



مؤسسه آموزش عالی غیر دولتی غیر انتفاعی انرژی

عنوان پایان نامه یا رساله

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FMEA، FTA و AHP با رویکرد

فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

پایان نامه یا رساله برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی شیمی گرایش HSE

نام دانشجو:

جلال عباسی

استاد راهنمای اول:

جناب آقای دکتر محسن فلاحتی

استاد راهنمای دوم:

جناب آقای دکتر مصطفی عادل زاده

دی ماه ۱۳۹۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به

پدرم به استواری کوه

مادرم به زلالی چشمه

همسرم به صمیمیت باران

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: کلیات تحقیق
۲	۱-۱- مقدمه
۲	۱-۲- بیان مساله
۴	۱-۳- ضرورت تحقیق
۴	۱-۴- سوالات تحقیق
۵	۱-۵- قلمرو مکانی و زمانی تحقیق
۷	فصل دوم: مقدمه
۷	۲-۱- مبانی نظری پژوهش
۷	۲-۱-۱- تعریف ایمنی
۸	۲-۱-۲- تاریخچه ایمنی
۹	۲-۱-۳- سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست
۹	۲-۱-۴- ویژگی های سیستم های موفق ایمنی
۱۰	۲-۱-۵- نگرش سیستماتیک به ایمنی
۱۰	۲-۱-۶- عناصر نظام مدیریتی HSE-MS
۱۱	۲-۱-۷- استانداردهای مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست
۱۲	۲-۱-۸- گستره کاربردهای ایمنی
۱۳	۲-۱-۹- آشنایی با اصطلاحات ایمنی
۱۳	۲-۱-۹-۱- رویداد

۱۳	۲-۱-۹-۲- خطر
۱۳	۲-۱-۹-۳- مخاطره
۱۴	۲-۱-۹-۴- حادثه
۱۴	۲-۱-۱۰- تشخیص و شناسایی خطرات
۱۵	۲-۱-۱۱- ریسک
۱۶	۲-۱-۱۲- خصوصیات ریسک
۱۶	۲-۱-۱۳- ریسک قابل قبول
۱۷	۲-۱-۱۴- ارزیابی ریسک
۱۷	۲-۱-۱۴-۱- شناسایی ریسک
۱۸	۲-۱-۱۴-۲- شناسایی افراد در معرض خطر
۱۹	۲-۱-۱۴-۳- ارزیابی اقدامات احتیاطی و پیشگیرانه موجود
۱۹	۲-۱-۱۴-۴- ثبت یافته ها
۱۹	۲-۱-۱۴-۵- حذف خطرات
۲۰	۲-۱-۱۵- مدیریت ریسک
۲۱	۲-۱-۱۶- اصول و قوانین هفت گانه جهت رفع ریسک ها و بهبود عملکرد ایمنی
۲۳	۲-۱-۱۷- معرفی تکنیک های ارزیابی ریسک
۲۴	۲-۱-۱۸- روش حالات شکست و تحلیل اثرات آن (FMEA)
۲۵	۲-۱-۱۹- تاریخچه FMEA
۲۶	۲-۱-۲۰- مراحل اجرای روش ارزیابی ریسک FMEA
۲۶	۲-۱-۲۱- محدودیت های روش ارزیابی ریسک FMEA

۲۷	۲-۱-۲۲- اهداف روش ارزیابی ریسک FMEA
۲۸	۲-۱-۲۳- ارزیابی ریسک آنالیز درخت خطا FTA
۲۹	۲-۱-۲۴- روش های انجام تحلیل درخت خطا FTA
۲۹	۲-۱-۲۴-۱- تحلیل کیفی
۲۹	۲-۱-۲۴-۲- تحلیل کمی
۳۰	۲-۱-۲۵- حوادث ناشی از کار
۳۰	۲-۱-۲۶- شاخص های پایش میزان موفقیت ارزیابی ریسک در کاهش حوادث
۳۰	۲-۱-۲۶-۱- ضریب تکرار حوادث (AFR)
۳۱	۲-۱-۲۶-۲- ضریب شدت حوادث (ASR)
۳۱	۲-۱-۲۶-۳- شاخص شدت - تکرار حادثه (FSI)
۳۱	۲-۱-۲۶-۴- ضریب وفور حوادث مرگبار (FAFR)
۳۲	۲-۱-۲۷- نقش انگیزه کارکنان در همکاری با برنامه های ارزیابی ریسک و ایجاد رضایت شغلی
۳۲	۲-۱-۲۸- نقش اقدامات کنترلی در اثربخشی ارزیابی ریسک
۳۳	۲-۱-۲۹- اولویت بندی اقدامات کنترلی بر اساس ارزیابی ریسک
۳۵	۲-۲- معرفی سازمان
۳۵	۲-۲-۱- جایگاه صنعت فولاد و تاریخچه ی آن در ایران
۳۶	۲-۲-۲- چشم انداز ۱۴۰۴ فولاد ایران
۳۷	۲-۲-۳- برخی از مخاطرات ایمنی صنایع فولاد
۳۹	۲-۳- پیشینه پژوهش

۳۹	۱-۳-۲- مطالعات داخلی
۴۳	۲-۳-۲- مطالعات خارجی
۴۶	فصل سوم: <u>روش تحقیق</u>
۴۷	۱-۳- مقدمه
۴۷	۲-۳- اهداف تحقیق
۴۸	۳-۳- نوع پژوهش
۴۸	۴-۳- روش تحقیق
۵۰	۵-۳- روش گردآوری داده‌ها
۵۱	۶-۳- جامعه آماری
۵۱	۷-۳- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات فنی و تخصصی
۵۲	۸-۳- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات
۵۲	۱-۸-۳- تکنیک درخت خطا FTA
۵۴	۲-۸-۳- روش بدست آوردن احتمال وقوع حوادث
۶۰	۳-۸-۳- روش بدست آوردن احتمال شناسایی / کنترل ریسک حوادث
۶۱	۴-۸-۳- محاسبه شدت پیامد حادثه
۶۹	۵-۸-۳- تکنیک FMEA
۷۷	۶-۸-۳- تکنیک دلفی
۷۹	فصل چهارم: <u>نتایج و تفسیر آن‌ها</u>
۸۰	۱-۴- مقدمه
	۲-۴- مهمترین حوادث در فاز تولید صنایع فولاد کدامند و علل اصلی بروز حوادث منتخب

چیست؟

۸۰

۳-۴- ترسیم علل اصلی بروز حوادث منتخب به صورت درخت واره چگونه است؟ ۸۵

۴-۴- امکان وقوع هر رویداد پایه با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصان خبره چقدر است؟

۹۶

۵-۴- احتمال وقوع حوادث اصلی با استفاده از اجماع نظر متخصصان در محیط فازی چقدر

۹۹

است؟

۶-۴- احتمال کشف هر رویداد پایه با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصان خبره چقدر است؟

۱۰۵

۷-۴- احتمال شناسایی / کشف حوادث در محیط فازی چقدر است؟ ۱۰۸

۴-۸- آیا می‌توان از معیارهای شدت پیامد حوادث نمودار سلسله مراتبی تهیه کرد؟ ۱۱۶

۴-۹- رتبه بندی حوادث بر اساس شدت پیامد هر حادثه با استفاده از ماتریس مقایسه های

۱۱۸

زوجی چگونه است؟

۴-۹-۱- تعیین اولویت معیارهای اصلی براساس هدف ۱۱۸

۴-۹-۲- مقایسه و تعیین اولویت گزینه ها (حوادث) ۱۲۱

۴-۹-۲-۱- مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار جانی ۱۲۱

۴-۹-۲-۲- مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار مالی ۱۲۲

۴-۹-۲-۳- مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار زیست محیطی ۱۲۴

۴-۹-۲-۳- مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار اعتبار یا وجهه سازمانی ۱۲۵

۴-۱۰- مهمترین حوادث براساس معیارهای شدت پیامد با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی

۱۲۶

کدامند؟

۴-۱۱- مقدار RPN فازی برای هر حادثه چقدر است؟ ۱۲۸

۴-۱۲- مهمترین حوادث صنایع فولاد از نظر مقادیر RPN فازی کدامند؟ ۱۲۸

۱۳۰	فصل پنجم: جمع‌بندی و پیشنهادات
۱۳۱	۱-۵- مقدمه
۱۳۲	۲-۵- خلاصه پژوهش
۱۳۳	۳-۵- مقایسه با تحقیقات پیشین
۱۳۴	۵-۴- محدودیت‌های پژوهش
۱۳۵	۵-۵- پیشنهادات پژوهش
۱۳۵	۱-۵-۵- پیشنهادات کاربردی
۱۳۸	۵-۶- پیشنهاداتی برای تحقیقات بعدی
۱۳۹	مراجع
۱۴۵	پیوست

چکیده

این تحقیق با هدف ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FMEA، FTA و AHP با رویکرد فازی در فاز بهره برداری صنایع فولاد صورت گرفته است. از نظر دسته بندی تحقیقات برحسب هدف یک تحقیق کاربردی می باشد، از نظر نحوه گردآوری داده ها توصیفی - غیرآزمایشی است و در میان انواع روش های تحقیق توصیفی در زمره مطالعه موردی قرار گرفته است. جامعه آماری تحقیق برای پرسشنامه تعداد ۱۶ نفر از خبرگان صنعت فولاد در حوزه مورد مطالعه را شامل شده است که پرسشنامه خبرگان در میان آن ها پخش شد. بر اساس مطالعات صورت گرفته معیارهای اصلی تحقیق شامل جانی، مالی، زیست محیطی و اعتبار یا وجهه سازمانی می باشد. برای تجزیه و تحلیل داده ها ابتدا با استفاده از تکنیک دلفی به غربال حوادث پرداخته شد و ۴ حادثه سقوط از ارتفاع، سقوط اشیاء، برخورد شیء و گیر کردن بین دو شیء مورد بررسی قرار گرفته شد، در ادامه با استفاده از ادغام درخت خطا و پرسشنامه فازی مقدار عددی احتمال وقوع و کشف حوادث و نیز با استفاده از AHP فازی مقدار عددی شدت رخداد حوادث بدست آمد و در آخر با ضرب این سه عدد میزان RPN برای روش FMEA هر یک از حوادث بدست آمد، بر این اساس به این نتیجه رسید که حادثه " سقوط از ارتفاع " با RPN برابر ۰/۳۲۶۳ در اولویت اول قرار دارد.

