست و به‌موقع دستگاه-برطرف کردن نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه -استفاده از لوازم حفاظت فردی -رعایت نظافت و انجام 5S						
۱۸-سرخوردن در ست آپ برش با اره سرد بر	۲۲-جراحت و شکستگی	۶	۶	۱	۳۶	سطح ۱	طبقه ۱		۳	۳				طبقه ۳
۱۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در شارژ و دشارژکوره کف گرد	۲۳-آسیب‌های شنوایی	۵	۸	۱	۴۰	سطح ۱	طبقه ۱	– استفاده از لوازم حفاظت فردی – عایق کردن کابین‌ها برای صدا	۳	۶				طبقه ۲
۲۰-انتشار اشعه فرابنفش دردشارژ کوره کف گرد	۲۴-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۵	۸	۱۰	۴۰۰	سطح ۳	طبقه ۱	استفاده از عینک آموزش کارکنان جهت نحوه انجام کار ایمن، نصب تابلوها و علائم هشداردهنده مرتبط، ماسک	۲	۸	۱۰	۱۶۰	سطح ۳	طبقه ۳

۲۱-گرمای بیش‌ازحد فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۲۵-استرس گرمایی	۴	۷	۲	۲۸	سطح ۱	طبقه ۲	-تهویه مناسب کابین‌ها و سالن- لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار وانجام درست پروسه	۲	۷			طبقه ۳
۲۲-انتشار بخارات حاصله (بخارات فلزی) در محیط در فرآیند شارژ و دشارژ کوره ۲۵- سقوط شمش هنگام انتقال آن از کوره به نوار نقاله	۲۶-آسیب‌های تنفسی	۶	۹	۱	۵۴	سطح ۱	طبقه ۱	برقراری سیستم تهویه موضعی -استفاده از ماسک تنفسی مناسب-آموزش کارگران- استفاده از شمش با جنس مرغوب -رعایت اصول ایمنی-استفاده از لوازم حفاظت فردی-آئین نامه‌های ایمنی و کار	۲	۷			طبقه ۳
	۳۰-شکستگی و جراحت	۸	۲	۱۰	۱۶۰	سطح ۳	طبقه ۲		۵	۱	۱۰	۵۰	سطح ۱	طبقه ۳
	۳۱- فوت	۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	طبقه ۳		۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	
۲۶-سرخوردن در فرآیند شارژ و دشارژ کوره	۳۲-شکستگی و جراحت	۶	۴	۱	۲۴	سطح ۱	طبقه ۲	انجام 5S به‌موقع و نظافت سالن – نرده‌کشی مسیرهای تردد	۳	۲			طبقه ۳
۲۷-گرمای بیش‌ازحد استاندارد هنگام گرمایش شمش در کوره کف گرد	۳۳-استرس گرمای -حساسیت پوستی	۴	۹	۱	۳۶	سطح ۱	طبقه ۱	تهویه مناسب سالن -استفاده از لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- انجام مناسب پروسه تولید	۲	۷			طبقه ۳

۲۸-انتشار اشعه فرابنفش هنگام گرمایش شمش در کوره کف گرد	۳۴-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۶	۹	۱۰	۵۴۰	سطح ۳	طبقه ۱	استفاده از عینک آموزش کارکنان جهت نحوه انجام کار ایمن، نصب تابلوها و علائم هشداردهنده مرتبط، ماسک	۴	۹	۱۰	۳۶۰	سطح ۳	طبقه ۱
۲۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در کوره کف گرد	۳۵-آسیب‌های شنوایی	۶	۹	۱	۵۴	سطح ۱	طبقه ۱	استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا- عایق کردن کابین	۳	۶				طبقه ۲
۳۰-انتشار بخارات حاصله (بخارات فلزی) در فرآیند گرمایش کوره	۳۶-آسیب‌های تنفسی	۷	۹	۱	۶۳	سطح ۱	طبقه ۱	استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه بخارات حاصله- استفاده از جنس مرغوب	۴	۷				طبقه ۲
۳۳-منتشر شدن غبار مواد نسوز هنگام تعمیرات کوره کف گرد ۳۴-سقوط مواد و ابزار بر روی اپراتور هنگام تعمیرات کوره کف گرد	۴۰-آسیب‌های ریوی	۸	۵	۲	۸۰	سطح ۲	طبقه ۱	استفاده از ماسک‌های مناسب (فیلتر دار) - لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار-رعایت اصول ایمنی رعایت موارد ایمنی حفاظت فردی - آئین‌نامه‌های ایمنی و کاری-آگاهی و آموزش (کافی) اپراتور-اطمینان پیدا کردن از محکم بودن مواد و ابزار	۵	۳	۲	۳۰	سطح ۱	طبقه ۲
	۴۱-جراحت و شکستگی	۸	۲	۱۰	۱۶۰	سطح ۳	طبقه ۲		۵	۱	۱۰	۵۰	سطح ۱	طبقه ۳

۳۵- سقوط اپراتور هنگام سرکشی به کوره کف گرد جهت تعمیرات یا بازدید دوره‌ای	۴۲-فوت	۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	طبقه ۳	رعایت موارد ایمنی حفاظت فردی (استفاده از کلاه ایمنی) - آئین‌نامه‌های ایمنی و کاری- آگاهی و آموزش (کافی) اپراتور-استفاده از نردبان‌هایی که حفاظ دارند-استفاده از تورهایی برای جلوگیری از ریختن مواد بر روی اپراتور	۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲
	۴۳-جراحت و شکستگی	۸	۱	۱۰	۸۰	سطح ۲	طبقه ۳		۵	۱	۱۰	۵۰	سطح ۱
	۴۴-فوت	۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	طبقه ۳		۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲
۳۶-انتشار گردوغبار در سالن پوسته زدایی	۴۵-آسیب‌های تنفسی-آسیب‌های چشمی	۷	۶	۳	۱۲۶	سطح ۲	طبقه ۱	در عملیات پوسته‌پوسته تا حد امکان باید خط پوسته زدایی خودکار - استفاده از لوازم حفاظت فردی کامل عینک کار، دستکش مناسب، الزامی است.	۴	۴	۳	۴۸	سطح ۱
۳۷-گرمای زیاد در پوسته زدایی	۴۶-استرس گرمایی	۶	۸	۱	۴۸	سطح ۱	طبقه ۱	-مکانیزه کردن فرآیند پوسته زدایی	۴	۶			
۳۸-انتشار اشعه فرابنفش در هنگام پوسته زدایی	۴۷-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی -سرطان	۶	۷	۱۰	۴۲۰	سطح ۳	طبقه ۱	استفاده از عینک، آموزش کارکنان جهت نحوه انجام کار ایمن، نصب تابلوها و علائم هشداردهنده مرتبط، استفاده از ماسک	۴	۷	۱۰	۲۸۰	سطح ۳

۳۹-سقوط اپراتور هنگام کنترل چشمی پوسته زدایی	۴۸-جراحت و شکستگی	۶	۱	۶	۳۶	سطح ۱	طبقه ۳	رعایت موارد ایمنی حفاظت فردی - آئین‌نامه‌های ایمنی و کاری-آگاهی و آموزش (کافی) اپراتور	۳	۲			طبقه ۳
۴۰-اصابت پلیسه در پوسته زدایی	۴۹-جراحت چشم	۶	۴	۱	۲۴	سطح ۱	طبقه ۲	جمع‌آوری پلیسه‌ها- ایجاد حفاظ- استفاده از وسایل حفاظت فردی	۳	۲			طبقه ۳
۴۳-اشعه فرابنفش در عملیات النگاتور	۵۳-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۶	۸	۱۰	۴۸۰	سطح ۳	طبقه ۱	استفاده از عینک، آموزش کارکنان جهت نحوه انجام کار ایمن، نصب تابلوها و علائم هشداردهنده مرتبط، ماسک	۴	۸	۱۰	۳۲۰	سطح ۳	طبقه ۲
۴۴-گرمای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند النگاتور	۵۴-استرس گرمایی	۵	۸	۱	۴۰	سطح ۱	طبقه ۱	تهویه مناسب گرمایشی کابین‌ها و سالن-لوازم حفاظت فردی مناسب	۳	۶				طبقه ۲
۴۵-سروصدای بیشتر از استاندارد در فرآیند النگاتور	۵۵-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۷	۱۰	۱	۷۰	سطح ۱	طبقه ۱	-استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا- عایق کردن کابین	۴	۷				طبقه ۲
	۵۶-آسیب‌های تنفسی	۷	۴	۲	۵۶	سطح ۱	طبقه ۲	-استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه بخارات حاصله	۵	۲				طبقه ۲

۴۶-انتشار بخارات حاصله در فرآیند النگاتور ۴۹-سقوط ابزار بر روی اپراتور در اجرای pm فرآیند النگاتور	۶۰-جراحت و شکستگی	۶	۲	۹	۱۰۸	سطح ۲	طبقه ۲	-رعایت نکات ایمنی هنگام کار-انجام بازدیدهای روزانه و دوره‌ای به‌منظور به حداقل رساندن خرابی و اقدام به انجام تعمیرات - آگاهی و رعایت دستورالعمل‌های کاری	۳	۱	۹	۲۷	سطح ۱	طبقه ۳
	۶۱-فوت	۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	طبقه ۳		۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	طبقه ۳
۵۰- سرخوردن اپراتور فرآیند النگاتور	۶۲-جراحت و شکستگی	۶	۵	۱	۳۰	سطح ۱	طبقه ۲	-انجام 5S به‌موقع و نظافت سالن– نرده‌کشی مسیرهای تردد	۶	۲				طبقه ۲
۵۱-اشعه فرابنفش در هنگام قرار دادن سنبه	۶۳-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۴	۷	۱۰	۲۸۰	سطح ۳	طبقه ۲	استفاده از عینک آموزش، کارکنان جهت نحوه انجام کار ایمن، نصب تابلوها و علائم هشداردهنده مرتبط، ماسک	۲	۷	۱۰	۱۴۰	سطح ۳	طبقه ۳
۵۲-گرمای بیش‌ازحد	۶۴-استرس گرمایی	۴	۷	۱	۲۸	سطح ۱	طبقه ۲	تهویه مناسب سرمایشی کابین‌ها و سالن- لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار وانجام درست	۲	۵				طبقه ۴

استاندارد در هنگام قرار دادن سنبه									پروسه به‌منظور کاهش درجه کمتر رفتن و تماس نزدیک با شمش و کوره			
۵۳-سروصدا بیشتر از حد استاندارد هنگام قرار دادن سنبه	۶۵-آسیب‌های شنوایی	۵	۸	۱	۴۰	سطح ۱	طبقه ۱	۲	۵			طبقه ۴
۵۴-بخارات حاصله هنگام قرار دادن سنبه سقوط ابزار بر روی اپراتور در فرآیند قرار دادن سنبه	۶۶-آسیب‌های تنفسی	۸	۱۰	۱	۸۰	سطح ۲	طبقه ۱	۳	۸	۱	۲۴	سطح ۱	طبقه ۱
	جراحت و شکستگی	۶	۲	۹	۱۰۸	سطح ۲	طبقه ۲	۳	۱	۹	۲۷	سطح ۱	طبقه ۳
	فوت	۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	طبقه ۳	۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	
سرخوردن اپراتور در فرآیند قرار دادن سنبه	جراحت و شکستگی	۶	۵	۱	۳۰	سطح ۱	طبقه ۲	۳	۲				طبقه ۳
۵۹-اشعه فرابنفش در فرایند پیلگر	۷۳-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی - سرطان	۴	۷	۱۰	۲۸۰	سطح ۳	طبقه ۲	۲	۷	۱۰	۱۴۰		طبقه ۳

۶۰-گرمای بیش‌ازحد در فرآیند پیلگر	۷۴-استرس گرمایی	۴	۷	۱	۲۸	سطح ۱	طبقه ۲	تهویه مناسب سالن -استفاده از لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار	۲	۵			طبقه ۴
۶۱-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند پیلگر	۷۵-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۸	۱۰	۱	۸۰	سطح ۲	طبقه ۱	استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا- عایق کردن کابین	۵	۷	۱	۳۵	سطح ۱	طبقه ۱
۶۲-انتشار بخارات حاصله در فرآیند پیلگر	۷۶-آسیب‌های تنفسی	۸	۹	۲	۱۴۴	سطح ۳	طبقه ۱	استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه بخارات حاصله	۵	۷	۲	۳۵	سطح ۱	طبقه ۱
۶۳-سرخوردن در فرآیند پیلگر	۷۷-جراحت و شکستگی	۶	۵	۱	۳۰	سطح ۱	طبقه ۲	انجام تعمیرات EM و PM درست و به‌موقع برطرف کردن نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه و استفاده از لوازم حفاظت فردی و رعایت نظافت و انجام 5S	۳	۲			طبقه ۳
۶۶-سقوط ابزار روی اپراتور در pm فرآیند پیلگر	۸۱-جراحت و شکستگی	۸	۲	۹	۱۴۴	سطح ۳	طبقه ۲	رعایت نکات ایمنی هنگام کار-انجام بازدیدهای روزانه و دوره‌ای به‌منظور به حداقل رساندن خرابی و اقدام به انجام تعمیرات -آگاهی و رعایت دستورالعمل‌های کاری	۸	۱	۹	۷۲	سطح ۲	طبقه ۳

۶۷-سرخوردن در pm فرآیند پیلگر	۸۲-جراحت و شکستگی	۶	۵	۱	۳۰	سطح ۱	طبقه ۲	انجام 5S به‌موقع و نظافت سالن– نرده‌کشی مسیرهای تردد-رعایت اصول ایمنی	۳	۲			طبقه ۳
۶۸-اشعه فرابنفش در فرآیند اره گرم بر	۸۳-آسیب‌های بینایی -مشکلات پوستی- سرطان	۴	۷	۱۰	۲۸۰	سطح ۳	طبقه ۲	استفاده از عینک آموزش کارکنان جهت نحوه انجام کار ایمن، نصب تابلوها و علائم هشداردهنده مرتبط، ماسک	۲	۷	۱۰	۱۴۰	طبقه ۳
۶۹-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند اره گرم بر	۸۴-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۸	۱۰	۱	۸۰	سطح ۲	طبقه ۱	-استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا- عایق کردن کابین	۵	۷	۱	۳۵	سطح ۱	طبقه ۱
۷۰-انتشار بخارات حاصله در فرآیند گرم بر	۸۵-آسیب‌های تنفسی	۵	۴	۷	۱۴۰	سطح ۲	طبقه ۲	-استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه بخارات حاصله	۲	۲	۷	۲۸	سطح ۱	طیقه ۴
۷۱-گرمای بیش از حد استاندارد در فرآیند گرم بر ۷۳-سقوط ابزار و اپراتور در ست آپ اره گرم بر	۸۶-استرس گرمایی	۵	۴	۱	۲۰	سطح ۱	طبقه ۲	تهویه مناسب سالن -استفاده از لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار رعایت موارد ایمنی حفاظت فردی - آئین‌نامه‌های ایمنی و کاری-آگاهی و آموزش (کافی) اپراتور	۳	۲			طبقه ۳
	۸۸-جراحت و شکستگی	۶	۲	۹	۱۰۸	سطح ۲	طبقه ۲		۳	۱	۹	۲۷	سطح ۱	طبقه ۳
	۸۹-فوت	۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	طبقه ۳		۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	

۷۴-سرخوردن در ست آپ اره گرم بر	۹۰-آسیب‌های جسمی	۶	۵	۱	۳۰	سطح ۱	طبقه ۲	-انجام 5S به‌موقع و نظافت سالن– نرده‌کشی مسیرهای تردد- رعایت اصول ایمنی	۳	۲				طبقه ۳
۷۵-اشعه فرابنفش در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۱-آسیب‌های بینایی-مشکلات پوستی- سرطان	۵	۸	۱۰	۴۰۰	سطح ۳	طبقه ۱	استفاده از عینک- استفاده از محافظ صورت، نصب تابلو و علائم هشداردهنده	۳	۸	۱۰	۲۴۰	سطح ۳	طبقه ۱
۷۶-گرمای بیش‌ازحد در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۲-استرس گرمایی	۶	۶	۱	۳۶	سطح ۱	طبقه ۱	تهویه مناسب سالن -استفاده از لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار	۳	۴				طبقه ۲
۷۷-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۳-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۴	۸	۱	۳۲	سطح ۱	طبقه ۱	استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا- عایق کردن کابین	۲	۵				طبقه ۴
۷۸-انتشار بخارات حاصله در گرمایش لوله در کوره گامی	۹۴-آسیب‌های تنفسی	۳	۶	۷	۱۲۶	سطح ۲	طبقه ۲	استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه بخارات حاصله	۲	۶	۷	۸۴	سطح ۲	طبقه ۳
۸۰-قطعات داغ وآب جوش در	۹۶-سوختگی -آسیب‌های پوستی	۶	۲	۱	۱۲	سطح ۲	طبقه ۲	-						

گرمایش لوله در کوره گامی													
۸۱-گردوغبار مواد نسوز در کوره گامی	۹۷-آسیب‌های تنفسی	۷	۵	۷	۲۱۰	سطح ۳	طبقه ۲	استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه بخارات حاصله	۳	۴	۷	۸۴	سطح ۲	طبقه ۲
۸۲-سقوط ابزار روی اپراتور تعمیرات کوره گامی ۸۳-سقوط قطعات روی انسان هنگام ست آپ سایزینگ	۹۸-شکستگی و جراحت	۶	۲	۹	۱۰۸	سطح ۲	طبقه ۲	-رعایت نکات ایمنی هنگام کار-انجام بازدیدهای روزانه و دوره‌ای به‌منظور به حداقل رساندن خرابی و اقدام به انجام تعمیرات - آگاهی و رعایت دستورالعمل‌های کاری رعایت موارد ایمنی حفاظت فردی - آئین‌نامه‌های ایمنی و کاری-آگاهی از (چه ابزاری احتمال افتادنش وجود دارد) و آموزش (کافی) اپراتور-استفاده از نگه‌دارنده‌ها	۳	۱	۹	۲۷	سطح ۱	طبقه ۳
	۹۹-قطع عضو	۹	۳	۱۰	۲۷۰	سطح ۳	طبقه ۲		۹	۱	۱۰	۹۰	سطح ۲	طبقه ۳
	۱۰۰-فوت	۱۰	۳	۱۰	۳۰۰	سطح ۳	طبقه ۲		۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	طبقه ۳
۸۴-سقوط اپراتور pm سایزینگ	۱۰۱-شکستگی و جراحت	۷	۳	۶	۱۲۶	سطح ۲	طبقه ۲	رعایت موارد ایمنی حفاظت فردی - آئین‌نامه‌های ایمنی و کاری-آگاهی و آموزش (کافی) اپراتور- رعایت اصول ایمنی و کار	۴	۱	۶	۲۸	سطح ۱	طبقه ۳
۸۵-انتشار گاز pm سایزینگ	۱۰۲-آسیب‌های پوستی	۳	۳	۱	۹	سطح ۱	طبقه ۳	انجام تعمیرات EM و PM درست و به‌موقع برطرف کردن نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه و استفاده از						

						لوازم حفاظت فردی و رعایت نظافت و انجام 5S							
۸۶-سرخوردن pm سایزینگ	۱۰۳-آسیب‌های جسمی	۶	۵	۱	۳۰		سطح ۱	طبقه ۲	۳	۲			طبقه ۳
۸۸-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در بستر خنک‌کننده	۱۰۵-آسیب‌های شنوایی	۶	۶	۱	۳۶	-استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا	سطح ۱	طبقه ۱	۳	۳			طبقه ۳
۹۰-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند تابگیر ۹۲-سقوط قطعات روی انسان هنگام تعمیرات تابگیر	۱۰۷-آسیب‌های شنوایی	۶	۹	۱	۵۴	-استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا- عایق کردن کابین -رعایت نکات ایمنی هنگام کار-انجام بازدیدهای روزانه و دوره‌ای به‌منظور به حداقل رساندن خرابی و اقدام به انجام تعمیرات -آگاهی و رعایت دستورالعمل‌های کاری و ایمنی	سطح ۱	طبقه ۱	۳	۶			طبقه ۲
	۱۰۹-شکستگی و جراحت	۶	۲	۹	۱۰۸		سطح ۲	طبقه ۲	۳	۱	۹	۲۷	سطح ۱	طبقه ۳
	۱۱۰-قطع عضو	۸	۲	۹	۱۴۴		سطح ۳	طبقه ۲	۸	۱	۹	۷۲	سطح ۲	طبقه ۳
	۱۱۱-فوت	۱۰	۲	۹	۱۸۰		سطح ۳	طبقه ۲	۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	طبقه ۳
۹۳-تماس پوستی یا انتشار گاز... هنگام تعمیرات تابگیر	۱۱۲-آسیب‌های پوستی	۴	۳	۱	۱۲	انجام تعمیرات EM و PM درست و به‌موقع برطرف کردن نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه و استفاده از لوازم حفاظت فردی و رعایت نظافت وانجام 5S	سطح ۱	طبقه۳					

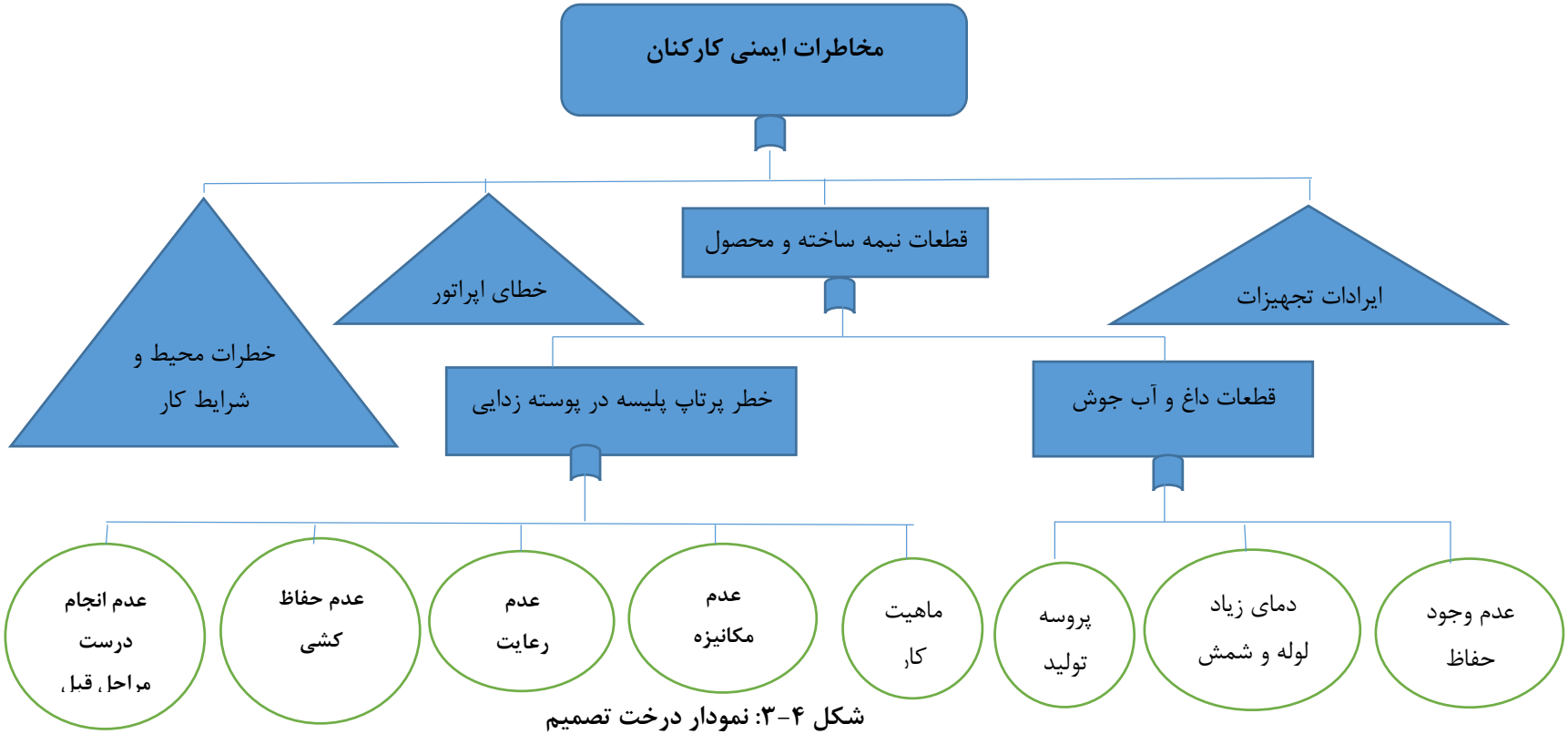
۹۴-سرخوردن هنگام تعمیرات تابگیر	۱۱۳-آسیب‌های جسمی	۶	۵	۱	۳۰	سطح ۱	طبقه ۲		۳	۲				طبقه ۳
۹۵-امواج مغناطیسی در تست مغناطیسی	۱۱۴-تأثیر بر بدن	۸	۳	۱۰	۲۴۰	سطح ۳	طبقه ۲		۵	۱	۱۰	۵۰	سطح ۱	طبقه ۳
۹۶-ایستاده بودن طولانی‌مدت اپراتور	۱۱۶-آسیب‌های جسمی -ارگونومی	۵	۵	۳	۷۵	سطح ۲	طبقه ۲	-تقسیم‌کار- گردشی کردن کار- کاهش زمان انجام‌وظیفه-	۳	۳	۳	۲۷	سطح ۱	طبقه ۳
۹۷-سروصدای بیشتر از حد استاندارد در کنترل ابعادی	۱۱۷-آسیب‌های شنوایی	۸	۸	۱	۶۴	سطح ۱	طبقه ۱	استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا	۵	۵				طبقه ۲
۹۰-سروصدای بیش‌ازحد استاندارد در فرآیند تابگیر ۹۲-سقوط قطعات روی انسان هنگام تعمیرات تابگیر	۱۰۷-آسیب‌های شنوایی	۶	۹	۱	۵۴	سطح ۱	طبقه ۱	-استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا- عایق کردن کابین -رعایت نکات ایمنی هنگام کار-انجام بازدیدهای روزانه و دوره‌ای به‌منظور به حداقل رساندن خرابی و اقدام به انجام تعمیرات- آگاهی و رعایت دستورالعمل‌های کاری و ایمنی	۳	۶				طبقه ۲
	۱۰۹-شکستگی و جراحت	۶	۲	۹	۱۰۸	سطح ۲	طبقه ۲		۳	۱	۹	۲۷	سطح ۱	طبقه ۳
	۱۱۰-قطع عضو	۸	۲	۹	۱۴۴	سطح ۳	طبقه ۲		۸	۱	۹	۷۲	سطح ۲	طبقه ۳