کلیدواژه: ارزیابی ریسک، صنایع فولاد، FMEA، FTA، AHP فازی

فصل اول:

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

در این فصل کلیات مربوط پژوهش ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد مورد بررسی قرار می گیرد. به این ترتیب که در ابتدا به شرح و بیان مسئله پژوهشی پرداخته می شود تا مبانی لازم جهت توجیه چرایی انجام پژوهش حاضر فراهم آید. در ادامه اهداف پژوهش بیان می شود. سپس قلمرو پژوهش به لحاظ زمانی و مکانی معین می شود و روش مورد استفاده در پژوهش حاضر به اختصار توضیح داده می شود. در نهایت نیز به تعریف کاربردی واژه های پژوهش پرداخته می شود تا مطالعه پژوهش حاضر به صورتی ساده و قابل فهم میسر شود.

۱-۲- بیان مساله

مدیریت ریسک شامل کلیه اقدامات برای شناسایی، تحلیل، ارزیابی، نظارت و کنترل ریسک ها می باشد. استراتژی مدیریت ریسک شامل فرآیند تحلیل سیستماتیک و مستمر ریسک می شود. جمع آوری اطلاعات سخت ترین مرحله در فرآیند مدیریت ریسک است و تجزیه و تحلیل ریسک و ارزیابی آن با استفاده از روش های ویژه انجام می شود (۱).

FTA یک روش رش قیاسی و آنالیز نموداری برای تعیین علل ریشه ای و احتمال رخداد رویداد اصلی می باشد در ارزیابی ریسک کمی، ارزشیابی رویداد ناخواسته اصلی با استفاده از احتمال وقوع رویدادهای پایه تعیین می شود. با روش FTA سنتی زمانی می توان یک ارزیابی دقیق انجام داد که کل داده های شکست رویدادهای پایه در دسترس باشد و تعیین احتمال رویداد اصلی در مواقعی که داده جزئی، همراه با عدم قطعیت، عدم صحت و مبهم باشد مشکل می باشد (۲).

ایمنی و قابلیت اطمینان یک مسئله مهم در پیچیدگی و ایمنی سیستم های مهندسی حیاتی است. در سیستم های پیچیده با توجه به اطلاعات ناکافی یا خصوصیات مبهم سیستم تخمین احتمال دقیق شکست و پیش بینی قابلیت اطمینان دشوار است. منطق فازی یک ابزار ریاضی برای مدل سازی دقت و عدم اطمینان

است. FTA فازی در سیستم های پیچیده باداده های ذهنی، کمی و کیفی غیر قابل اطمینان یک روش مناسب برای تعیین احتمال شکست ریداد پایه بااستفاده از نظر خبرگان است (۳).

FMEA ابتدا در اواسط دهه ۱۹۶۰ در صنایع هوافضا به عنوان یک ابزار پیشگیری از رخداد حوادث و رویداد ایمنی مرسوم بود. واین روش بیش تر بر مباحث ایمنی متمرکز بود. بعد از قرن بیستم، صنایع خودروسازی ایالات متحده آمریکا از تکنیک FMEA به عنوان ابزار بهبود کیفیت استفاده می کردند. همچنین روش FMEA توسط استانداردهای بین المللی یک تکنیک ارزیابی ریسک توصیه شده است (۴).

FMEA یکی از تکنیک های مهم برای شناسایی و برطرف کردن نقص هایی با پتانسیل بالا به منظور افزایش اطمینان و ایمنی سیستم های پیچیده استفاده می شد و عدد الویت ریسک (RPN) ترکیبی از سه پارامتر احتمال (O)، شدت (S) و احتمال کشف (D) است (۵).

اگر چه FMEA یک تکنیک خوب برای جلوگیری از رخداد شکست هایی است که ممکن است اتفاق بیفتد. این روش دارای محدودیت هایی می باشد: در محاسبه RPN اهمیت نسبی پارامترهای O،S و D منظور نشده و وزن آن ها یکسان در نظر گرفته می شود این در حالی است که در کاربردهای واقعی این موضوع می تواند محدودیت ایجاد کند. به طو معمول این سه فاکتور برای اریابی دقیق مشکل می باشند (۶).

AHP یکی از شناخته ترین تکنیک های تصمیم گیری چند معیاره است که اولین بار توسط ساعتی پیشنهاد شده بود. AHP کلاسیک قضاوت های قطعی تصمیم گیرندگان را در نظر می گیرد. اگرچه AHP کلاسیک شامل عقاید متخصصان است منجر به ارزشیابی شاخص های چند معیاره می شود اما قادر به انعکاس اندیشه های مبهم بشریت نیست. وقتی اطلاعات در دسترس غیر قابل اطمینان، ناقص و مبهم است نظریه مجموعه فازی یک چهارچوب ریاضی کارآمد و موثر برای تخمین میزان نقص ها است (۷).

۳-۱- ضرورت تحقیق

به گونه ای که این حوادث و آسیب های زیست محیطی ناشی از فعالیت های صنعتی خسارات جبران ناپذیر فراوانی را به سازمان ها وارد کرده است (۸). صنایع فولاد از جمله صنایع پرخطر برای محیط زیست محسوب می شوند (۹). در این میان صنایعی بزرگی چون آهن و فولاد پیامدها و مشکلات زیست محیطی فراوانی به وجود می آورند. اما در صورتی که فعالیتهای این صنایع با برنامه ریزی و رعایت مسائل زیست محیطی همراه باشد اثرات نامطلوب تا حد قابل قبولی کاهش خواهد یافت (۹). از جمله این مشکلات زیست محیطی تولید ضایعات، پسماندها، آلودگی آب، هوا، خاک و صوت است (۱۰).

همچنین این صنایع از بزرگترین مصرف کنندگان انرژی در بخش صنعت هستند به طوری که ۱۲ درصد از انرژی تولیدی در جهان در این بخش مورد استفاده قرار می گیرد. این در حالی است که صنایع آهن و فولاد نقش مهمی در توسعه و رشد اقتصادی کشورها دارد و یکی از اولویت های برنامه ی توسعه کشورها هستند. این صنعت در ایران به دلیل داشتن رتبه ۱۵ در جهان و رتبه اول در خاورمیانه نقش مهمی در توسعه و اقتصاد ایران دارد (۹). بنابراین ارزیابی ریسک در صنایع فولاد و پرداختن به آن از اهمیت زیادی برخوردار است.

۴-۱- سوالات تحقیق

- مهمترین حوادث در فاز تولید صنایع فولاد کدامند؟
- علل اصلی بروز حوادث منتخب چیست ؟
- ترسیم علل اصلی بروز حوادث منتخب به صورت درخت واره چگونه است؟
- امکان وقوع هر رویداد پایه با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصان خبره چقدر است ؟
- احتمال وقوع حوادث اصلی با استفاده از اجماع نظر متخصصان در محیط فازی چقدر است ؟
- مهمترین مجموعه برشی در رخداد حوادث اصلی کدام است؟
- احتمال شناسایی / کشف حوادث در محیط فازی چقدر است ؟
- آیا می توان از معیارهای شدت پیامد حوادث نمودار سلسله مراتبی تهیه کرد؟

- رتبه بندی حوادث بر اساس شدت پیامد هر حادثه با استفاده از ماتریس مقایسه های زوجی چگونه است ؟
- مهمترین حوادث براساس معیارهای شدت پیامد با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی کدامند؟
- مقدار RPN فازی برای هر حادثه چقدر است ؟
- مهمترین حوادث صنایع فولاد از نظر مقادیر RPN فازی کدامند؟

۵-۱- قلمرو مکانی و زمانی تحقیق

- الف: قلمرو موضوعی: این مطالعه در ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی انجام شده است.
- ب: قلمرو مکانی تحقیق: تحقیق حاضر در فاز بهره برداری صنایع فولاد انجام شده است.
- ج: قلمرو زمانی تحقیق: تحقیق حاضر سال در سال ۹۸ و ۹۹ صورت پذیرفته است.

فصل دوم:

ادبیات پژوهش بررسی متون و مبانی نظری

مقدمه

نیروی کار و تجهیزات هر کشور، به ویژه کشورهای در حال توسعه بخش پراهمیتی از سرمایه های ملی دانسته شده و از پایه های توسعه اقتصادی و اجتماعی به شمار می رود. بدون شک شکوفایی و خودکفایی اقتصاد و صنعت بدون داشتن نیروی کار و تجهیزات سالم امکان پذیر نخواهد بود. از طرفی در دنیای پیشرفته و مدرن امروز، کلیه کارها و امور به تکنولوژی پیچیده و پرمخاطره وابسته می باشد. بنابراین همواره ترسی مبنی بر آن که حوادث ناشی از کار، خسارات جبران ناپذیری به سازمان وارد آورد، در اذهان به وجود می آید. طبق آمارهای ناشی از حوادث صنعتی از سال ۱۹۰۰ تاکنون، تلفات حوادث ناشی از کار به مراتب بیشتر از تلفات جنگ و سایر بلایای طبیعی بوده است. سازمان جهانی کار در سال ۲۰۰۹ اعلام نموده که سالانه ۲۷۰ میلیون حادثه شغلی در جهان اتفاق می افتد که باعث غیبت بیشتر از سه روز کاری می گردد و ۲۱۰ هزار حادثه منجر به مرگ در محیط های کاری سراسر دنیا رخ می دهد. از این رو، روش های خاصی برای شناسایی و اندازه گیری خطرات موجود در واحدهای صنعتی استفاده می گردد (۱۱). بنابراین در این تحقیق در ابتدا مرور ادبیات در زمینه ی ارزیابی ریسک ایمنی بیان شده، سپس صنایع فولاد به عنوان مطالعه موردی تحقیق حاضر معرفی شده و سپس به مرور پیشینه ی تحقیقات پیشین پرداخته شده است.