	۱۱۱-فوت	۱۰	۲	۹	۱۸۰	سطح ۳	طبقه ۲		۱۰	۱	۹	۹۰	سطح ۲	طبقه ۳
۹۳-تماس پوستی یا انتشار گاز... هنگام تعمیرات تابگیر	۱۱۲-آسیب‌های پوستی	۴	۳	۱	۱۲	سطح ۱	طبقه۳	انجام تعمیرات EM و PM درست و به‌موقع برطرف کردن نشتی‌های روغن‌ریزی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خط تولید و ایستگاه و استفاده از لوازم حفاظت فردی و رعایت نظافت وانجام 5S						
۹۴-سرخوردن هنگام تعمیرات تابگیر	۱۱۳-آسیب‌های جسمی	۶	۵	۱	۳۰	سطح ۱	طبقه ۲		۳	۲				طبقه ۳
۹۵-امواج مغناطیسی در تست مغناطیسی	۱۱۴-تأثیر بر بدن	۸	۳	۱۰	۲۴۰	سطح ۳	طبقه ۲		۵	۱	۱۰	۵۰	سطح ۱	طبقه ۳
۹۶-ایستاده بودن طولانی‌مدت اپراتور	۱۱۶-آسیب‌های جسمی -ارگونومی	۵	۵	۳	۷۵	سطح ۲	طبقه ۲	-تقسیم‌کار- گردشی کردن کار- کاهش زمان انجام‌وظیفه-	۳	۳	۳	۲۷	سطح ۱	طبقه ۳
۹۷-سروصدای بیشتر از حد استاندارد در کنترل ابعادی	۱۱۷-آسیب‌های شنوایی	۸	۸	۱	۶۴	سطح ۱	طبقه ۱	استفاده از لوازم حفاظت فردی و گوشی‌های مناسب با میزان صدا	۵	۵				طبقه ۲

۹۸-گردوغبار در کنترل ابعادی	۱۱۸-آسیب‌های تنفسی	۶	۷	۳	۱۲۶	سطح ۲	طبقه ۱	استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه گردوغبار موجود	۳	۵	۳	سطح ۱	طبقه ۲
۱۰۰-سقوط اپراتور در کنترل ابعادی	۱۱۹-شکستگی و جراحت	۶	۴	۹	۲۱۶	سطح ۳	طبقه ۲	آموزش (روش صحیح انجام کار) و رعایت نکات ایمنی هنگام کار- حفاظ کشی و نرده‌کشی اطراف بستر کنترلی-اطمینان پیدا کردن از محکم بودن بستر و تمیز کردن به‌موقع بستر برای جلوگیری از لغزندگی-کم کردن ساعات کار – گذاشتن ضربه‌گیر در سمت ارتفاع	۶	۲	۹	سطح ۲	طبقه ۳
۱۰۱-گرما و سرمای زیاد در فصول مختلف در کنترل ابعادی	۱۲۰-استرس گرمایی -سرما خوردن	۲	۴	۱	۸	سطح ۱	طبقه ۴	تقویت سیستم تهویه سالن-ایزوله کردن فضای داخل کابین	۱	۲			طبقه ۴
۱۰۳-گرما و سرمای زیاد در فصول مختلف در سالن سنگ‌زنی	۱۲۲-استرس گرمایی -سرما خوردن	۲	۴	۱	۸	سطح ۱	طبقه ۴	تقویت سیستم تهویه سالن-ایزوله کردن فضای داخل کابین	۲	۲			طبقه ۴
۱۰۴-گردوغبار در فرآیند سنگ‌زنی	۱۲۳-آسیب‌های تنفسی	۶	۹	۱	۵۴	سطح ۱	طبقه ۱	استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه گردوغبار موجود	۳	۷			طبقه ۲

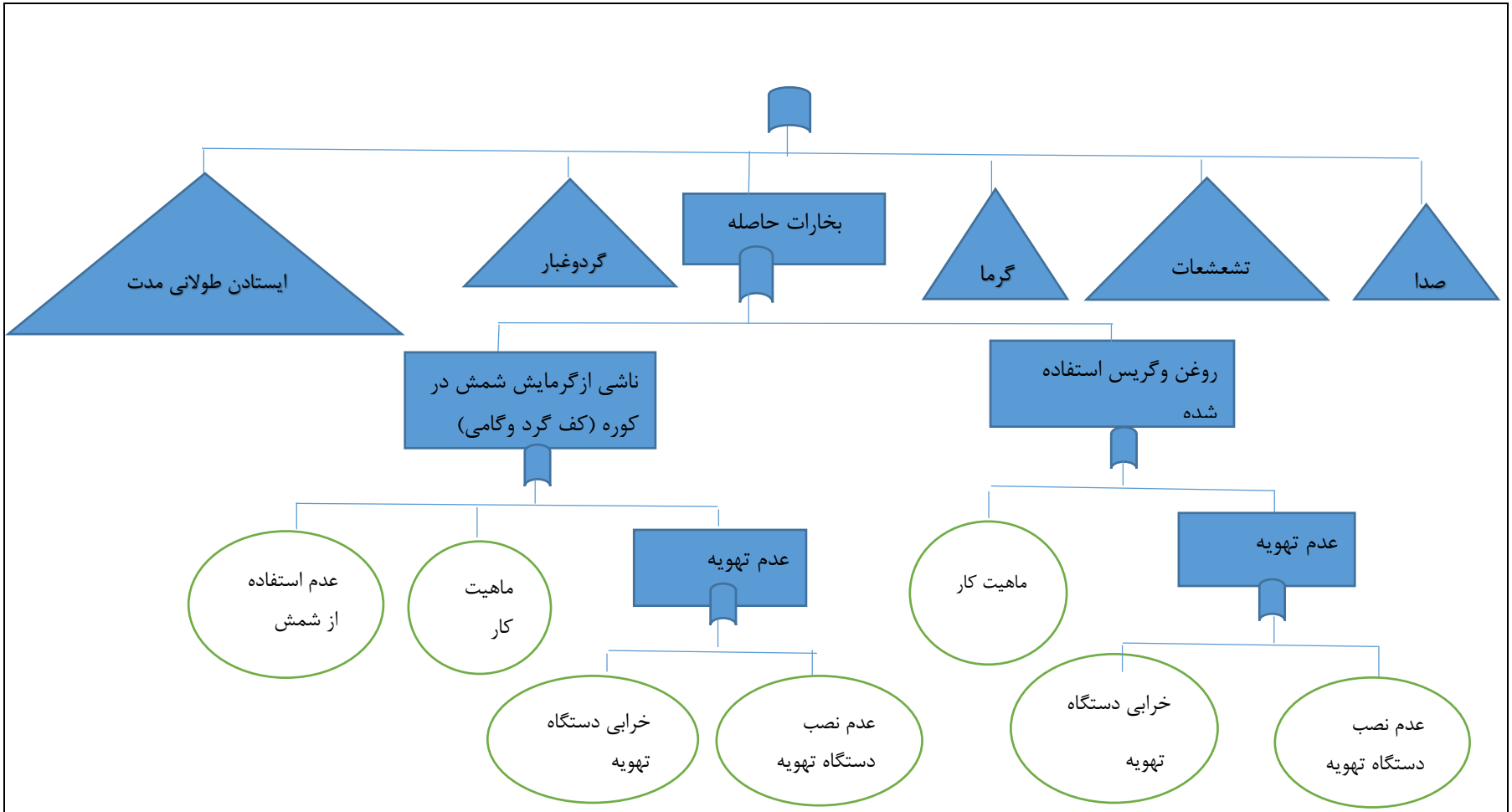
۱۰۶-سروصدای بیشتر از حد استاندارد در هنگام انتقال لوله	۱۲۵-آسیب‌های شنوایی -اختلالات روانی	۸	۸	۱	۶۴	سطح ۱	طبقه ۱	عایق کردن کابل‌ها- استفاده از سیم‌های مرغوب	۵	۵				طبقه ۲
۱۰۷-سرپا ایستادن (بستن لوله‌ها به قلاب جرثقیل برای انتقال لوله)	۱۲۶-خطرات ارگونومی-جراحت و شکستگی	۷	۶	۳	۱۲۶	سطح ۲	طبقه ۱	گردشی کردن کار- کاهش زمان انجام‌وظیفه-	۴	۳				طبقه ۳
۱۰۸-سقوط لوله هنگام انتقال لوله از خط نورد به انبار توسط (جرثقیل)	۱۲۷-شکستگی و جراحت	۸	۴	۱۰	۳۲۰	سطح ۳	طبقه ۱	- انجام تعمیرات EM و PM درست و به موقع-بازدیدهای دوره‌ای-رعایت اصول ایمنی-استفاده از لوازم حفاظت فردی-آئین نامه‌های ایمنی و کار-بازرسی روزانه سیم بکسل و قلاب جرثقیل و مکانیزه کردن کارها	۵	۲	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	طبقه ۲
	۱۲۸-قطع عضو	۹	۴	۱۰	۳۶۰	سطح ۳	طبقه ۱		۹	۲	۱۰	۱۸۰	سطح ۳	طبقه ۲
	۱۲۹-فوت	۱۰	۳	۱۰	۳۰۰	سطح ۳	طبقه ۲		۱۰	۱	۱۰	۱۰۰	سطح ۲	طبقه ۳
۱۱۰-گردو غبار در فرآیند انتقال لوله	۱۳۱-آسیب‌های تنفسی	۶	۶	۱	۳۶	سطح ۱	طبقه ۱	-استفاده از ماسک‌های مناسب، لوازم حفاظت فردی مناسب با نوع کار- تهویه گردو غبار موجود	۳	۴				طبقه ۲

۴-۶- درخت خطا (FTA)