۱-۲- مبانی نظری پژوهش

۱-۱-۲- تعریف ایمنی

ایمنی در لغت به معنی شرایط آزاد بودن از مشکلات یا آزاد بودن از شرایطی که موجب آسیب، صدمه یا خسارت می شود. در واقع ایمنی در بر گیرنده مجموعه تمهیداتی که جهت جلوگیری از بروز یا تخفیف آثار و عوارض نامساعد جانی و مالی حوادث طبیعی و غیر طبیعی نظیر سیل، طوفان، آتش سوزی، تصادف رانندگی و غیره صورت می گیرد است. ایمنی در یک سیستم ممکن است به عنوان کیفیتی از سیستم تعریف شود که اجازه می دهد سیستم تحت شرایط از پیش تعیین شده با حداقل خسارت ناشی از حادثه عمل کند. شورای ملی ایمنی ایالات متحده نیز در گزارش سالیانه (۱۹۸۹) ایمنی را کنترل خطرات برای دست یابی به سطح قابل

پذیرش از ریسک می‌داند. شایان ذکر است منظور از ریسک، حاصل ضرب احتمال وقوع حادثه در شدت حادثه بوده و در ایمنی الزاماً به مفهوم ضرر و زیان است و بر خلاف مفهوم ریسک مورد استفاده در محاورات روزمره و تجاری، مفهوم برد و باخت ندارد، بلکه ریسک کردن در ایمنی، فقط باخت (خسارت جانی یا مادی) به دنبال دارد. از سوی دیگر ایمنی را می‌توان مصونیت در برابر آسیب‌های ناشی از حوادث، اعم از طبیعی و غیر طبیعی (انسان ساخت) معنا کرد. در هر پروژه و صنعت یک سری مخاطرات ایمنی^۱ وجود دارد که در صورت عدم رفع آن مغایرت‌ها ممکن است منجر به حوادثی شود. در زمینه ایمنی در پروژه‌ها، مسائل گسترده‌ای مطرح می‌شود که خود شامل چند دسته است:

- ۱) دسته اول مربوط به ایمنی در عملیات می‌باشد که شامل حفاری، کار در ارتفاع، جوشکاری و برشکاری، ایمنی ماشین آلات و... می‌باشد.
- ۲) دسته دوم مربوط به ایمنی در پروژه‌ها است که شامل ایمنی انبار، مدیریت حریق، محصورسازی، علائم هشداردهنده و... می‌باشد.
- ۳) دسته سوم شامل ایمنی اشخاص در پروژه‌ها می‌باشد که شامل استفاده از تجهیزات حفاظت فردی است (۱۲).

۲-۱-۲- تاریخچه ایمنی

اساساً تئوری‌ها و ایده‌های مرتبط به ایمنی پس از قرن نوزدهم به منظور بهبود شرایط محیطی و اجتماعی و از طریق سیاست گذاری‌هایی در اسکان، بهداشت، شرایط شغلی، مراقبت‌های بهداشتی و مواردی از این دست به وجود آمدند. بهداشت و ایمنی قبل از ایجاد تشکیلات نظام یافته امروز در دنیا تحت عنوان HSE، در صنایع مختلف با سابقه‌ای حدود دو قرن تحت یک واحد فعالیت داشته و وظایف آنها از یکدیگر غیر قابل تفکیک بوده است. در این میان بهداشت حرفه‌ای، بخش مهمی از سلامت کارکنان را تشکیل می‌داده است به طوری که با ارائه خدمات فنی و با کنترل عوامل زیان آور محیط کار از وقوع بیماری در کارکنان و کارگران پیشگیری می‌

¹ (S) - safety

نموده و با ایجاد محیط های کاری سالم، سعی در کاهش ریسک پذیری فردی و محیطی در بروز خطرات داشته است (۱۳).

۳-۱-۲- سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست

در سال های اخیر سیستم مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE) به منزله ابزار مدیریتی برای کنترل و بهبود مسائل در کلیه طرح های توسعه ای و صنعتی مطرح شده است، این سیستم با بررسی همزمان فاکتورهای بهداشت، ایمنی و محیط زیست زمینه مناسبی برای استقرار و اجرای استانداردهای مدیریت محیط زیستی ISO 14001 و معیارهای ایمنی و بهداشت حرفه ای (OHSAS 18001) ایجاد می کند. مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست سیستمی است که به صورت یکپارچه و با استفاده از نیروی انسانی، امکانات و تجهیزات سعی در ایجاد محیطی سالم، دلپذیر، بانشاط و به دور از حادثه دارد (۱۴).

۴-۱-۲- ویژگی های سیستم های موفق ایمنی

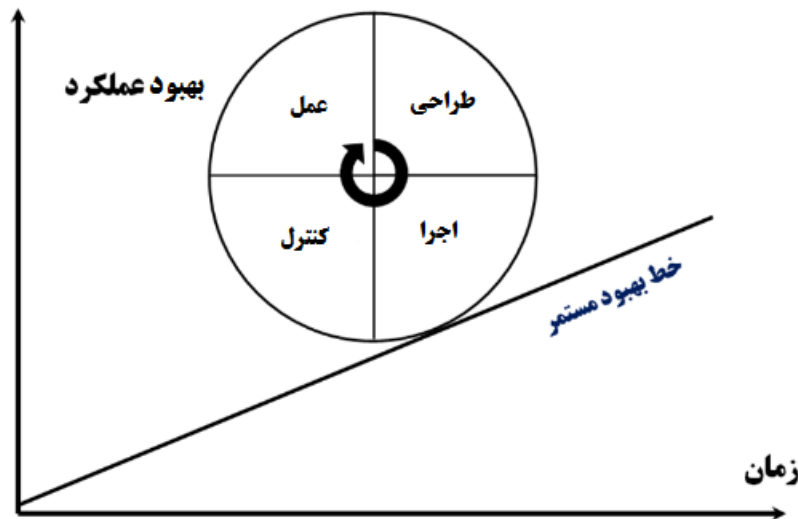
سیستم موفق ایمنی سیستمی است که بر مبنای چرخه دمینگ^۱ (PDCA) طرح ریزی شده باشد. این سیستم دارای پنج مرحله ای است که اجرای آن موجب بهبود مستمر سیستم ایمنی در سازمان خواهد شد که این مراحل به شرح ذیل می باشند:

- ✓ طراحی : (۱) خط مشی (۲) سازماندهی
- ✓ اجرا : (۳) برنامه ریزی و اجرا
- ✓ کنترل : (۴) ارزیابی عملکرد
- ✓ عمل : (۵) بازنگری عملکرد

به طور کلی این سیستم شرایطی که سازمان اکنون در آن قرار دارد و شرایطی که سازمان برای رسیدن به آن تلاش می کند و چگونگی رسیدن به این وضعیت را ترسیم می کند (۱۵).

¹ DEMING CIRCLE

² PLAN-DO-CHECK-ACTION



شکل ۲-۱- چرخه دمینگ، منبع. (۱۵)

۵-۱-۲- نگرش سیستماتیک به ایمنی

در بررسی سیستمی، ایمنی، بهداشت و محیط زیست در صنعت با در نظر گرفتن کل تفکر به عنوان مجموعه‌ای به هم پیوسته، هر یک از اجزاء در ارتباط با دیگر اجزای به هم مرتبط معنا می‌شوند. HSE به عنوان یک کل دارای مؤلفه‌های مختلف است که غفلت از هر یک از این مؤلفه‌ها و عناصر موجب نادیده گرفتن مبانی اصولی در سیستم می‌شود. نظام مدیریت یکپارچه HSE با ایجاد بستر فرهنگی خلاق و نگرشی نو و سیستماتیک، به تبیین تأثیر متقابل عوامل بهداشت، ایمنی و محیط زیست پرداخته و از این طریق نواقص، مخاطرات بالقوه، حوادث و مشکلات را به طور نظام مند مورد ارزیابی قرار داده و روش‌های مبتنی بر پیشگیری را ارائه می‌دهد (۱۳).

۶-۱-۲- عناصر نظام مدیریتی HSE-MS

مدل نظام مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست مدلی جامع است، که در راستای مدل نظام مدیریت کیفیت براساس ISO 9001، نظام مدیریت محیط زیست براساس ISO 14001، نظام مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی براساس OHSAS 18001 شکل گرفته است.

اجزای این مدل به ترتیب عبارتند از:

- ۱) تعهد مدیریت ارشد به عنوان هسته مرکزی
- ۲) داشتن خط مشی و اهداف راهبردی
- ۳) داشتن مستندات سازمانی از قبیل رویه ها و ...
- ۴) ارزیابی و مدیریت ریسک
- ۵) برنامه ریزی به منظور کاهش خطرات
- ۶) استقرار و پایش نظام
- ۷) بازنگری مدیریت (۱۶).

۷-۱-۲- استانداردهای مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست

استقرار یک سامانه مدیریت ایمنی در راستای کاهش خطرات و جلوگیری از بروز ضایعات و کاهش حوادث در سازمان ها به عنوان یک ابزار مناسب مدیریتی برای دست یابی به اهداف عالی سازمان به شمار می آید. مدیران متعهد همواره در راستای تأمین نیازمندی های کارکنان خود از استقرار یک سامانه مناسب مدیریتی که تضمین کننده ایمنی آنها باشد استقبال می کنند. مبنای استقرار یک نظام مدیریت ایمنی در کشورهای مختلف و حتی در بین سازمان و شرکت های یک کشور نیز متفاوت می باشد. با این حال تلاش های زیادی شده و می شود تا سازمان ها به الگوی کامل و مناسبی در این زمینه دست یابند. پیش از این استقرار سامانه های مدیریت کیفیت براساس استانداردهای بین المللی ایزو ۹۰۰۰ به منظور تأمین خواسته های مشتریان و تثبیت یک سامانه مدیریتی و همچنین استاندارد ایزو ۱۴۰۰۰ برای کاهش آلودگی محیط زیست و ایجاد یک سازمان سبز و متعهد در قبال سلامتی جامعه به کارگرفته شده است و بدین ترتیب زمینه های مناسب برای استقرار سامانه مدیریت کیفیت، محیط زیست و مدیریت ایمنی فراهم آمده است. استقرار این سه سامانه همزمان به استقرار یک سامانه مدیریتی ترکیبی یا مجتمع کمک می کند. در این نظام الزامات و خواسته های سامانه های مدیریت کیفیت، ایمنی و محیط زیست با هم ترکیب شده و از یک سامانه مستند سازی واحدی تبعیت می کنند. در این سامانه حجم مستندات قبلی مدیریت کیفیت با ادغام در سامانه مدیریت ایمنی به نحو چشمگیری کاهش یافته و یک نظامنامه واحد برای هر سه سامانه تدوین می گردد. در خط مشی این سامانه سه هدف عمده کیفیت، محیط

زیست و ایمنی تعریف می شود و سازمان قادر خواهد بود در این مرحله سامانه خود را با سامانه مدیریت جامع انطباق دهد. از طرف دیگر امروزه سازمان هایی که گواهینامه های ISO 9000 و ISO 14000 را دریافت کرده اند باید به دنبال استقرار سامانه های مدیریت ایمنی و حفاظت^۱ باشند (۱۷).

۸-۱-۲- گستره و کاربردهای ایمنی

اصول ایمنی در تمام مراحل فعالیت های صنعتی و عمرانی به کار گرفته شده و مورد توجه قرار می گیرند. مراحل مربوط به فعالیت های عمرانی عبارتند از:

۱. ایمنی در طراحی و توسعه
۲. ایمنی در مرحله اجرایی پروژه
۳. ایمنی در عملیات بهره برداری و نگهداری: ایمنی در عملیات بهره برداری و نگهداری شامل موارد زیر می گردد:

- شناسایی خطرات
- ارزیابی ریسک
- آنالیز فعالیت ها
- برنامه ریزی برای موارد اضطراری
- تهیه برنامه های اضطراری
- تجهیزات اضطراری
- ارتباطات و شرایط اضطراری
- تمرینات اضطراری
- حفظ سازمان
- مشاوره و تشکیل کمیته های ایمنی
- نشست های مدیریتی
- مستندسازی ایمنی
- روش ها و دستورالعمل های کاری

¹ ISO 18000

- مستند سازی مراجع
 - مجوزهای کاری
 - تعمیرات پیشگیرانه
 - تجهیزات و وسایل ایمنی افراد
 - خطرات بهداشتی و بهداشت صنعتی
 - تغییرات در فرآیندها
 - کنترل کار پیمانکاران
 - استفاده از علایم ایمنی
 - استفاده از رنگ ها و کدگذاری خطرات
- مدیریت سازمان باید از تحت کنترل بودن عملیات مربوط اطمینان حاصل کند و محیط کار هم دارای تمام شرایط مرتبط با اصول ایمنی باشد (۱۷).

۹-۱-۲- آشنایی با اصطلاحات ایمنی

۹-۱-۲-۱- رویداد

رویداد^۱ اتفاقی است که منجر به یک حادثه شده و یا پتانسیل منجر شدن به یک حادثه را داشته باشد.

۹-۱-۲-۲- خطر

خطر^۲ شرایطی است که دارای پتانسیل صدمه به افراد، آسیب رسانی به تجهیزات، از بین بردن مواد یا کاهش کارایی درانجام یک عمل از پیش تعیین شده باشد و بالقوه آسیب رسان است.

۹-۱-۲-۳- مخاطره

¹ Incident

² Hazard

مخاطره^۱ عبارت است از قرار گرفتن در معرض شرایطی که پتانسیل آسیب رسانی دارد. بالفعل شدن خطرات مانند نزدیک شدن به دستگاه در حال کار.

۱-۲-۴-۹- حادثه

تعاریف مختلفی از حادثه^۲ وجود دارد که در ذیل به تعدادی از آنها اشاره می شود:

- به عنوان رویدادی غیر منتظره که ممکن است سبب آسیب به فرد و خسارت به اموال شود و یا حتی نشود.
- یک واقعه برنامه ریزی نشده در زنجیره ای از فرآیندهای برنامه ریزی شده است.
- حادثه عبارت است از هر اتفاق و رویداد پیش بینی نشده و غیر مراقبه ای که باعث متوقف شدن جریان کار شده و در نتیجه مقداری از نیروی کار تلف می شود.
- عدم مهار و کنترل انرژی است.
- ضعف در جوابگویی به یک محرک و فرار از حالت مخاطره
- حادثه رهایی برنامه ریزی نشده انرژی و مواد خطرناک است که به دلیل عمل و شرایط نایمن و در اثر ضعف مدیریت و وجود شرایط فردی و محیطی نامطلوب بوجود می آید (۱۸).

۱۰-۱-۲- تشخیص و شناسایی خطرات

مرحله ابتدایی در پیشگیری از وقوع حادثه، شناسایی خطرات موجود در محیط کار می باشد. بطور کلی دو نوع خطر در هر محیط کاری موجود است.

- الف- خطرات آنی که آثار آن بلافاصله قابل مشاهده و ملموس بوده و منجر به بروز حوادث ناشی از کار می گردد.
- ب- خطرات آتی که آثار آن بلافاصله قابل مشاهده نبوده و در نهایت منجر به بروز بیماری های شغلی می گردد.

¹ Danger

² Accident

خطرات دسته اول را تحت عنوان خطرات ایمنی و خطرات دسته دوم با عنوان خطرات بهداشتی شناخته می شوند (۱۹).

در بحث پیشگیری از وقوع حادثه، شناسایی خطرات ایمنی مد نظر می باشد. در این مورد می توان با مطالعه و بررسی از کلیه نواحی کاری، مراجعه به گزارشات مربوط به حوادث و یا صدمات ناشی از کار، بررسی عملیات و پروسه تولید و مرور گزارشات مربوط به عملکرد ماشین آلات، مشورت با پرسنل، کارفرمایان و اعضای کمیته های بهداشت و ایمنی با محدوده و حوزه خطراتی که افراد در معرض آنها قرار دارند، آشنا شده و در پیشگیری از وقوع آنها اقدام نمود.

همچنین شناسایی خطرات بالقوه محیط کار از اهمیت بسیاری برخوردار است که این امر مبتنی بر بررسی ها و مراقبت های شغلی و تجزیه و تحلیل دقیق خطرات می باشد. نکته قابل توجه آنست که در حین شناسایی، بهتر است از موارد جزئی صرفه نظر کرده و توجه خود را بر روی خطراتی که ممکن است منجر به آسیب های جدی شوند، متمرکز نماییم (۲۰).

۱۱-۱-۲- ریسک

امروزه هر چند از کلمه ریسک استفاده زیادی می شود، و مردم نیز در عمل با آن سروکار زیادی دارند، اما کمتر افرادی یافت می شوند که با مفهوم دقیق ریسک آشنا باشند. برای درک صحیح مفهوم ریسک و تفاوت آن با احتمال وقوع، دو رویداد خرابی را در نظر بگیرید که رویداد اول دارای احتمال وقوع $P_1 = 0/4$ و رویداد دوم دارای احتمال وقوع $P_2 = 0/3$ باشند. حال اگر از شما سؤال شود که کدام یک از این رویدادها ناگوارتر است شاید اولین پاسخ این باشد که رویداد اول، زیرا احتمال وقوع آن بیشتر است. حال اگر بدانید رخداد رویداد اول تنها منجر به ایجاد خسارات جزئی می شود، اما رخداد رویداد دوم ممکن است منجر به مرگ یک یا چند نفر شود، و مجدداً سؤال فوق را از شما بپرسند، شاید این بار جواب شما کاملاً بر عکس باشد! بنابراین از آن جایی که اثر رویدادها به هیچ عنوان تاثیری در اندازه احتمال وقوع آن ها ندارد، نتیجه می گیریم که فقط احتمال رخداد یک رویداد، شاخص مناسبی جهت ارزیابی درجه ناگواری یا اهمیت یک رویداد نمی باشد. بنابراین در این زمینه از شاخص

دیگری به نام ریسک استفاده می کنیم. ریسک مفهومی کامل تر از احتمال وقوع یک خطا بوده و علاوه بر احتمال رخداد دربرگیرنده شدت اثر آن نیز می باشد.

ریسک عبارت است از میزان درصد پذیرش هم زمان احتمال و اثرات وقوع یک خطا. بنابراین ریسک تابعی از احتمال وقوع و اثرات ناشی از وقوع یک اتفاق خطرناک است. تفسیر دیگری از ریسک، شانس آسیب ناشی از رخداد خطا می باشد. یکی از عوامل مهم دیگر تأثیرگذار در ریسک، پیش بینی و آشکار سازی رویداد، به معنای کشف و پیشگیری از وقوع یک رویداد ناگوار قبل از رخداد و تبدیل شدن آن به حادثه می باشد (۱۲).

۱۲-۱-۲- خصوصیات ریسک

ریسک در ذات هر کار و فعالیتی وجود دارد. می توان به وسیله یک سری استراتژی های خاص آنرا کاهش داد یا آن را به گروه دیگری که توانایی بالاتری برای مقابله با آنرا دارند انتقال داد. ولی در عمل تقریباً محال است که بتوان از تمام ریسک ها اجتناب کرد. یکی از مهمترین خصوصیات ریسک ارزش مدار بودن آن است. هر کس با توجه به نوع تفکر خاص خود دیدگاه خاصی در مورد ریسک دارد و هر کسی حاضر به پذیرش سطح مشخصی از ریسک می باشد (۲۱).