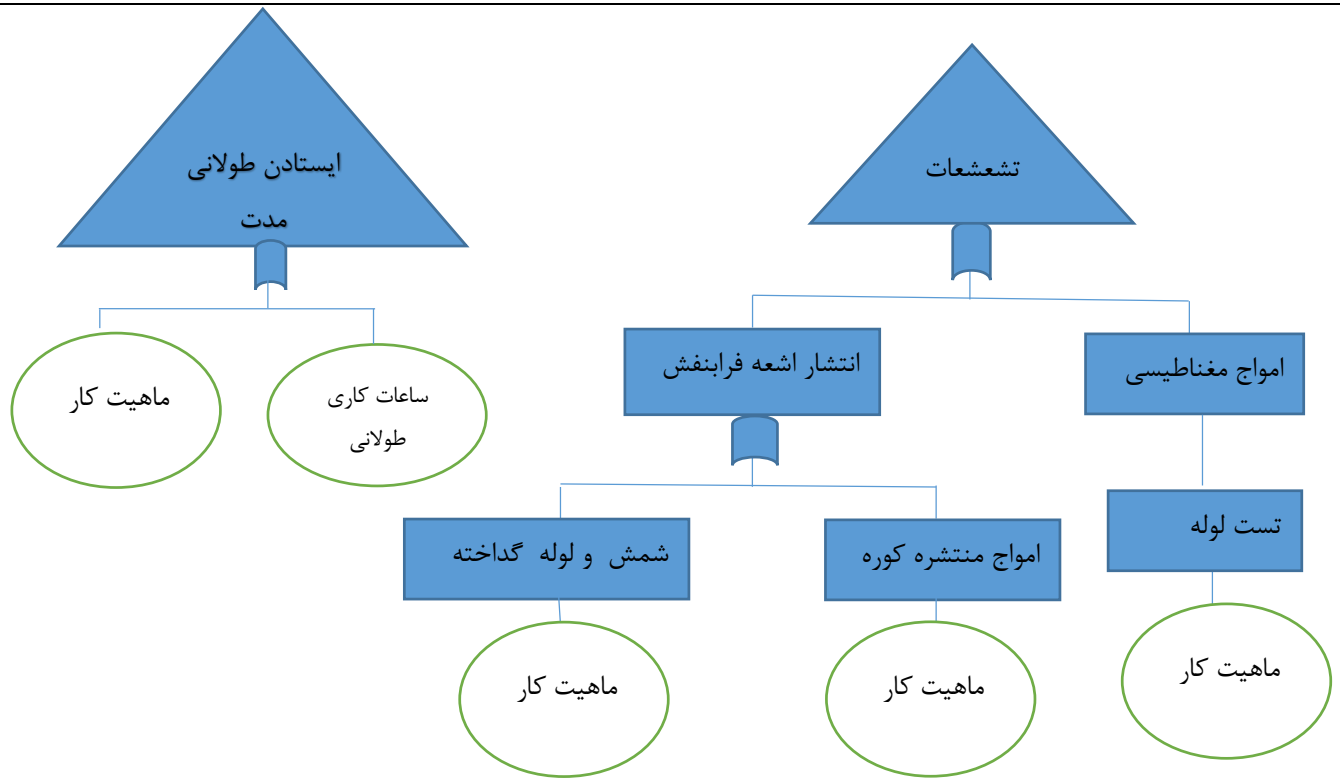


شکل ۴-۳: نمودار درخت تصمیم

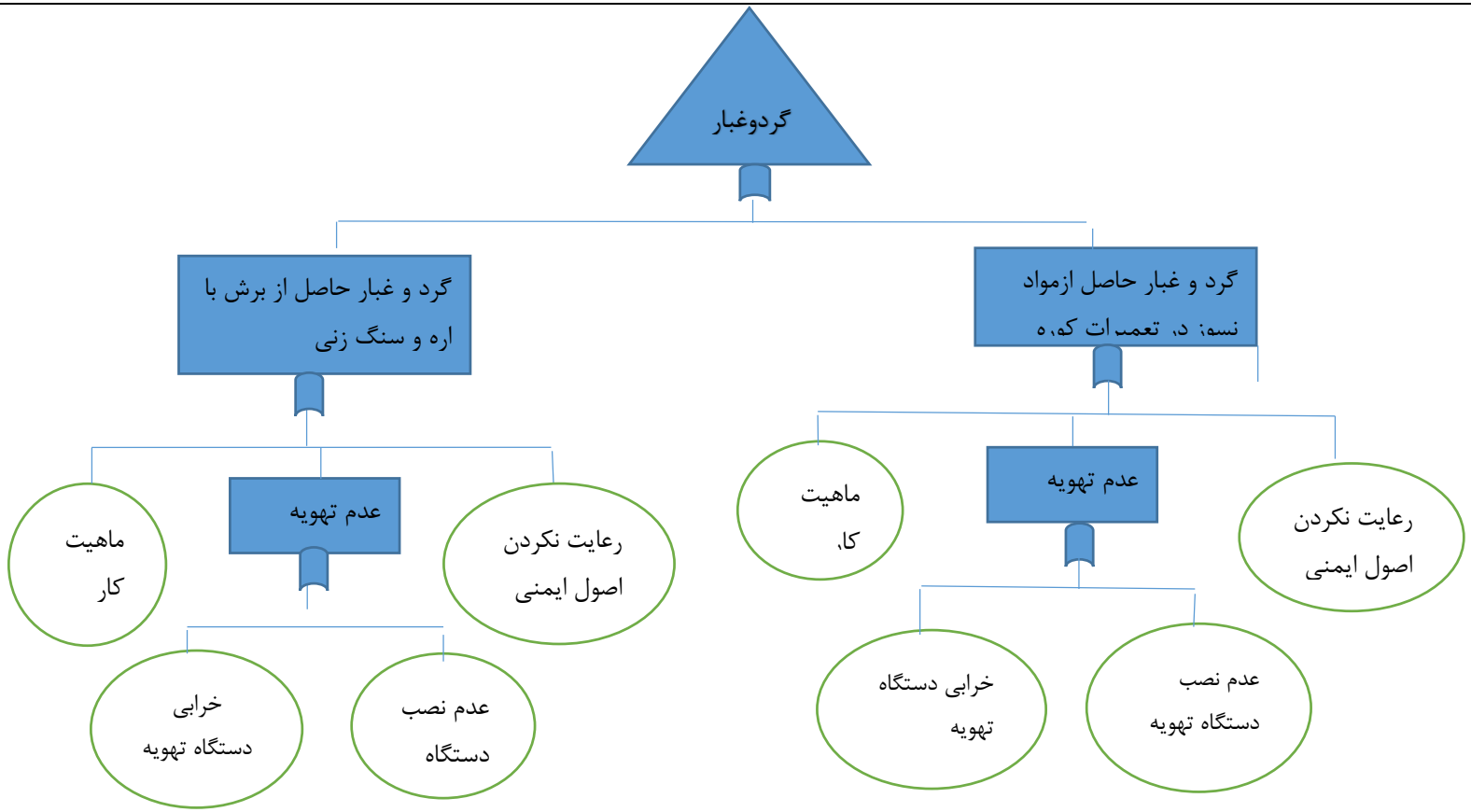
خطرات محیط و شرایط کار



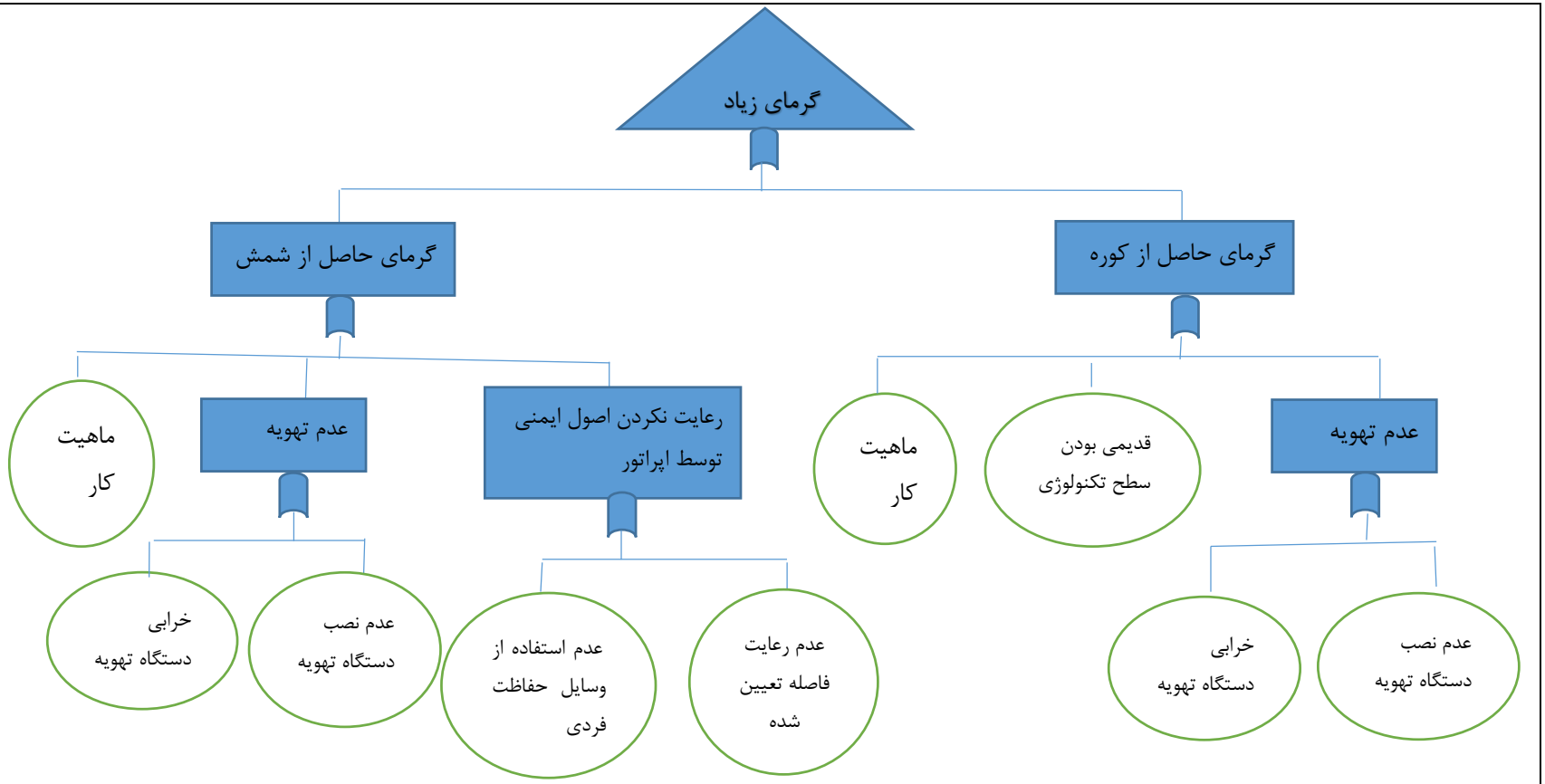
شکل ۴-۴: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار



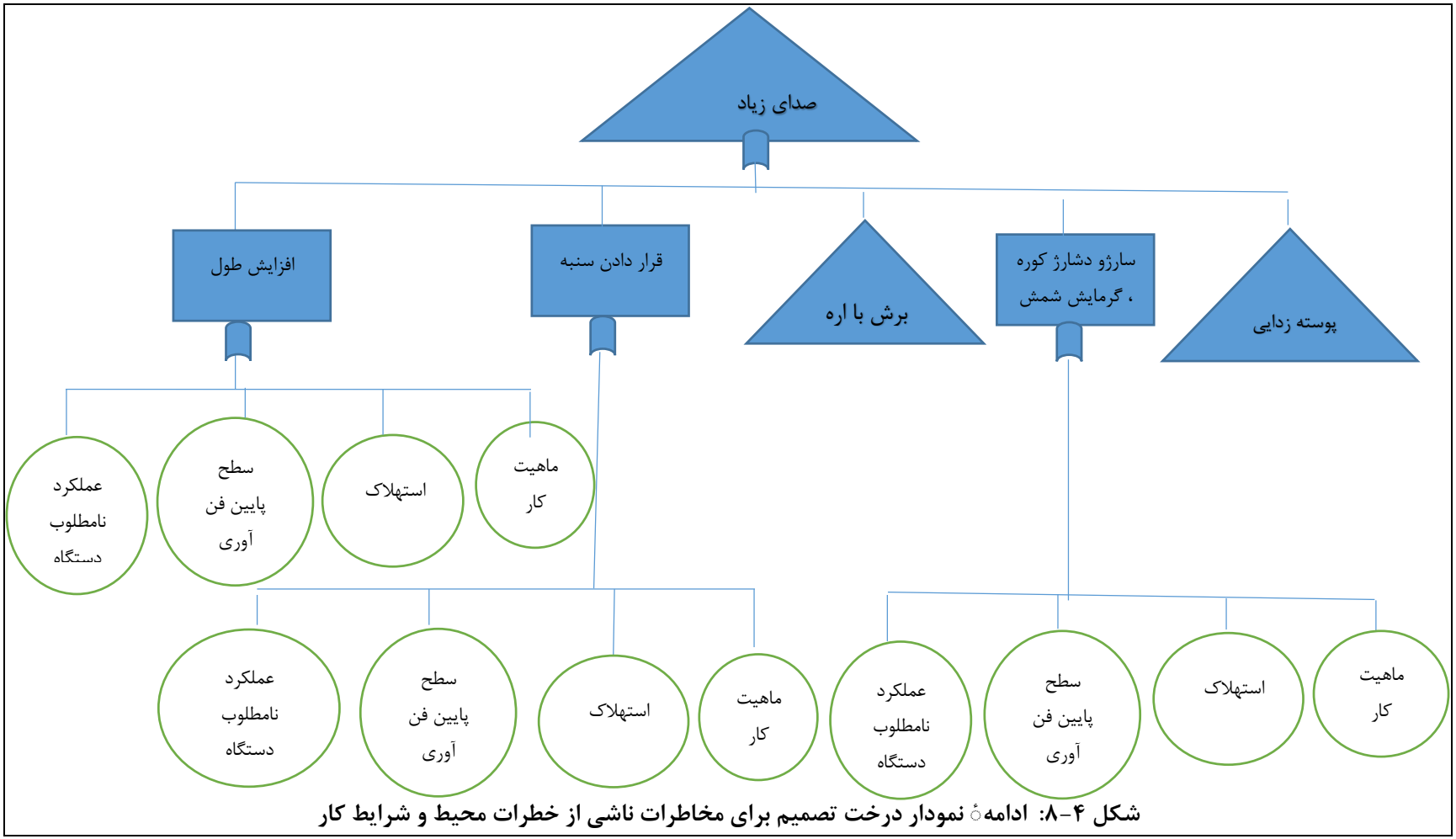
شکل ۴-۵: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار



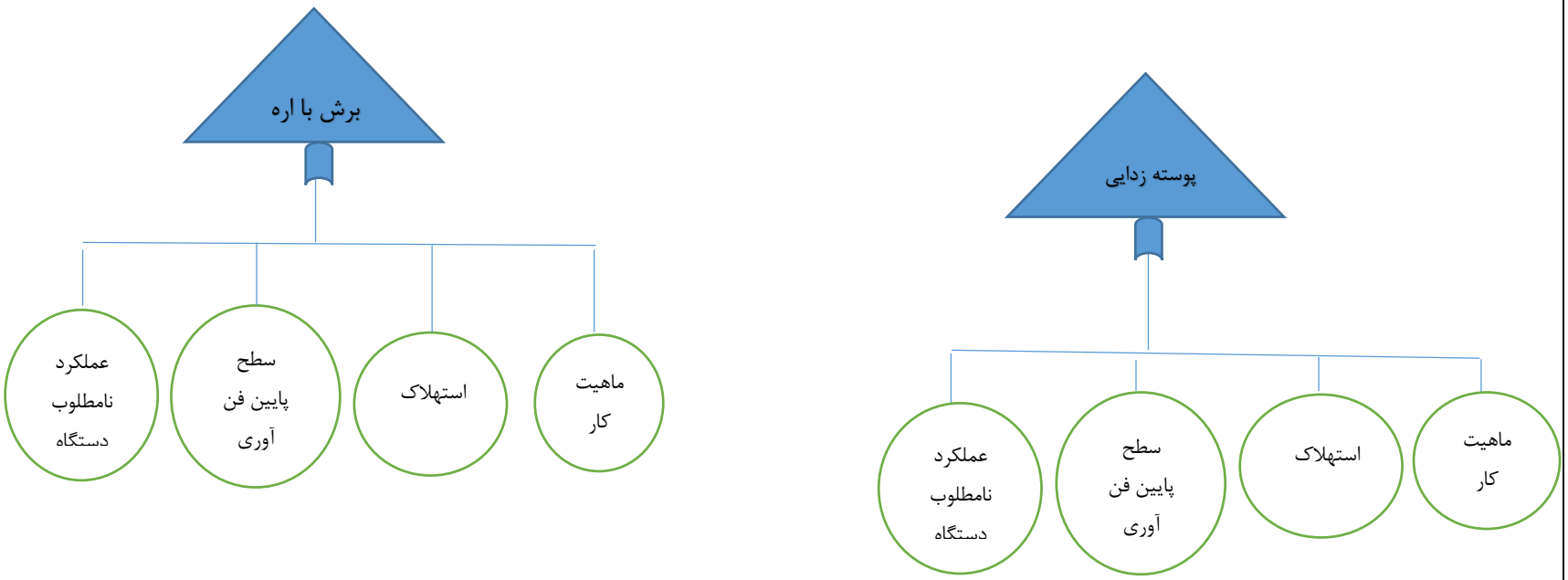
شکل ۴-۶: ادامهٔ نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار



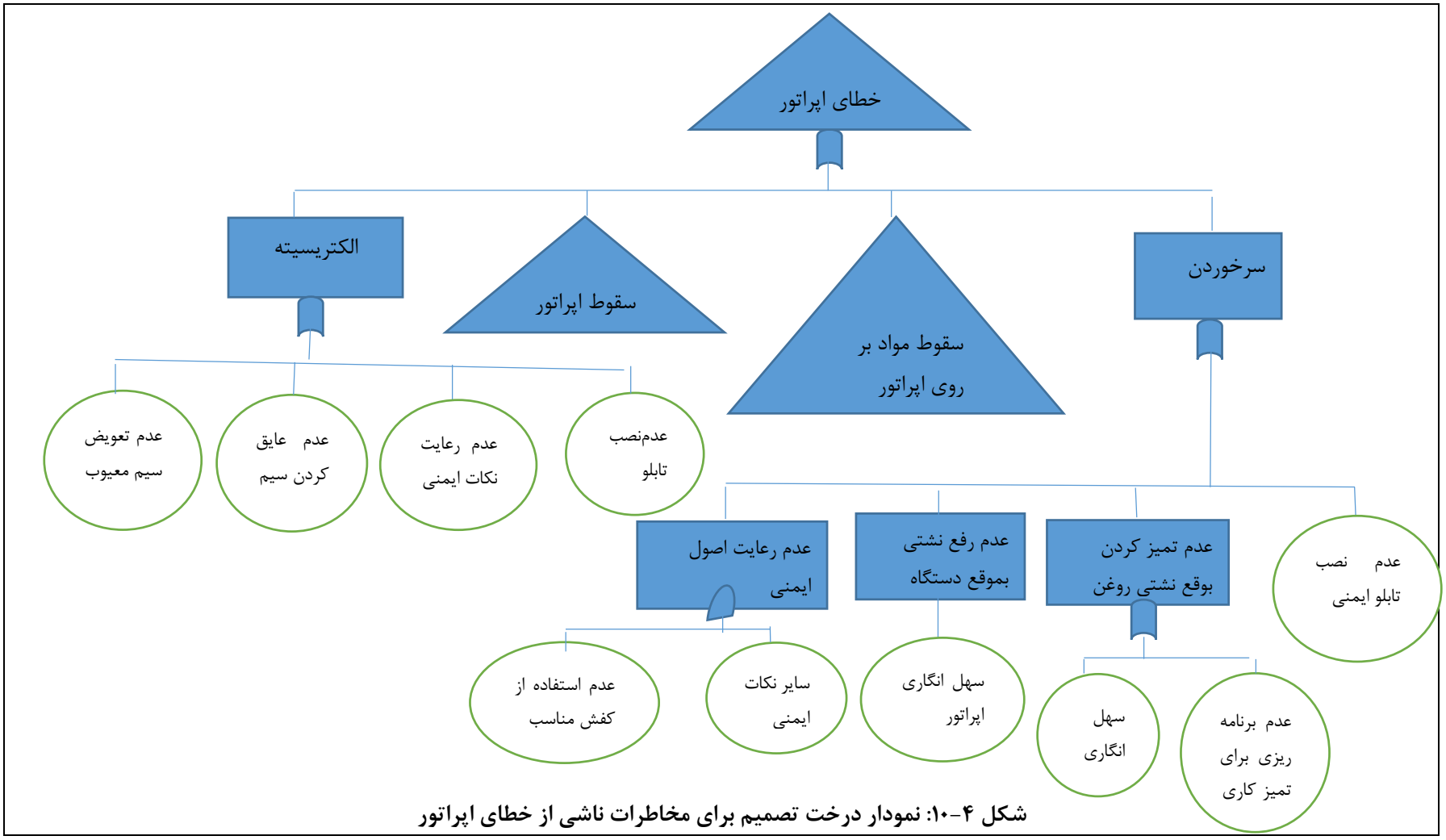
شکل ۴-۷: ادامهٔ نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار



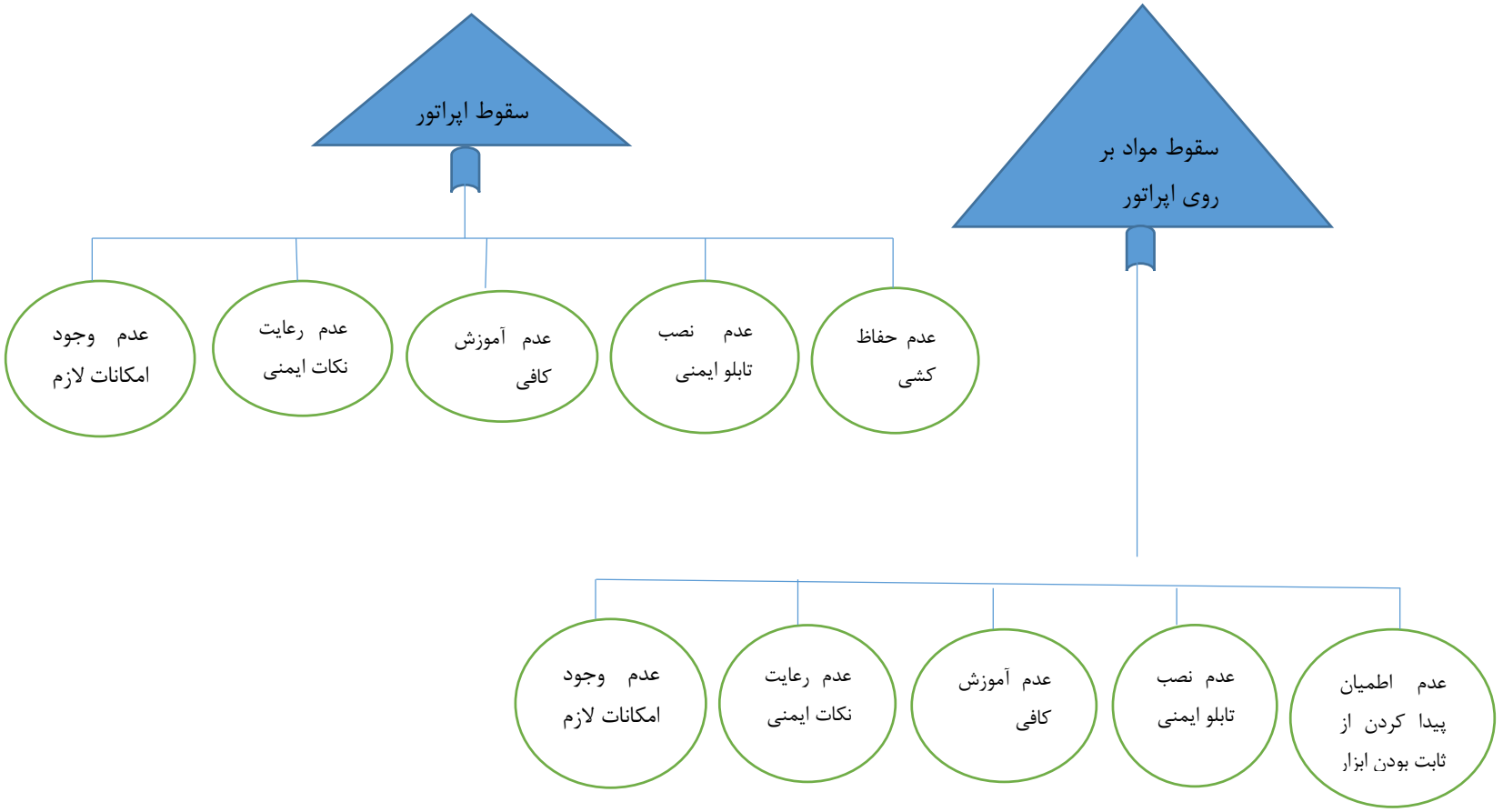
شکل ۴-۸: ادامهٔ نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار



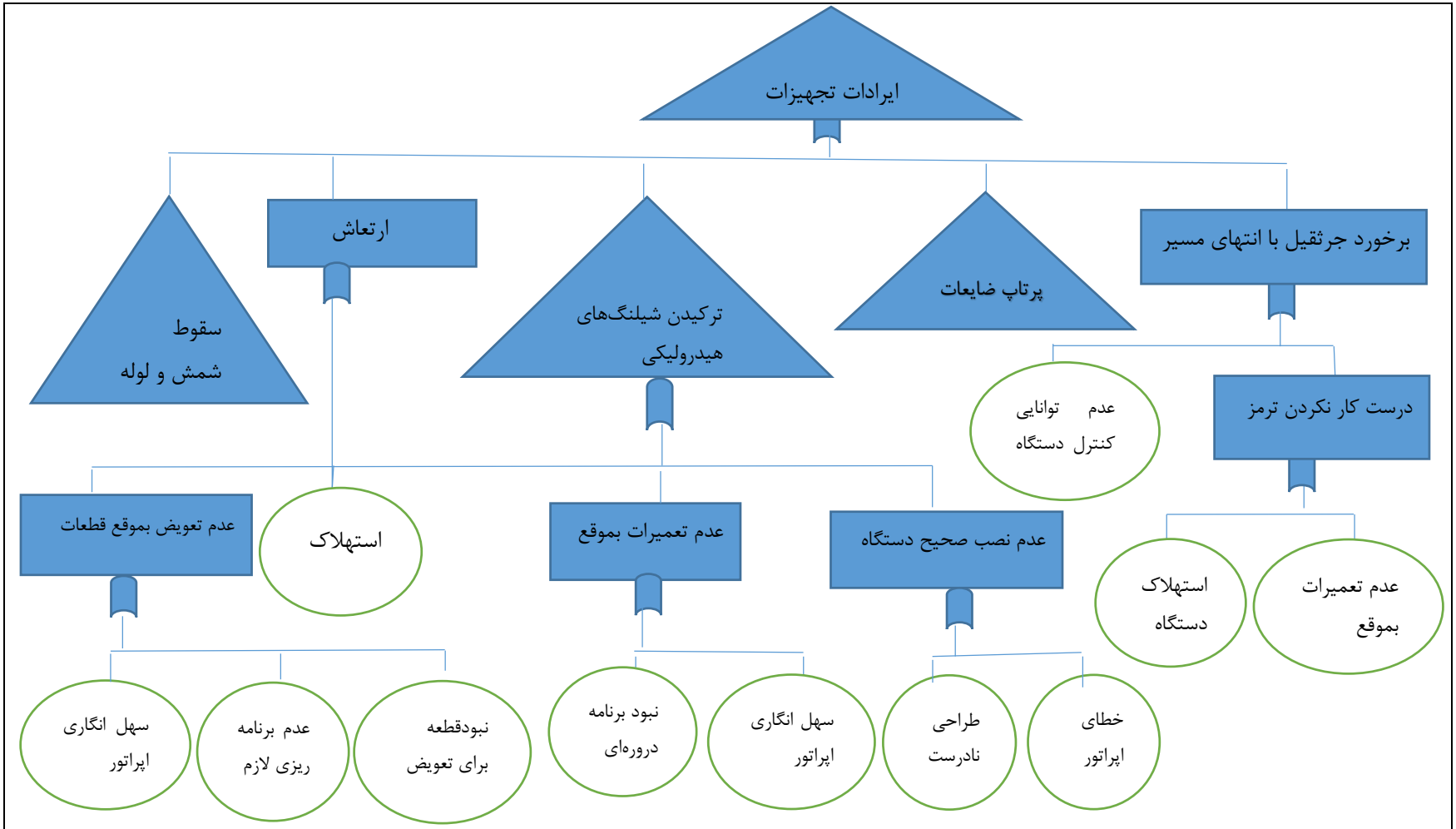
شکل ۴-۹: ادامهٔ نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطرات محیط و شرایط کار



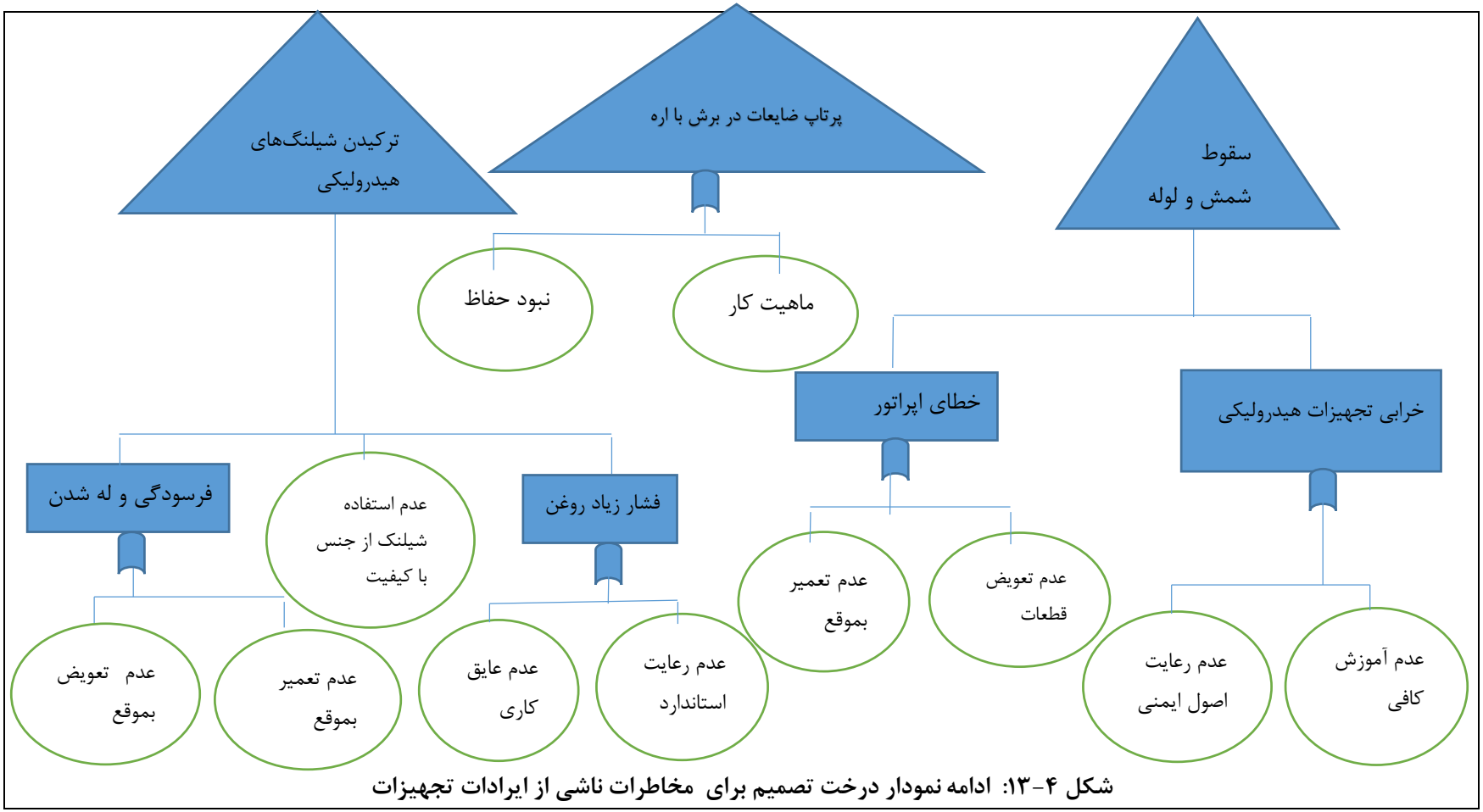
شکل ۴-۱۰: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطای اپراتور