۱۳-۱-۲- ریسک قابل قبول

با توجه به این حقیقت که ریسک همه خطرات و خرابی ها را نمی توان به طور کامل از بین برد، لذا پذیرش ریسک امری ناگزیر می باشد. بنابراین پس از شناخت و ارزیابی ریسک، مسئله پذیرش ریسک مطرح می شود، که یک تصمیم گیری مدیریتی است. در این زمینه ابتدا باید محدوده ها یا سطوح قابل پذیرش ریسک تعریف شوند. ریسک قابل قبول^۱ ریسکی است که میزان آن، با در نظر گرفتن الزامات قانونی و خط مشی موجود، تا حد قابل قبول برای هر سیستم یا سازمان کاهش یافته باشد. پس از مشخص شدن لیست خطراتی که ریسک آن ها غیرقابل پذیرش است، باید اقدامات اصلاحی با هدف حذف یا کاهش ریسک آن ها انجام شود. اقدامات اصلاحی با هدف بهبود ایمنی و کاهش ریسک، باید با اولویت زیر انجام شوند:

¹ Tolerable Risk

- ✓ اصلاح طرح: با به کارگیری تکنولوژی های نوآورانه مناسب برای بهبود شرایط.
- ✓ استفاده از وسایل ایمنی^۱: برای خطراتی که نمی توان آن ها را با اصلاح طرح کنترل نمود.
- ✓ استفاده از وسایل هشدار دهنده^۲: برای خطراتی که نمی توان از رخداد آن ها جلوگیری کرد.
- ✓ تعریف رویه های ویژه و برنامه های آموزش و یادگیری: وقتی که هیچ یک از موارد فوق میسر یا کارساز نباشد از رویه های ویژه استفاده می شود. رویه های ویژه ممکن است شامل رویه های اضطراری، رویه های غیرمترقبه، الزامات کاری ارتقائی و یا نگهداری برنامه ریزی شده باشند (۲۲).

۱۴-۱-۲- ارزیابی ریسک

پس از شناسایی خطرات موجود در محیط کار، ارزیابی ریسک آغاز می شود که شامل مراحل زیر است (۲۴):

- شناسایی ریسک
- شناسایی افراد در معرض خطر
- ارزیابی اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه موجود
- ثبت یافته ها
- حذف خطرات

۱-۱۴-۲- شناسایی ریسک

شناسایی ریسک بیانی برای شناسایی عدم قطعیت هایی است که سازمان ممکن است با آن ها مواجه باشد. این امر نیازمند داشتن دانش نسبت به سازمان، نحوه عملکرد تأمین کنندگان محصولات و یا خدمات سازمان، شرایط قانونی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی حاکم بر سازمان است. علاوه بر آن، ضروری است که درک از اهداف عملیاتی و استراتژیکی سازمان، نظیر عواملی که بر موفقیت دستیابی به اهداف، فرصت ها و تهدید ها تأثیرگذار هستند، افزایش یابد.

¹ Safety Devices

² Warning Devices

برای این که بتوان اطمینان حاصل کرد که تمام فعالیت های اصلی سازمان شناسایی شده و ریسک های این فعالیت ها مشخص شده است، شناسایی ریسک باید از طریق یک روش نظام مند اصولی انجام شود، به طوری که بر اساس آن، جوانب مختلف فعالیت ها شناسایی و ریسک های آنها طبقه بندی شده باشند. در شناسایی ریسک شناسایی افراد، تجهیزات و منابع در معرض خطر و چگونگی وارد آمدن خسارت به آنها اهمیت زیادی دارد. به منظور شناسایی ریسک سه بخش عمده باید در نظر گرفته شود.

✓ محیط کار باید به طور کامل و با دقت مورد بازرسی قرار گرفته و کلیه عوامل مخاطره آمیز شناسایی و دسته بندی شوند.

✓ برای هر خطر و یا عمل مخاطره آمیز باید کلیه چیزهایی که ممکن است در اثر عملکرد آن عامل دچار لطمه شوند مشخص گردند.

✓ چگونه وارد آمدن صدمه و آسیب در اثر هر عمل مخاطره آمیز باید مشخص گردد.

در امر شناسایی خطرات باید تمهیدات لازم درخصوص جلب مشارکت کارکنان برای شناخت هرچه بهتر محیط فراهم گردد و همچنین از مراجع، مراکز و مشاورین ذی صلاح در این رابطه باید استفاده شود. برخی از فعالیت ها دارای الزامات خاصی هستند که ممکن است در معرض خطر ویژه ای قرار داشته باشند. این گونه خطرات باید مورد توجه خاص بوده و باید کنترل گردد. در شناسایی و کنترل خطرات، همسایگان و مراکزی که از حیطه سازمان خارج هستند، باید مورد توجه قرار گیرند (۲۳).

۲-۱۴-۱-۲- شناسایی افراد در معرض خطر

بعضی از پرسنل، در معرض خطرات بیشتری قرار دارند که به ترتیب شامل:

الف) پرسنل جوان، پرسنل جدید الاستخدام و کارآموزان

ب) پرسنل نظافتچی، ارباب رجوع، پیمانکاران، پرسنل بخش تعمیرات و بطور کلی افرادی که به طور دائمی در محیط کار حاضر نیستند، بدلیل شناخت کمترشان از محیط کار و خطرات آن، در معرض حوادث بیشتری قرار دارند (۲۴).

۳-۱۴-۲- ارزیابی اقدامات احتیاطی و پیشگیرانه موجود

در این مرحله، باید در نظر بگیریم که چگونه هر خطری ممکن است سبب آسیب دیدگی افراد شود. به این ترتیب برای ما مشخص خواهد شد که آیا برای کاهش ریسک به انجام اقدامات اساسی تری نیاز است یا خیر. همچنین باید تعیین کنیم که ریسک های موجود بعد از انجام اعمال احتیاطی، تا چه حد باقی می ماند (۲۴).

۴-۱۴-۲- ثبت یافته ها

یافته های مهم حاصل از ارزیابی باید ثبت گردند که این یافته ها شامل خطرات عمده و همچنین خطرات مهمی که افراد بیشتری در معرض آنها قرار دارند و نیاز نتایج ارزیابی های صورت گرفته بر روی آنها می باشد (۲۳).

۵-۱۴-۲- حذف خطرات

آخرین مرحله در ارزیابی و تجزیه و تحلیل خطرات، تعیین روش هایی جهت حذف و یا کنترل مخاطرات شناسایی شده می باشد. جهت حذف خطرات می توان تکنیک های زیر را بکار برد :

الف) انتخاب یک مرحله مجزا و جدید به جای مراحل خطرناک.

ب) اصلاح مراحل موجود.

ج) جایگزینی مواد خطرناک و سمی با مواد کم خطر.

د) اصلاح و یا تغییر ابزار و تجهیزات مصرفی خطرناک با ابزار و تجهیزات بی خطر و کم خطر. در این مرحله، هدف حذف کامل خطرات موجود می باشد. اما در مواردی که چنین امری غیر ممکن به نظر می رسد، باید سعی در کنترل خطرات و به حداقل رساندن احتمال آسیب دیدگی افراد شود. در این مورد می توان از روش هایی نظیر گذاشتن حصار در محل های خطرساز، نصب علائم خطر، حفاظ گذاری ماشین آلات، استفاده از لوازم حفاظت فردی، کاهش زمان تماس و مواجه با عوامل خطر ساز اشاره نمود (۲۴).

به طور کلی اصول اساسی برای کنترل ریسک شامل موارد ذیل است:

۱. حذف یا جایگزینی (از بین بردن ریسک در منبع)

۲. تغییر روش و الگوی کار.

۳. کاهش زمان تماس.

۴. کنترل های فنی و مهندسی : کنترل ریسک در منبع ، جداسازی تجهیزات ، عایق کاری، تهویه.

۵. نظم و انضباط کارگاهی.

۶. سیستم های کاری (ارایه دستورالعمل های مناسب به کارگران).

۷. آموزش و آگاهی.

۸. لوازم حفاظت فردی.

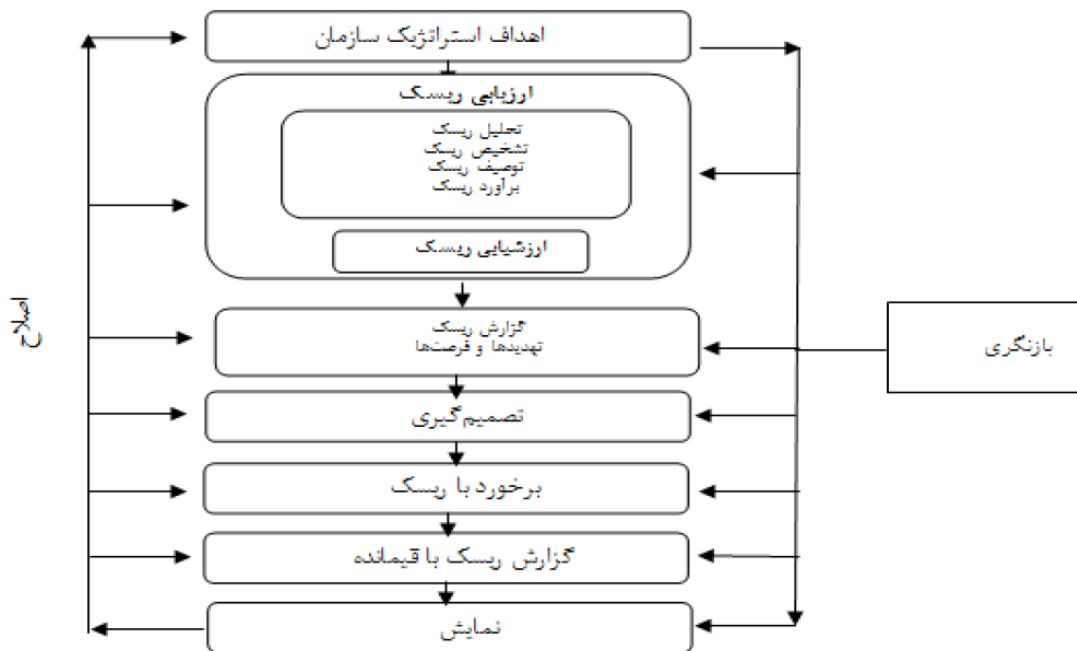
۹. پایش و نظارت.

۱۰. تطبیق فعالیت و نوع کار با شخص انجام دهنده کار.

۱۱. فراهم نمودن آسایش و رفاه (۲۴).