شکل ۴-۱۱: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از خطای اپراتور



شکل ۴-۱۲: نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از ایرادات تجهیزات



شکل ۴-۱۳: ادامه نمودار درخت تصمیم برای مخاطرات ناشی از ایرادات تجهیزات

۴-۷- جمع‌بندی

در این فصـل به تجزیه‌وتحلیل اطلاعات جمع‌آوری‌شده در کاربرگ FMEA پرداخته‌شده است. ابتدا با استفاده از منابع معتبر محدوده عدد اولویت ریسک مشخص گردید. با استفاده از عدد اولویت ریسک و سطح‌های تعیین‌شده مخاطرات بحرانی و نیمه بحرانی مشخص گردید و شرح مختصری از این خطرات و تأثیر اقدامات اصـلاحی پیشنهاد شده بر آیتم‌های O، S، D بیان گردید. سپس مخاطرات اولویت‌دار با اسـتفاده از ماتریس بحرانیت تکنیک FMECA نیز مشـخص و پیشـنهادهای لازم ارائه‌شـد. سـپس ماتریس بحرانیت با استفاده از آیتم‌های اصلاح شدهO ،S رسم گردید. در ادامه درخت تصمیم نیز رسم شده است. در فصل بعدی به نتایج حاصل از این تجزیه‌وتحلیل پرداخته می‌شود.

فصل ۵: نتیجه‌گیری

۵-۱- مقدمه

کار در محیط‌های صنعتی همواره با مخاطرات بهداشتی، ایمنی و زیست‌محیطی همراه است. این مخاطرات در فعالیت‌های مختلف کاری می‌توانند به شکل‌های متفاوتی ظاهرشده و در صورت عدم برنامه‌ریزی و کنترل صحیح، پیامدهایی را به دنبال داشته باشند که گاهی اوقات جبران آن‌ها به‌هیچ‌وجه امکان‌پذیر نیست. ازاین‌رو داشتن برنامه‌ای نظام‌مند برای شناسایی خطرات شغلی و لحاظ نمودن برنامه‌های کنترلی و پیشگیرانه به‌منظور جلوگیری از بروز پیامدهای ناگوار در محیط کار امری اجتناب‌ناپذیر است.

در این فصل به جمع‌بندی و نتیجه‌گیری تحقیق حاضر پرداخته می‌شود. در ابتدا به سؤالات مطرح‌شده پاسخ‌داده‌شده است. سپس خلاصه‌ای از نتایج و یافته‌های پژوهش مطرح گردیده است. در ادامه مقایسه‌ای بین نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات پیشین انجام‌شده و سپس پیشنهادهای کاربردی برای مخاطرات اولویت‌دار ارائه‌شده است. همچنین به بیان محدودیت‌های تحقیق، پرداخته‌شده است و در انتها به ارائه پیشنهاد در جهت بهبود کارهای آتی پرداخته‌شده است.

۵-۲-خلاصه نتایج تحقیق

بر اساس رتبه‌بندی مخاطرات با تکنیک FMEA که در جدول (۴-۲) فصل ۴ ارائه گردیده است مخاطرات سطح ۱ خیلی قابل‌توجه نیست مخاطرات سطح ۲ بهتراست که اقدامات اصلاحی انجام شود. مخاطرات سطح ۳ مستلزم اقدامات اصلاحی سریع هست. در تکنیک FMECA بر اساس طبقه‌بندی مخاطرات که در جدول (۴-۳) فصل ۴ ارائه‌شده خطراتی که در طبقه ۱دسته‌بندی‌شده‌اند فاجعه‌بار (غیرقابل‌قبول) است، لذا اقدامات سریع باید انجام شود. مخاطرات طبقه ۲ نامطلوب (جدی) می‌باشند که در این راستا باید اقدامات اصلاحی انجام شود. مخاطرات طبقه ۳ قابل‌قبول ولی نیاز به بازنگری (متوسط) و مخاطرات طبقه ۴ قابل‌قبول بدون بازنگری (کم) هست.

۵-۳- پاسخ به سؤالات

- چگونه می‌توان مخاطرات ایمنی کارکنان صنایع تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز را با استفاده تکنیک تحلیل حالات بالقوه خرابی ارزیابی و رتبه‌بندی نمود؟

با استفاده از جدول (۴-۱) و تمرکز بر خطرات ایمنی کارکنان در این تحقیق مخاطرات ایمنی شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی شده است. برای این کار ابتدا با مدیران مصاحبه باز صورت گرفت فرآیند بازدید مستقیم انجام شد تا خطرات بالقوه ایمنی شناسایی گردد. سپس اثرات خطرات و علل به وقوع پیوستن آن مشخص گردید. در مرحله بعد رتبه سه آیتم S، O، D تعیین و سپس RPN محاسبه گردید. مخاطرات اولویت‌دار شناسایی و تجزیه‌وتحلیل شدند.

- مهم‌ترین مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان در صنعت تولید لوله‌های استخراج نفت و گاز کدام است؟

طبق محاسبات و ارزیابی جدول FMEA مهم‌ترین خطرات بالقوه ایمنی کارکنان در صنعت لوله‌های استخراج نفت و گاز با دو نگاه FMEA و FMECA ارزیابی گردید که به ترتیب در جدول (۴-۲) و (۴-۳) فصل ۴ ارائه‌شده است.

- احتمال وقوع، شدت اثر و احتمال تشخیص هر یک از مخاطرات چقدر می‌باشد؟

احتمال وقوع، شدت اثر و احتمال تشخیص هریک از مخاطرات بین ۱ تا ۱۰ ارزیابی و تعیین شد و در جدول (۴-۲) فصل ۴، ارائه گردید.

- رتبه‌بندی و اولویت مخاطرات ایمنی جهت انجام اقدامات پیشگیرانه چطور هست؟

مخاطرات با دو تکنیک FMEA و FMECA با استفاده از رفرنس‌های معتبر رتبه‌بندی شد. عوامل مهم جهت انجام اقدامات پیشگیرانه تعیین گردید؛ که بر اساس اولویت‌بندی برای مخاطرات با عدد اولویت بالاتر از ۱۴۰ مستلزم اقدامات لازم و ضروری است؛ و در تکنیک FMECA مخاطراتی که در طبقه ۱ قرار دارند باید اقدامات کنترلی مناسب برای اصلاح آن‌ها انجام شود.

۵-۴-مقایسه نتایج با تحقیقات پیشین

چون مطالعه‌ای در مورد مبحث شناسایی و ارزیابی مخاطرات ایمنی کارکنان در صنایع تولیدی لوله‌های استخراج نفت و گاز با رویکرد تجزیه‌وتحلیل حالات بالقوه شکست و اثرات آن تا قبل از این مطالعه انجام‌نشده لذا امکان مقایسه مطالعه موردی وجود ندارد. ولی مقالات زیادی با موضوع‌های مختلف درباره ریسک خطرات با تکنیک FMEA منتشرشده است. ازجمله اردشیر و همکاران [۵۰]، در مورد ارزیابی ریسک ایمنی در صنعت انبوه‌سازی ساختمان که سقوط از ارتفاع مهم‌ترین خطا در هر دو پروژه مورد بررسی بدست آمده است و میر غفور و همکاران [۶۹] ، در مورد خطاهای بالقوه مربوط به فرآیند لعاب دادن کاشی و سرامیک در یک کارخانه با استفاده از تکنیک FMEA ریسک‌های مربوط به ایمنی و بهداشت و محیط‌زیست را مدنظر قرار داده‌اند. در این تحقیق نیز مخاطرات ایمنی کارکنان فرآیند خط‌نورد مدنظر قرار گرفت. همچنین شناسایی و کنترل خطرات در دو کارخانه تولید گچ که به‌وسیله علی محمدی و همکارش با استفاده از تکنیک FMEA انجام و نتایج ارزیابی دو کارخانه باهم مقایسه شد[۷۰]. مهم‌ترین خطری که در این مطالعه شناسایی‌شده است ریختن آجرنسوز داخل کوره هست. در تحقیق حاضر مهم‌ترین خطر، انتشار اشعه فرابنفش هست. قهرمانی و همکاران نیز با استفاده از تکنیک FMEA در یک صنعت شیمیایی، ۳۰ نقص را شناسایی و موردبررسی قراردادند[۷۱]، در این تحقیق ۱۳۱ مخاطره شناسایی و مورد بررسی قرار داده شد.

محمدیان و همکاران، حیدری و همکار، جوزی و همکاران، دهقان و همکارش برای اولویت‌بندی ریسک‌ها، بر اساس حد در نظر گرفته‌شده، ریسک‌هایی غیرقابل‌قبول شناخته شد و اقدامات کنترلی مناسب برای اصلاح آن‌ها به‌منظور کاهش میزان ریسک و رسیدن به درجه قابل‌قبول صورت پذیرفت. دهقان و همکارش در یک مطالعه موردی در معدن سنگ ساختمانی به کمک روش FMEA خطاهای با عدد اولویت ریسک بالاتر از ۲۲۴ را به‌عنوان خطاهای غیرقابل‌قبول معرفی کرد. در این تحقیق سطح خطاهای بالاتر از ۱۴۰ غیر قابول تعیین شد.

۵-۵- پیشنهادهای کاربردی

مخاطرات محیط و شـرایط کار: با توجه به نتایج تحقیق، مهم‌ترین آیتم انتشـار اشـعه فرابنفش در بخش‌های مختلف فرآیند اسـت که طبق مصـاحبه با مدیران حداقل و سـریع‌ترین اقدام پیشگیرانه که می‌توان انجام شـود اسـتفاده از عینک اسـت. ازجمله اقدامات دیگر جسـت‌وجوی تکنولوژی جدید که جایگزین تکنیک حاضـر شـود و بنچ مارک کردن یا الگوبرداری از صنایع مشابه در کشورهای پیشرفته صـنعتی که برای کاهش خطرات اشـعه فرابنفش چه اقداماتی انجام‌شـده و الگوبرداری شـود. افراد در تماس با این پرتو باید آموزش لازم درزمینهٔ اثرات و خطرات آن را فراگیرند. از وسـایل حفاظت فردی به‌ویژه دست‌کش و پیش‌بند چرمی استفاده گردد.

بر اسـاس نظر مدیران حداقل و سـریع‌ترین اقدام درخطر انتشـار بخارات حاصـله اسـتفاده از ماسـک هسـت. از دیگر اقدامات اسـتفاده از شـمش‌هایی با جنس مرغوب هست. برای کنترل گردوغبار توصیه می‌شـود با بازرسـی و کنترل مجدد خطوط تولید و بررسی میزان کارایی دستگاه‌های تهویه، نسبت به تعمیر و افزایش قدرت مکش این دسـتگاه‌ها درصـورتی‌که کارایی لازم را نداشـته باشـند، اقدام گردد. همچنین با راه‌اندازی سـیسـتم‌های تهویه موضـعی برای بخش‌هایی که ضروری به نظر می‌رسد و ملزم نمودن کارگران بخش‌های مذکور به اسـتفاده نمودن از ماسـک‌های تنفسی در جهت بهبود سلامتی و پیش‌گیری از اختلالات تنفسـی کارگران گامی مؤثر برداشـت. همچنین تهویه بخارات حاصله به‌وسیله مکش‌های قوی در محل ایجاد این بخارات که از سرایت آن به دیگر سالن‌ها جلوگیری به عمل آید.

با توجه به مشـاهدات و اظهارات کارکنان این واحد سـروصـدای زیادی در این خط وجود دارد که مهم‌ترین دلیل آن ماهیت کار دسـتگاه‌ها هسـت. سریع‌ترین اقدام پیشگیرانه استفاده از گوشی هست. لذا پیشنهادهای کاربردی زیر ارائه می‌شود:

- در صورت امکان ایجاد تغییراتی در فرایند تولید.
- تعویض قطعات و دستگاه‌هایی که دچار فرسودگی شده‌اند و یا به‌طور ذاتی صدای زیاد تولید می‌کنند.

- نگهداری صحیح دستگاه‌های سرویس و نگهداری و تعمیر به‌موقع دستگاه‌ها علاوه برافزایش طول عمر.
- گریس کاری و تنظیم قطعات متحرک در دستگاه.
- نصب کاهش‌دهندهٔ صدا (silencer) در صورت امکان بر روی تجهیزات و می‌توان بر روی فن‌هایی که در واحد قرار دارند با نصب صدا خفه کن در این فن‌ها میزان صدا را کاهش داد. این فن‌ها یکی از منابع اصلی صدا در واحد می‌باشند.
- استقرار صحیح دستگاه در محل استفاده کلیه عوامل مکانیکی از قبیل تراز بودن و فاصله دستگاه از دیوارهای جانبی که موجب تولید صدا می‌شود باید موردتوجه قرار گیرد.
- جداسازی بخش‌های پر سروصدا از سایر قسمت‌ها در محیط کادر صورت امکان.

در این خط به علت عملیات حرارتی که وجود دارد، کارگرانی که در مجاورت این عملیات قرار دارند، احتمال گرمازدگی آن‌ها زیاد هست. لذا طرح‌های کنترلی استرس گرمایی پیشنهاد داده می‌شود که به شرح زیر می‌باشند:

- از طریق اتوماسیون یا مکانیزاسیون، فعالیت کاری کارگران کم شود.
- دستگاه‌های تهویه برای افزایش تهویه فراهم شود تا هوای گرم را از محیط خارج شود.
- از فن‌هایی که قابلیت خنک‌سازی محیط رادارند استفاده شود.
- استفاده از سیستم گردش شغلی.
- برقرار نمودن نسبت بین کار و زمان استراحت با توجه به میزان گرما.

ایرادات تجهیزات: شیلنگ‌های هیدرولیکی حامل روغن در بخش‌های مختلف این واحد مورداستفاده قرار می‌گیرد و جزء آیتم‌های مهم بشمار می‌آید. با توجه به اینکه طول عمر شیلنگ‌های هیدرولیکی دائمی نیستند عواملی مانند زیاد خم کردن شیلنگ، پیچاندن آن، گره زدن، له کردن و یا خراشیدن سطح آن می‌تواند عمر شیلنگ را کاهش دهد؛ و همچنین دمای بسیار بالا یا پایین باعث ترک خوردن و آسیب دیدن شیلنگ می‌شود. لذا برای جلوگیری از مخاطرات اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود:

اســتفاده از شــیلنگ‌های باکیفیت بالا و اســتاندارد، کنترل کیفی کالا قبل از خرید، تعمیر و نگهداری صحیح شامل جلوگیری از خوردگی و کشیدگی شیلنگ، تعویض به‌موقع و بازدیدهای دوره‌ای، استفاده از لایه محافظتی برای سطوح بیرونی شیلنگ جهت مقاومت در برابر سایش و درجه حرارتی بالا.

خطر سـقوط شـمش و لوله که هر دو به‌وسـیله جرثقیل حمل می‌شوند. در این خط شمش با جرثقیل سـقفی جابه‌جا می‌شود و در صورت قطع ناگهانی برق عملیات جابجایی متوقف و شمش از آهنربا جدا می‌شـود. لذا اولین اقدامی که باید برای جرثقیل سـقفی انجام شود نصب باطری ذخیره است. جرثقیل حمل لوله در انتهای خط از نوع جرثقیل سـاده هسـت که در صورت امکان از جرثقیل سقفی در اینجا نیز اســتفـاده گردد و از دیگر اقـدامـات لازم برای جرثقیـل حمل لوله بازدیدهای دوره‌ای و تعمیرات به‌موقع و پیشگیرانه، بازرسی روزانه سیم بکسل و قلاب می‌باشد. درهرصورت برای جلوگیری از خطرات ســقوط شــمش و لوله، رعایت نکات ایمنی و رعایت فاصــله ایمنی اپراتور هنگام حمل شــمش و لوله ضـروری و لازم هسـت. از اقدامات دیگر در خطر سـقوط شـمش و لوله، بکارگیری راننده با مهارت بالا برای هدایت جرثقیل لازم و ضروری می‌باشد.

خطای اپراتور: شــرایط خاص کار در ارتفاع، آن را به فعالیتی خاص ازنظر نوع مخاطرات و پیامدهای حوادث احتمالی آن تبدیل نموده اســت. وجود این شــرایط، اقدامات خاصــی را نیز به‌منظور حصــول اطمینان از برقرار شـدن ملاحظات ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست نیاز خواهد داشت. ازجمله اقداماتی که در این واحد برای جلوگیری از بروز این حادثه می‌توان پیشنهادهای زیر داده شود:

- در این قبیل کارها که احتمال سـقوط اشـیاء و افراد زیاد اسـت، استفاده از شبکه‌ها (توری‌های) ایمنی ضروری است (هنگام تعمیر کوره و ریزش پاره‌آجرها).
- انجام کار و یا عبور از محلی که کار در ارتفاع انجام می‌شود، بدون تأیید مهندس ایمنی ممنوع است.
- هنگام کار در ارتفاع اســتفاده از کمربندهای ایمنی مخصــوص کار در ارتفاع مجهز به گیره‌ها و ســایر وسایل نگهداری ابزار ضروری است

- منطقه ممنوعه عبور باید با اســتفاده از علائم هشــداردهنده مشخص گردد و عبور و مرور در آن کنترل شود. در صورت نیاز به عبور یا انجام کار هم‌زمان، باید احتیاط‌های کامل لحاظ و از تجهیزات حفاظتی مناسب، به‌ویژه کلاه ایمنی، استفاده شود.
- برای کلیه کارهایی را که نتوان در ارتفاع با اســتفاده از نردبان یا وســایل دیگر به‌طور اطمینان بخشــی انجام داد بایستی داربست‌های مناسب و کافی فراهم کرد.
- ایمنی پلکان‌ها، راهروها، سطوح شیب‌دار، سطوح باز با استفاده از نرده‌های حفاظتی.

خطر الکتریســیته ازجمله مخاطراتی است که از ابتدا تا انتهای خط‌نورد وجود دارد. اقدامات پیشنهادی کــاربردی کــه در این زمینــه ارائه می‌گردد عبارت‌اند از: در نظر گرفتن دوره‌های آموزشـــی برای کلیه پرسنل این واحد درزمینهٔ آگاهی اولیه از خطر برق‌گرفتگی و روش‌های پیش‌گیری از وقوع این خطر، عایق کردن کابل‌ها، استفاده از سیم‌های مرغوب، تعویض کابل‌های فرسوده و بازدیدهای دوره‌ای.

با توجه به اینکه دستگاه‌ها نیاز به تعمیرات دارند و همچنین در صورت لزوم قطعات بعضی از دستگاه‌ها باید تعویض شــود این قطعات بســیار سنگین می‌باشند. دلیل اکثر خطراتی که در این حوزه حادثه‌ساز اســت عدم رعایت اصــول ایمنی هســت؛ بنابراین از اولین اقدام آموزش نکات ایمنی و الزام رعایت آن هســت. اقداماتی چون آگاهی و آموزش (کافی) اپراتور، اطمینان پیدا کردن از محکم بودن مواد و ابزار، استفاده از نردبان‌هایی که حفاظدار برای دسترسی به قسمت‌های بالای کوره و لزوم بستن توری هنگام تعمیرات داخل کوره که مانع برخود پاره‌آجر به اپراتور شــود. نصــب تابلو و یا برچســب (دســتگاه تحت تعمیر اســت) بر روی کلیه کلیدهای استپ و استارت دستگاه، اعم از کلیدهای موجود در اتاق کنترل و کلیدهای محلی. همچنین در هنگام انجام کار ابزار و وســایل کار در محلی که احتمال ســقوط آن‌ها وجود دارد و یا در مسیر تردد افراد، قرار داده نشود.

پیشنهادهای جهت پیش‌گیری و کنترل حوادث در شرکت:

- انتخاب افراد با توجه به توانایی‌های فیزیکی و روانی آن‌ها
- نصب حفاظ‌های ثابت مناسب برای قسمت‌های خطرناک دستگاه‌ها (فک‌های پرسی‌ها، قسمت‌های متحرک، گردنده و چرخنده دستگاه‌ها)
- پوشاندن سطوح داغ در جهت جلوگیری از تماس مستقیم با آن‌ها
- آموزش و افزایش سطح آگاهی کارگران نسبت به حوادث ناشی از کار و رعایت اصول ایمنی
- ملزم نمودن کارگران به استفاده از وسایل حفاظت فردی از طریق آموزش و فرهنگ‌سازی
- بازرسی از بخش‌های مختلف خط تولید جهت شناسایی خطرات، کشف علل به وجود آورندهٔ حوادث و انجام اقدامات اصلاحی
- آموزش ایمنی در سه رده گوناگون شامل آموزش کارگران، آموزش سرکارگران، آموزش سرپرستان و آموزش مهندسین و مدیریت ارائه شود. برای پربار بودن برنامه‌های آموزشی باید اصولی چون تشویق و تقویت، اطلاع از نتایج، پرمحتوا بودن برنامه، تکرار و تداوم، تازگی موضوع توجه کرد.

۵-۶-محدودیت‌های تحقیق

- محدودیت رفت‌وآمد به کارخانه و نیاز به هماهنگی لازم
- عدم امکان فیلم و عکس گرفتن از دستگاه‌ها برای تحلیل جزئی‌تر
- عدم داشتن وقت کافی مصاحبه شوندگان برای مصاحبه

۵-۷- توصیه تحقیقات آتی

ارزیابی مخاطرات ایمنی کارکنان در صنایع دیگری که مخاطره آمیز هستند مانند کارخانجات ذوب و تولید فولاد، صنایع تولید مواد قابل اشتعال از قبیل رنگ و .... به عنوان تحقیقات آتی توصیه می‌شود. همچنین استفاده از متغیرهای زبانی و یا اعداد فازی و خاکستری در ارزیابی خطرات بالقوه می‌تواند موضوع مناسب دیگری برای انجام تحقیقات بعدی باشد. ارزیابی مدیریت ریسک ایمنی و بهداشت

شغلی در فاز ساخت سکوهای نفتی و برای سیستم ایمنی تعمیرات و نگهداری سکوهای دریایی توصیه می‌شـــود. ارزیـابی خطرات HSE با اســـتفاده از رویکرد DEA-FMEA در صـــنایع مختلف از جمله خودروسازی توصیه می‌شود.

منابع

[۱]. ارجی م. (۱۳۹۲) **"حوادث مربوط به کار آمار مربوط به سال ۱۳۹۱، دفتر آمار و محاسبات اقتصادی و اجتماعی"** سازمان تأمین اجتماعی.

[2]. Behm M.(**2005**) "Linking construction fatalities to the design for construction safety concept" **Safety Science, 43 (8): 589–611.**

[3]. Kapp S. (**1998**) "why job safety analysis work. National Safety Council" **Safety & Health Publication**.

[4]. Rezaee K. (**2005**) "Failure Modes and Effect Analysis(FMEA)" Tehran: Iran's Cooperating Company.

[5]. Halvani G.H. and Zare M. (2005) "Safety system engineering and risk management" Tehran: Asare Sobhan.

[6]. Sharma R.K. and Kumar D. and Kumar P. (**2005**) "Systematic failuremode effect analysis (FMEA) using fuzzy linguistic modelling" **International Journal of Quality & Reliability Management, 22(9) :986-1004.**

[7]. Omidvari M. and Shahbazi D. (**2015**) "Assessing and prioritizinghealth safety and environment risk in hospitals(Case study: Shahid Beheshti University of MedicalSciences) " **Scientific Journal of Ilam University of Medical Sciences. 24(1):43-54** (in Persian).

[8]. Broglie M. and Frosolini M. and Montanari R. (**2003**) "Fuzzy criticality assessment model for failure modes and effects analysis" **International Journal of Quality & Reliability Management, 20, 503–524.**

[9]. Chen L. H. and Ko W. C. (**2009**) " Fuzzy linear programming models for new product design using QFD with FMEA" **Applied Mathematical Modelling, 33, 633–647.**

[10]. Chang C. and Wei C. and Lee Y. (**1999**) "Failure mode and effects analysis using fuzzy method and grey theory" Kybernetes, 28, 1072–1080.

[11]. Zammori F. and Gabbrielli R. (**2011**) "ANP/RPN: A multi criteria evaluation of the risk priority number" **Quality and Reliability Engineering International, 28, 85–104.**

[12]. Franceschini, F. and Galetto, M. (**2001**) " A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA" **International Journal of Production Research, 39, 2991–3002.**

[13]. Kutlu A. C. and Ekmekciog˘lu M. (**2012**) “Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP” **Expert Systems with Applications, 39, 61–67.**

[14]. Dong C. (**2007**) “ Failure mode and effects analysis based on fuzzy utility cost estimation” **International Journal of Quality & Reliability Management, 24, 958–971.**

[15]. Haasl D. F. and Roberts N. H. and Vesely W. E. and Goldberg F. F. (**1981**) “**Fault Tree Handbook**” US Nuclear Regulatory Commission.

[16]. Allen D . J. and Rao M. S. M. (**1980**) “ NEW Algorithms for the synthesis and analysis of Fault Trees I & Ec Fundamentals” .

[17]. Jun L. and Huibin X. (**2012**) “Reliability analysis of aircraft equipment based on FMECA” **Method Phys Proc; 13:25-31**.