۱۵-۱-۲- مدیریت ریسک

از دیدگاه نظری، هر فعالیت توأم با درجه ای از ریسک است. ریسک را نمی توان کاملاً حذف کرد، بنابراین نگرش علمی به مسأله ریسک چیزی جز مدیریت آن نیست. ضرورت مدیریت و کنترل بهینه ریسک موجب شده است که مطالعات گسترده ای در این زمینه صورت گیرد که به سرعت در حال رشد و شکوفایی است. نمودار فرایند مدیریت ریسک در شکل (۱-۲) نمایش داده شده است (سهرابی، ۱۳۸۸):



شکل ۲-۱- نمودار فرآیند مدیریت ریسک (ایرمیک و همکاران، ۲۰۰۲)

۱۶-۱-۲- اصول و قوانین هفت گانه جهت رفع ریسک ها و بهبود عملکرد ایمنی

قوانین هفت گانه جهت رفع ریسک های ایمنی عبارتند از :

(۱) تنها یک علت ریشه ای وجود ندارد.

متفکران سعی دارند تنها یک علت ریشه ای را برای یک حادثه یا صدمه پیدا نکنند. تفکر در سطح پایین یا مستقل، به تحقیق در مورد یک علت در یک رویداد ناگوار ختم می گردد. رفتارهای نایمن در ۹۵ درصد و یا بیشتر از صدمات دخیل اند، خواه ارادی یا غیر ارادی. اما این به آن معنی نیست که تنها رفتار نایمن افراد علت ریشه ای صدمات است.

(۲) صدمات توسط محیط، رفتار و فاکتورهای فردی ایجاد می شوند.

فاکتورهایی که به شبه حوادث یا صدمه منجر می شوند را می توان در سه دسته جای داد:

- محیطی (شامل ابزارها، تجهیزات و شرایط جوی محل کار)
- فردی (شامل نگرش ها، اعتقادات و شخصیت افراد)

¹ Airmic et al.

- رفتاری (شامل رفتارهای ایمن و نایمن).

فاکتورها درون و بین این سه دسته دارای تعامل می باشند، پویا و دو جانبه هستند. تغییر یک فاکتور در یک دسته بر دیگر فاکتورهای آن دسته تأثیر گذاشته و در نهایت بر فاکتورهای دیگر دسته نیز تأثیر می گذارد. به عنوان نمونه تغییر در رفتار منجر به تغییر در محیط می شود. سیستم مدیریت سازمان، یک فاکتور محیطی است که تأثیر به سزایی بر فاکتورهای انسانی و رفتار افراد می گذارد.

۳) ایمنی باید با سنجش محیط، رفتار و فاکتورهای فردی ارزیابی گردد.

سنجش پیشگیرانه مداوم ایمنی، بهداشت و محیط زیست سازمانی باید شامل ارزیابی های محیطی، رفتاری و فاکتورهای انسانی باشد. برخلاف رویکرد سنتی واکنشی که در پی یافتن علل حادثه یا صدمه بعد از وقوع بود. بایستی برای ارزیابی ریسک های ایمنی در محیط کار هر سه دسته فاکتور را با هم بررسی کرد.

۴) بازرسی حوادث و صدمات، حقیقت یابی است نه مقصریابی.

بدیهی است که بررسی حوادث و صدمات بایستی برای رسیدن به حقیقت باشد. برای رسیدن به حقیقت باید اطلاعات صحیح کسب شود، بدین منظور نباید بلافاصله بعد از وقوع حادثه وارد فاز جمع آوری اطاعات گشت، زیرا دید افراد منفی شده است. برای موفقیت بیشتر نباید بیش از حد بر خروجی متمرکز شد بلکه باید وقت بیشتری بر روی تحلیل فرآیند صرف کرد.

۵) بازخور هم هدایت می کند، هم انگیزه می بخشد.

ارائه بازخور از سویی نشان دهنده اجرای کار است؛ و از سوی دیگر می تواند نتیجه اقدامات صورت گرفته را توسط دیگران به داوری و قضاوت بگذارد، و آنها را رد یا قبول کنند. همچنین، به ما به عنوان افرادی که آن اقدامات را انجام دادیم، برای ادامه کار انگیزه می دهد تا یک رفتار را قطع کنیم و رویکرد دیگری پیش بگیریم یا رفتار را ادامه دهیم. از مهم ترین کاربردهای بازخور در زمینه رفتارهای ایمن و تقویت آن بین افراد است.

۶) اصل ثبات، تعهد را بیشتر می کند.

محققان سه راه برای ایجاد تعهد اولیه جهت انجام چیزی که به مشارکت جامع ختم می گردد، یافتند. اول، اگر افراد بدانند چه چیزی را متعهد می شوند، و در مورد تعهدشان سوال کنند، موثرتر خواهند بود. دوم، تعهدات عمومی (اجتماعی) احتمال تغییر رفتار و نگرش مربوطه را بیشتر می کند، شاید به دلیل اینکه فشارهای

اجتماعی بر فشارهای فردی در مورد کردار فرد اضافه می گردد. سوم، شاید با احتمال بیشتر، هنگامی که افراد آن چیز را که عقیده و نظرشان است متعهد می شوند، اصل ثبات فعال تر می گردد.

۷) پذیرش اصل تقابل

این اصل در مورد ایمنی به دلیل اینکه می تواند جهت افزایش مشارکت افراد در فرآیند بهبود عملکرد ایمنی استفاده شود، پذیرفته شده است. تقابل بر این اصل استوار است که «تو برای من انجام بده و من برای تو»، به عبارت دیگر اگر شما برای فردی احترام قائل گردید، او نیز خود را ملزم می داند برای شما احترام متقابلی قائل شود. آنانی که به طور سیستمی عمل می کنند، از این اصل استفاده می نمایند تا افراد را متقاعد سازند که به ایمنی دیگران احترام بگذارند تا دیگران نیز در عملی متقابل ایمنی ایشان را محترم شمارند و برای آن ارزش قائل شوند. با گسترش این اصل در سازمان ها می توان افراد را به گونه ای پیش برد که به طور آگاهانه و از روی میل باطنی به ایمنی خود و دیگران توجه نمایند (۲۷).

۱۷-۱-۲- معرفی تکنیک های ارزیابی ریسک

تجزیه و تحلیل ریسک و تکنیک های ارزیابی به سه دسته اصلی طبقه بندی می شوند :

- الف- کیفی : تکنیک کیفی بر مبنای فرآیند تخمین تحلیلی و اطمینان توانایی مهندسان و مدیران می باشد و غالباً با روش های توضیحی منتج به حکم مهندسی و کارشناسانه می گردد. قضاوت کارشناسانه یا اجتهاد مهندسی را می توان برون داد این نوع تکنیک ارزیابی ریسک قلمداد نمود.
- ب- کمی : ریسک هایی به صورت کمی مد نظر قرار می گیرند که بتوانند توسط روابط ریاضی تخمین زده شده و به کمک داده های تصادفی ثبت شده در محل کار، بیان گردند.
- ج- تکنیک های پیوندی (کیفی، کمی، نیمه کمی) (۲۳).

برخی از روش های ارزیابی ریسک که غالباً مورد استفاده قرار می گیرند در ذیل اشاره شده است:

- تحلیل درخت خطا^۱ (FTA)

¹ Fault Tree Analysis

- حالات شکست و تحلیل اثرات آن^۱ (FMEA)
- ارزیابی مقدماتی خطر^۲ (PHA)
- لیست مقدماتی خطر^۳ (PHL)
- مطالعه عملیات و خطرات^۴ (HAZOP)
- چه می شود اگر ؟ (WHAT IF?)
- ویلیام فاین (WILLIAM FINE)
- آنالیز ایمنی شغلی^۵ (JSA)
- ارزیابی مخاطرات شغلی^۶ (JHA)
- ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم^۷ (DMRA)
- روش آنالیز لایه های حفاظتی^۸ (LOPA) (۲۸).

۱۸-۱-۲- روش حالات شکست و تحلیل اثرات آن (FMEA)

FMEA به معنی تجزیه و تحلیل امکان بروز خطا و اثرات آن، تکنیک تحلیلی است که جهت تشخیص، کاهش و حذف خطاها و مشکلات بالقوه و بالفعل موجود در سیستم، طراحی محصول، فرآیند تولید یا خدمت قبل از رسیدن آنها به دست مشتری به کار می رود. ملاحظه می شود اولین کاربرد این روش برای شناسایی ریسک (خطا) در یک سیستم است. یکی از مزیت های این روش نسبت به سایر روش های نیمه کمی ارزیابی ریسک، توجه به عوامل خطا (شکست) علاوه بر اثرات و پیامدهای حاصل از خطا است. در حالی که این مهم در روش درخت رویداد و درخت تصمیم در نظر گرفته نمی شود. در این روش ها، پیامدهای خروجی بعد از وقوع، برای هر

¹ Failure Mode and Effect Analysis

² Preliminary Hazard Analysis

³ Preliminary Hazard List

⁴ Hazard and Operability Studies

⁵ Job Safety Analysis

⁶ Job Hazard Assessment

⁷ Decision Matrix Risk Assessment

⁸ Layers of protection analysis

یک از رخدادهای انتخابی نمایش داده شده و تجزیه و تحلیل می شوند. همچنین در مقایسه با روش درخت خطا که برای کشف خطا و یافتن علت رخداد خطا بسیار مفید است و به لحاظ محاسباتی روشی ساده تر است (۲۹). در این روش ابتدا براساس جداول موجود برای روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست، احتمال وقوع (O)، شدت (S) و احتمال کشف (D) ریسک ها استخراج و سپس با استفاده از فرمول زیر مقادیر عددی هر ریسک محاسبه می شود:

$$RPN = (S) \times (O) \times (D)$$

این سه عامل با مقیاسی از یک تا ۱۰ درجه بندی می شوند. در این فرمول شدت، رتبه نشان دهنده میزان جدی بودن اثر خرابی بر روی محصول و یا مشتری است. احتمال وقوع، رتبه ای است در ارتباط با احتمال رخ دادن یک علت خرابی و احتمال کشف، برآوردی از شانس اینکه کنترل و یا کنترل های جاری بتواند حالت خرابی و یا علت خرابی را قبل از اینکه قطعه فرآیند تولید یا مونتاژ را ترک کند. همچنین درجه ریسک یک اندازه گیری از میزان خطر پذیراست که از حاصل ضرب شدت، وقوع و احتمال کشف بدست می آید (۳۰).

۱۹-۱-۲- تاریخچه FMEA

روش های تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن سابقه ای بیش از چهل سال دارند. در ۱۹۶۰ میلادی مسائل ایمنی در صنعت هوا- فضا انگیزه اجرای FMEA در این صنعت گردید. چندی بعد، این روش به عنوان ابزاری کلیدی در افزایش ایمنی فرآیندهای صنعت شیمی مطرح شد. در سال های اخیر به دلیل توسعه صنعت خودرو در امریکا و وضع استانداردهای QS9000 برای تهیه کنندگان قطعات، روش FMEA رواج بیشتری یافت. امروزه حتی این تکنیک نه تنها در انتخاب تجهیزات و ماشین آلات به عنوان یک وسیله کارآمد، بلکه به عنوان وسیله مناسبی برای انتخاب تکنولوژی تولید یک محصول نیز مطرح است. علاوه بر این FMEA یک وسیله سودمند برای برنامه ریزی و اجرای سیستم های ایمنی پیشگیرانه نیز می باشد (۳۱).

۲۰-۱-۲- مراحل اجرای روش ارزیابی ریسک FMEA

۱. شناسایی سیستم (دستگاه، روش کار، فعالیت، ماشین و ...)
۲. شناسایی حالات نقص یا عوامل شکست (خطرات ایمنی و بهداشت حرفه‌ای)
۳. تعیین پیامدها یا اثرات عوامل شکست یا حالات نقص
۴. اختصاص عدد مربوط به احتمال بروز خطر (جدول احتمال بروز باید در روش اجرایی ارزیابی ریسک به روش FMEA، آمده باشد. دامنه تغییرات چنین جدولی، باید آنقدر دقیق تعریف گردد که منعکس کننده اهمیت این پارامتر باشد).
۵. اختصاص عدد مربوط به شدت پیامدهای حاصله (چنین جدولی نیز مانند بند ۴ باید در روش اجرایی ارزیابی ریسک به روش FMEA موجود باشد. دامنه تغییرات جدول شدت پیامدهای خطرات باید با دقت و با نظر متخصصینی از حرفه پزشکی، سم‌شناسی و ... تعیین گردد).
۶. محاسبه عدد ریسک یا میزان ریسک (ساده‌ترین شکل ارزیابی ریسک تعیین برآیند احتمال بروز و شدت پیامدهای خطر می‌باشد)
۷. تعیین اقدامات کنترلی (مطابق با استانداردها و کدهای خاص، مقررات و الزامات قانونی، کنترل‌های فنی و اداری، وسایل حفاظت فردی و ...)
۸. محاسبه ریسک باقیمانده به روش بندهای ۴ و ۵ و ۶: یکی از بدیهیات ارزیابی ریسک به روش FMEA، فراهم نمودن امکان طبقه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌های ارزیابی شده می‌باشد تا بدین وسیله بتوان منابع مادی و انسانی سازمان را (متناسب با درجه بزرگی ریسک‌ها) صرف تعیین تکلیف و کاهش ریسک به حد قابل تحمل سازمان نمود. لازم است این سطح در روش ارزیابی ریسک شرکت تعریف شده باشد (۳۲).

۲۱-۱-۲- محدودیت های روش ارزیابی ریسک FMEA

۱. اهمیت نسبی پارامترهای S، O و D در محاسبه RPN منظور نشده و وزن آن‌ها یکسان در نظر گرفته می‌شود. این در حالی است که در کاربردهای واقعی، این موضوع می‌تواند محدودیت ایجاد کند (۳۳).

۲. ترکیب ریسک فاکتورهای مختلف می تواند منجر به RPN های یکسان شود، در حالی که ماهیت ریسک های ایجاد شده متفاوت می باشد (۳۴).
۳. تعیین دقیق ریسک فاکتورها احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف اغلب مشکل می باشد. اعضای تیم FMEA ممکن است برای ریسک فاکتورهای مشابه، ارزیابی های متفاوتی داشته باشند که برخی از آنها ممکن است غیر دقیق، نامطمئن و ناقص باشند که به دلیل محدودیت زمانی، فقدان تجربه و داده های کافی ایجاد می شوند (۳۵).
۴. فرمول محاسباتی RPN مورد تردید بوده و دارای یک بنیه علمی قوی نمی باشد. به عبارتی دیگر، منطق خاصی در مورد علت ضرب نمودن S، O و D برای محاسبه RPN وجود ندارد (۳۶).
۵. ریسک فاکتورهای S، O و D بر اساس مقیاس های ترتیبی گسسته ارزیابی می شوند. این در حالی است که استفاده از عملیات ضرب برای مقیاس های ترتیبی بی معنی می باشد. بنابراین نتایج به دست آمده، نه تنها بی معنی، بلکه گمراه کننده نیز می باشند (۳۷).
۶. RPN های بدست آمده پیوسته نبوده و دارای فواصل خالی زیادی در مقیاس ۱ تا ۱۰۰۰ می باشند. علاوه بر این، میزان توزیع آن ها در قسمت های پایینی مقیاس ۱ تا ۱۰۰۰ شدیدتر می باشد. این موضوع می تواند باعث ایجاد مشکل در تفسیر نمودن اختلاف های بین RPN های متفاوت گردد (۳۵).
۷. FMEA یک روش ارزیابی ریسک گروهی می باشد که تنها بر پایه نظرات شخصی یک نفر ارزیابی نمی شود. بنابراین گزارش استخراج مقدار واقعی هر یک از ریسک فاکتورها بر اساس نظر گروهی مشکل می باشد (۳۸).

۲۲-۱-۲- اهداف روش ارزیابی ریسک FMEA

اهداف FMEA عبارتند از:

- ✓ جلوگیری از رخداد خطا و حادثه
- ✓ کمک در ایجاد و توسعه یک محصول، فرآیند یا خدمت
- ✓ ثبت پارامترها و شاخص ها در طراحی و توسعه، فرآیند یا خدمت (۱۱).

۲۳-۱-۲- ارزیابی ریسک آنالیز درخت خطا FTA

ارزیابی ریسک احتمالی به روش آنالیز درخت خطا فرآیند سیستماتیک ارزیابی ریسک حوادث و رویدادهای خطرناک از نظر احتمال وقوع می باشد که با ارائه راهکارهایی به منظور کنترل و کاهش سطح ریسک، نقش مهمی در پیشگیری از وقوع رویدادهای خطرناک ایفا می نماید. گفتنی است FTA روشی دیاگرامی برای ارزیابی یک سناریو یا رویداد خطرناک یعنی همان رویداد اصلی و علل وقوع آن به صورت کمی و کیفی می باشد. اساسی ترین مرحله کمی FTA، محاسبه نرخ و احتمال وقوع رویدادهای پایه ای است. اولین گام در تجزیه و تحلیل درخت خطا شناخت کامل و دقیق سیستم است. اطلاعات لازم در تجزیه و تحلیل درخت خطا می تواند شامل موارد زیر باشد:

- ✓ لیست کامل کلیه اجزا سیستم
- ✓ عمل و وظیفه هر جزء
- ✓ وضعیت اولیه هر جزء (نظیر باز یا بسته بودن دریچه ها و ...)
- ✓ شرایط طبیعی محیطی و عملیاتی هر جزء (دما، فشار، استرس های مکانیکی، ارتعاشات و ...)
- ✓ شرایط غیر طبیعی و عملیاتی هر جزء در شرایط اضطراری و بروز حوادث.
- ✓ حالات نقض هر جزء
- ✓ ارتباط نقض اجزاء با یکدیگر
- ✓ تداخل کارکردی جزء با سایر اجزاء
- ✓ وظیفه اپراتورها
- ✓ روش های عملیاتی، تعمیر و نگهداری و ...
- ✓ کنترل های کامپیوتری و ... (۳۹).

در واقع تحلیل درخت خطا یک تکنیک ارزشیابی است که از آن می توان برای تعیین علل مختلف یک رخداد خطرناک پیش بینی شده، استفاده کرد. سپس همه راه هایی که می توانند سبب بروز این وضعیت ناخواسته و نامطلوب شوند جستجو می شود. سپس به صورت نظام مند، تمامی دلایل خرابی را در یک ساختار بالا به پائین که شبیه درخت است، مرتب کرده و در نهایت از این ساختار برای محاسبه احتمال وقوع رویداد نهایی استفاده می شود (۴۰).

۲۴-۱-۲- روش های انجام تحلیل درخت خطا FTA

تحلیل درخت خطا می تواند هم به صورت کمی و هم به صورت کیفی یا نظری انجام شود.

۱-۲۴-۱- تحلیل کیفی

تحلیل کیفی به منظور محاسبه مجموعه برشی حداقل انجام می شود. یک مجموعه برشی، ترکیبی از رویدادهای اساسی است که منجر به وقوع رویداد نهایی می شوند. هر یک از مجموعه های برشی حداقل نمایانگر یک راه احتمالی برای وقوع رویداد نهایی است. بدین ترتیب که با رخ دادن رویدادهایی که در یک برش حداقل قرار دارد رویداد نهایی به وجود خواهد آمد. بنابراین تجزیه و تحلیل آنها ارزیابی اهمیت هر یک از راههای احتمالی بروز رویداد اصلی است (۴۱).

۲-۲۴-۱- تحلیل کمی

در تحلیل کمی درخت خطا برای محاسبه احتمال وقوع رویداد نهایی باید احتمال وقوع هر یک از رویدادهای اساسی معلوم باشد. با معلوم بودن احتمال وقوع هر یک از رویدادهای اساسی، میتوان با توجه به نوع درگاه های مورد استفاده، احتمال رویداد نهایی را به دست آورد. احتمال وقوع رویداد نهایی یا رویدادهای میانی که درگاه ارتباطی آنها "و" است با به کارگیری رابطه (۱) و احتمال وقوع رویداد نهایی یا رویدادهای میانی که درگاه ارتباطی آنها "یا" است با استفاده از رابطه (۲) به دست می آید (۳۷):

$$(1) \quad P = \prod_{i=1}^n p_i$$

$$(2) \quad P = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

P: احتمال وقوع رویداد خروجی درگاه

n: تعداد رویدادهای ورودی درگاه

P_i: احتمال وقوع هر یک از رویدادهای ورودی درگاه است (۳۷).