[۱۸]. دانا، ت، (**۱۳۸۳**). "نگاهی به جایگاه محیط زیست درنهادهای دولتی، سازمان سب" **نشریه پتروپارس، شماره هفتم، صفحه ۲۷تا۲۸.**

[19]. Ghahremani A. and Nasl-Seraji J. and Adl J.(**2008**) “Process equipment failure mode analysis in a chemical industry” **Iran occupational health journal.1 & 2(5):31-8.**

[20]. Mode PF.(**2002**) “Effects Analysis In Design (Design FMEA) and Potential Failure Mode and Effects Analysis In Manufacturing and Assembly Processes (Process FMEA) Reference Manual” **Society of Automotive Engineers, Surface Vehicle Recommended Practice J. 1739.**

[21]. Oldenhof MT. and Van Leeuwen JF. and Nauta MJ. and De Kaste D. and Odekerken-Rombouts Y. and Vredenbregt MJ. et al. (**2011**) “Consistency of FMEA used in the validation of analytical procedures” **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis. 54(3):592-5.**

[22]. Baydar C. M. and Saitou K.(**2001**) “Prediction and Diagnosis of Propagated Errors in Assembly Systems using Virtual Factories” **Journal of Computing and Information Science in Engineering. 1(3): 261-265.**

[23]. Goble W.M. and Brombacher A.C.(1999) “Using a failure modes, effects and diagnostic analysis (FMEDA) to measure diagnostic coverage in programmable electronic systems” **Reliability engineering & system safety. 66(2):145-8.**

[24].Waterland L.R. And Venkatesh S. and Unnasch S.(**2003**) "Safety and Performance Assessment of Ethanol/diesel Blends (e-diesel) " **National Renewable Energy Laboratory,US.**

[25]. Zhou J. and Stalhaane T. (**2004**) "Using FMEA for early robustness analysis of Web-based systems", **Computer Software and Applications Conference, Proceedings of the Annual International, 2: 28-9.**

[۲۶]. **سیستم‌های مدیریت و بهداشت حرفه‌ای**، موسسه استاندارد و تحقیقات ایران، ISIRI 18001 1st. Edition.

[۲۷]. محمد فام ا. (**۱۳۸۶**) **"ارزیابی و مدیریت ریسک"**

[28]. Guiochet J. and Baron C. (**2004**) "UML based risk analysis-Application to a medical robot" **WileyBlackwell**.

[29]. Mili A., and A. Siadat., et al. (**2008**) "Dynamic management of detected factory events and estimated risks using FMECA" Proceedings of the **IEEE ICMIT**

[30]. Bertolini, M., M. Bevilacqua, et al. (**2006**)"FMECA approach to product traceability in the food industry" **Food Control, 140**

[31]. Rausand, M. and A. Høyland .(**2004**) "System reliability theory: models, statistical methods, and applications" **Wiley-Interscience**.

[32]. Al Saleem A. (2007) "Performance analysis of sanitary wastewater treatment plants: reliability-based analysis" MSc Thesis, King Saoud University College of Engineering, Civil Engineering, Department.

[۳۳]. خاکپور، ی. (۱۳۹۶)، " عوامل تنش آفرین درمحیط کار وحوادث ناشی از رعایت نکردن اصول ایمنی" ، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت و حسابداری، تهران، موسسه آموزش عالی صالحان.

[۳۴]. **کتابچه آموزش شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک برای مسئولین ایمنی کارگاه‌ها**، (۱۳۹۶) مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار.

[35]. IACS. (**2012**)"**A guide to risk assessment in ship operations. London: International Association of Classification Societies**" Jun. Report No.

[۳۶]. دبیری غ، (۱۳۸۸) ،**"آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن مفاهیم و روش پیاده سازی"**. ناشر: مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران.

[۳۷]. فعله گری ر، (۱۳۹۶)، پایان نامه ارشد :"بررسی و رتبه بندی عوامل شکست با استفاده از رویکرد تحلیل حالات بالقوه خرابی چند صفته (MAFMA) در شرایط فازی" ، دانشکده صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی شاهرود.

[۳۸]. خراسانی ا، (**۱۳۹۵**) **"کاربرد تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات خرابی در فرآیند آموزش و توسعه منابع"**. علم استادان.

[39]. Chang J.(**2009**) "Reprioritization of failure in a silane supply system using an intuitionistic fuzzy set ranking technique" **ACM**., Department of Defense, Washington, DC.

[40]. Bowles J. (**1998**) "The new SAE FMECA standard" **Wiley, New York; P. 4.**

[۴۱]. علی محمدی ا. و میرزایی ف. (۱۳۹۳) "شناسایی و ارزیابی مخاطرات کوره کارخانه سیمان با استفاده از رویکردهای RPN و ماتریس بحرانی آنالیز" **مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، دوره ۲۲،شماره ۱.**

[۴۲]. محمد فام ا. (**۱۳۹۰**)، **"مهندسی ایمنی "**، چاپ ششم، انتشارات فناوران، تهران.

[43]. Vesely W.and et. al. (**2002**) "**Fault Tree Handbook with Aerospace Applications**" National Aeronautics.

[44]. Kecojevic V. and Zhang M. (**2013**) "Investigation of Haul Truck-Related accidents in surface miningusing fault tree analysis" **Safety Science.**

[45]. Ioannis A.P. (**1998**) " Mathematical foundations of event trees" **Reliability Engineeri**.

[46]. Boror R. (**2009**) "**Safety and health for engineers**" Translated by: Halvani GH. Tehran: AsareSobhan publication: 281-284.

[۴۷]. حلوانی غ. و سلطانی گرد فرامرزی رضیه. و علی محمدی م. وکیانی زهرا. (**۱۳۹۰**)" شناسایی و ارزیابی خطر آزمایشگاه‌های دانشگاه علوم پزشکی یزد با استفاده از چک لیست‌های استاندارد" **فصلنامه علمی تخصصی طب کار ، دوره سوم، شماره اول، صفحات ۲۱-۲۷**

[۴۸]. حیدری م. و سلمانی ح. و نظری ی. (**۱۳۸۵**) "بررسی ایمنی یک شرکت داروسازی با استفاده از روش تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و آثار آن" **فصل نامه سلامت کار ایرانیان. دوره ۳ شماره، ۱و۲.**

[۴۹]. جعفری م. و قراری ن. و قربانی غ. (**۱۳۹۱**) "مدیریت خطر و اثر بخشی اقدامات پیشگیرانه در ایمنی ناوگان ریلی تونل البرز"**مجله سلامت و بهداشت اردبیل، دوره سوم، شماره اول، ۱۷ -۷.**

[۵۰]. اردشیر ع. و امیری م. و مهاجری مهدی. (**۱۳۹۲**) "ارزیابی ریسک‌های ایمنی درپروژه‌های انبوه‌سازی با استفاده از ترکیب روش‌های فازی FMEA، فازی FTAو AHP-DEA "**ماهنامه سلامت کار ایرانیان، دوره ۱۰، شماره ۶.**

[۵۱]. جوزی ع. و جعفرزاده ن. و حقیقی فرد. و افضلی بهبهانی نگار. (**۱۳۹۳**) " شناسایی و ارزیابی ریسک مخاطرات ناشی از خطوط انتقال برق ولتاژ بالا درمناطق مسکونی با استفاده از روش تجزیه وتحلیل حالات شکست و اثرات آن(FMEA)" **مجله سلامت و محیط، فصلنامهٔ علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران**، دوره هفتم، شماره اول، صفحات ۵۵ تا ۶۴

[۵۲]. محمدیان م. و هاشمی‌نژاد ن. (**۱۳۹۳**) "آنالیز خطر در کارخانه صنعتی خانه‌های پلی ون با استفاده از روش FMEA"**مجله دانشگاه علوم پزشکی جیرفت**. ۵۸-۴۹.

[۵۳]. میکائیل ر. و جعفرپور ا. و حبوبه ع. (**۱۳۹۶**) "تحلیل ریسک ایمنی استخراج با سیم برش الماسه به روش FMEA در معادن مرمریت بادکی قره ضیاءالدین" **نشریه مهندسی منابع معدنی**. دوره دوم، شماره۱، ۸۴- ۷۵.

[۵۴]. پورنگ ن. و اساعیلی ف. و رنجبریان م. (**۱۳۹۶**) "ارزیابی ریسک مخاطرات بالقوه ایمنی کارکنان آزمایشگاه‌های سه مرکزپژوهشی علوم شیلاتی با بکارگیری روش تجزیه وتحلیل عوامل شکست و آثار آن و تحلیل‌های آماری" **مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامهٔ علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ا یران**. دوره دهم، شماره اوّل ، ۱۰۲-۸۷ .

[۵۵] . دهقان س. و ستاری ق. (**۱۳۹۶**) "مدیریت و تحلیل ریسک ایمنی در معادن سنگ ساختمانی" **مجله ارتقای ایمنی و پیشگیری از مصدومیت ها**. دوره ۵. شماره ۱، ۴ -۳۳.

[56]. Bowles J.B. and Peláez C.E. (**1995**) "Fuzzy logic prioritizationof failures in a system failure mode, effects and criticality analysis" **Reliability Engineering &System Safety**.203-213

[57]. Liu H.T. and Tsai Y. l. (**2012**) "A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry" **Safety Science 50, 1067–1078.**

[58]. Kumar N.P. (**2012**) "Risk Analysis by Using Failure Mode and Effects Analysis for Safe Mining" **International Journal of Science and Research (IJSR) ISSN (Online): 2319-7064 Impact Factor : 3.358.**

[59]. Liu C.T. and Hwang S.L., and Lin I.K. (2013) " Safety Analysis of Combined FMEA and FTA with Computer Software Assistance – Take Photovoltaic Plant for Example IFAC" Conference on Manufacturing Modelling, Management, and Control International Federation of Automatic Control June 19-21, Saint Petersburg, Russia.

[60]. Streimelweger B. and Wac K. and Seiringer W.(**2015**) " Improving Patient Safety Through Human-Factor-Based Risk Management" **Procedia Computer Science 64 79 – 86**

[61]. Zarei E. and Azadeh A. and Khakzad N. and Mohammadfam I. (**2016**) "Dynamic safety assessment of natural gas stations using Bayesian Network" **Journal of Hazardous Materials.**

[62]. Bao J. and Johansson J. and Zhang J. (**2017**) "An Occupational Disease Assessment of the Mining Industry's Occupational Health and Safety Management System Based on FMEAand an Improved AHP Model" **Sustainabilit MDPI**.

[63]. Yousefi S. and Alizadeh A. and Hayati J. and Baghery M. (**2018**) "HSE risk prioritization using robust DEA-FMEA approach with undesirable outputs: A study of automotive parts industry in Iran" **Safety Science**.

[64]. Peeters J.F.W. and Basten r.J.I. and Tinga T. (**2018)** " Improving failure analysis efficiency by combining FTF and FMEA in a recursive manner " **Reliability Engineering & System Safety - Journal – Elsevier.**

[65]. Renjith V.R. and kalathil M .J. and Kumara P. H. and Madhavanb D. (**2018**) "Fuzzy FMECA (failure mode effect and criticality analysis) of LNG storage facility" **Journal of Loss Prevention in the Process Industries.**

[66]. Hejazi S.(**2006**) “Sampling and its variants” **Introduction to Research Methodology in Medical Sciences.** Tehran: Islamic Azad University; [In Persian]

[67].Abedsaiedi J. and Amiraliakbari S.(**2012**) “Research Methods in Medical Sciences and health”Tehran: **Jamenegar-Salemi Pub**. [In Persian]

[68]. Burns N. and Grove S.K. (1993)“**The practice of nursing research. 2nd ed. Philadelphia: W.B**” Saunders Company; 4.

[69]. Mirghafoori S.H. and Asadian Ardakani F. and Azizi F.(**2014**) “Developing a method for risk analysis in tile and ceramic industry using failure mode and effects analysis by dataenvelopmentanalysis” **Iranian Journal of Management Studies (IJMS). 7(2):343-63.**

[۷۰] . علی محمدی ا. عدل ج. (**۱۳۸۷**) "مقایسه کوره موجود در دو کارخانه تولید گچ به وسیله روش تجزیه‌وتحلیل شکست و آثار آن " **فصنامه سلامت کار ایرانیان**، دوره ۵، شماره ۱و۲.

[۷۱]. قهرمانی ا. و عدل ج. و نسل سراجی ج. (**۱۳۸۷**) "تجزیه‌وتحلیل حالات نقص تجهیزات فرآیندی در یک صنعت شیمیایی" **فصل نامه سلامت کار ایرانیان**، دوره ۵، شماره ۱و۲.

Abstract

Millions of work-related accidents happen every year. Some of these accidents cause deaths and others cause temporary disability, which may last for months. Work-related accidents cause discomfort to people and economic losses, and society suffers a lot. It is therefore important to avoid them.

Therefore, in this research, considering the importance of personnel safety issues and public attention to reduce the employees' hazards, the issue of safety risk assessment of the employees of roll Gostar Company was investigated.

Sampling was carried out using snowball method. The method of collecting data in the early stages of the type of library study, which is obtained by studying numerous articles. Then, the line-rolling process was examined through an open interview with a number of staff and supervisors working at luleh Gostar Company. After that, the potential scenarios of the fault that led to injury and human casualties were identified. In this research, the FMEA technique, an analytical method, is used to assess and identify hazards. Finally, the resulting risks were listed for valuation in the FMEA table. The valuation of S, O, and D items was done using a questionnaire and by experts. In the following, the risk priority number was calculated using Excel software and priority hazard has been identified. Then, using the FMEA, FMECA technique, the criticality matrix of the FMECA technique was drawn using two items of intensity and probability of occurrence. It is necessary to root the root causes for controlling accidents. The FTA method was graphically mapped to the root causes of priority events.

In assessing 110 risks in the rolling line have been identified. These hazards have 131 effects on employee safety. Risk numbers range from 6 to 554, with a critical risk equivalent of 140, of which 52 are among the unacceptable and high risk levels.

Key words: Employee safety, hazards, FMEA, FMECA, FTA

Shahrood University of Technology

Faculty of Industrial Engineering and Management

M.Sc. Thesis in Industrial Management

Identification And Ranking Of Employee Safety Hazards Using The Analysis Of Failure Analysis And its Effects A Case Study Of luleh Gostar Esfarayne Company

By: Zahra Karamati Zadeh

Supervisor:

Dr. Seyed Mohammad Hassan Hosseini

November 2018