۲۵-۱-۲- حوادث ناشی از کار

حوادث ناشی از کار حوادثی نامیده می شوند که در حین انجام وظیفه در محیط کار به وقوع می پیوندند و منجر به آسیب های کشنده یا غیرکشنده می شوند. این حوادث در حال حاضر سومین علت مرگ و میر در جهان محسوب می شوند و به عنوان یکی از مهم ترین عوامل خطر بهداشتی، اجتماعی و اقتصادی در جوامع صنعتی و در حال توسعه معرفی شده اند. سازمان بهداشت جهانی، حوادث ناشی از کار را همانند یک اپیدمی در حوزه بهداشت عمومی قرار داده است. اکثر حوادث ناشی از کار قابل پیشگیری بوده و علاوه بر این که می توانند منتج به ناتوانی، کاهش درآمد و تغییر در کیفیت زندگی کارگران و خانواده آن ها شوند، تأثیرات در خور توجهی را نیز بر میزان تولیدات و اقتصاد کشورها می گذارند (۴۲).

۲۶-۱-۲- شاخص های پایش میزان موفقیت ارزیابی ریسک در کاهش حوادث

۱-۲۶-۱-۲- ضریب تکرار حوادث (AFR)^۱

ضریب تکرار حادثه عبارت است از تعداد حوادث ناتوان کننده (که منجر به زمان از دست رفته کاری گردیده) در یک تعداد معین ساعات کاری. این ضریب معمولاً سالیانه حساب می شود. تعداد ساعات معین کاری که در این ضریب بکار می رود طبق استاندارد ANSI^۲ برابر با یک میلیون ساعت کاری است (معادل ۵۰۰ کارگر و ۵۰ هفته کاری در سال و ۴۰ ساعت کاری در هفته). لیکن در سال های اخیر به پیشنهاد سازمان OSHA^۳ ساعات معین کاری در این ضریب به دویست هزار ساعت کاری تغییر کرد (۱۰۰ کارگر، ۵۰ هفته کاری در سال و ۴۰ ساعت کار هفتگی) و امروزه این مقدار مورد استفاده قرار می گیرد. فرمول محاسبه ضریب تکرار حادثه به قرار زیر است (۴۳):

$$AFR = \frac{\text{تعداد حوادث ناتوان کننده} \times 200,000}{\text{تعداد کارگران در هر شیفت} \times \text{تعداد شیفت در روز} \times 40 \times 50}$$

¹ Accident Frequency Rate

² American National Standards Institute

³ Occupational Safety and Health Administration

۲-۲۶-۱-۲- ضریب شدت حوادث (ASR)

این ضریب عبارت است از تعداد روزهای از دست رفته کاری در اثر بروز حوادث در دویست هزار ساعت کاری. فرمول محاسبه ضریب شدت حادثه به قرار زیر است (۴۳):

$$ASR = \frac{\text{تعداد روزهای از دست رفته کاری در یک سال} \times 200,000}{\text{تعداد کارگران در هر شیفت} \times \text{تعداد شیفت در روز} \times 40 \times 50}$$

برای محاسبه تعداد روزهای از دست رفته در رابطه فوق چنانچه حوادث منجر به از کارافتادگی موقت شده باشند، تعداد روزهای از دست رفته آنها معادل با تعداد روزهایی است که از مرخصی استعلاجی استفاده نموده اند و چنانچه حوادث منجر به از کارافتادگی دائم و یا مرگ شده باشند، تعداد روزهای از دست رفته از جداول معینی که توسط OSHA تنظیم شده است استخراج می گردد (۴۳).

۳-۲۶-۱-۲- شاخص شدت - تکرار حادثه (FSI)

شاخصی است که از ترکیب دو شاخص فوق بدست می آید و اساس معتبرتری را نسبت به هر یک از این دو شاخص در ارتباط با عملکرد ایمنی فراهم می نماید. این شاخص از رابطه زیر حساب می شود (۴۳):

$$FSI = \sqrt{\frac{AFR \times ASR}{1000}}$$

۴-۲۶-۱-۲- ضریب وفور حوادث مرگبار (FAFR)

این ضریب عبارت است از تعداد حوادث منجر به مرگ به ازای ۱۰۸ ساعت کاری (۱۰۰۰ کارگر، ۵۰ هفته در سال، ۴۰ ساعت کاری در هفته و ۵۰ سال کاری برای یک کارگر). رابطه محاسبه این ضریب به قرار زیر است (۴۳):

¹ Accident Severity Rate

² Frequency-Severity Indicator

³ Fatal Accident Frequency Ratey

$$FAFR = \frac{\text{تعداد حوادث منجر به مرگ در یک سال} \times 10^8}{\text{مجموع ساعات کاری در همان سال}}$$

۲۷-۱-۲- نقش انگیزه کارکنان در همکاری با برنامه های ارزیابی ریسک و ایجاد رضایت

شغلی

انگیزه عبارت است از میل و خواست فرد برای انجام کار. این انگیزه و میل می تواند از بیرون فرد بر او وارد شود و همچنین می تواند از درون، فرد را به سوی هدف خود یا سازمان هدایت کند. انگیزش در اثر دو عامل بیرونی و درونی ایجاد می شود، یکی عوامل بیرونی عوامل بهداشتی محیط کار است. طراحی محیط داخلی محل کار، امکانات، تجهیزات و لوازم انجام کار و.. تاثیر قابل توجهی در انگیزش فرد دارد (۴۴).

بسیاری محققان معتقدند انگیزش ایمنی بر عملکرد ایمنی تأثیر گذاشته و پیش بینی کننده ضروری رفتار است. انگیزش ایمنی به عنوان انگیزه کارکنان برای انجام دادن وظایف شغلی در حالت ایمن و انگیزش برای انجام دادن رفتارهای ایمن تعریف شده است. در تعریف دیگری از انگیزش ایمنی، آن را به عنوان درجه ی شوق کارکنان برای وفادار ماندن به قوانین ایمنی سازمان شان، زمانی که با قوانین آشنایی داشته باشند، تعریف کرده اند. پژوهش ها نشان داده اند که رفتارهای ایمنی به انگیزه کارکنان بستگی دارد و انگیزش ایمنی با افزایش همکاری کارکنان در خصوص شناسایی و کنترل ریسک و ایجاد جو ایمنی و کاهش حوادث مرتبط است و بر مشارکت داوطلبانه در فعالیتهای ایمنی تأثیرگذار است. نظریه دو عاملی (انگیزشی- بهداشتی) هرزبرگ یکی از جامع ترین نظریه های انگیزش است که عوامل مؤثر بر ایجاد انگیزه را به دو دسته انگیزشی و بهداشتی تقسیم می کند. به عقیده او عوامل بهداشتی به از بین رفتن نارضایتی در افراد می انجامد، و عوامل انگیزشی موجب افزایش انگیزه کاری در آنان می شود (۴۵). به طور کلی می توان گفت که رضایت شغلی، یکی از چالش برانگیزترین مفاهیم سازمانی و پایه بسیاری از سیاست ها و خط مشی های مدیریت برای افزایش بهره وری و کارایی سازمان می باشد (۴۶).

۲۸-۱-۲- نقش اقدامات کنترلی در اثربخشی ارزیابی ریسک

اعمال یک مدیریت مناسب و خوب در زمینه ریسک‌ها مستلزم پیگیری اثربخشی اقدامات کنترلی انجام شده است. این پیگیری باید مشخص نماید که:

- ✓ خطرات و ریسک‌ها تصحیح شده‌اند یا خیر؟ بخشی از آنها حل شده یا اصلاً حل نشده‌اند؟ و آیا اقدام اصلاحی بعمل آمده، خود ریسک‌های جدیدی ایجاد نموده است؟
- ✓ اگر سطح ریسک به میزان قابل قبول کاهش نیافته و یا ریسک‌های جدیدی تعریف شده‌اند، ریسک‌ها باید مجدداً ارزیابی شده و یا اقدامات مقتضی انجام شود.
- ✓ مستندات و نتایج حاصل از ارزیابی‌ها و اعمال اقدامات کنترلی و پیگیری اثربخشی باید ثبت و نگهداری شود (۴۷).

۲۹-۱-۲- اولویت بندی اقدامات کنترلی بر اساس ارزیابی ریسک

این مفهوم، بیانگر روش سیستماتیکی است که با تفکر صحیح و در نظر گرفتن مراتب کنترلی مؤثرترین راه برای حذف و کاهش خطرات و ریسک‌های مربوطه را ارائه می‌دهد:

- (۱) حذف یا کاهش ریسک توسط فرآیند طراحی و طراحی مجدد:

اگر خطرات در مرحله طراحی و طراحی مجدد حذف گردند، ریسک‌های مرتبط با آنها نیز حذف می‌شوند. ولی همیشه این امر امکان‌پذیر نیست. در برخی موارد هدف عبارتست از تغییر طراحی به صورتی که احتمال خطای انسانی ناشی از کاستی‌های طراحی و همچنین توانایی کارگر در تغییر سیستم طراحی شده به حداقل برسد. مانند خطرات سقوط، ارگونومی، ورود به مکان‌های محصور، برق، صدا و مواد شیمیایی.

- (۲) کاهش ریسک توسط جایگزین نمودن مواد یا روش‌های با خطر کمتر:

جایگزین نمودن روش‌های با خطر کمتر ممکن است قادر نباشد همانند طراحی یا طراحی مجدد ریسک‌ها را کاهش دهد. به عنوان مثال در یک فرآیند مخلوط‌سازی مواد شیمیایی لازم است عمده‌تاً مواد شیمیایی توسط کارگر بصورت دستی حمل شود. در جریان این اختلاط کارگر در معرض سوختگی شدید شیمیایی قرار می‌گیرد. حال دو شرکت را با هم مقایسه کنید. در یکی از آنها فرآیند را دوباره طراحی کرده‌اند و در نتیجه فرآیند کاملاً به حالت بسته انجام می‌گیرد و تمامی مراحل بصورت اتوماتیک و توسط کامپیوتر هدایت می‌شود. در این حالت تماس کارگر در حد زیادی حذف شده است. در کارخانه دیگر توانایی مالی برای طراحی مجدد موجود نیست و

برای کاهش ریسک، تامین کننده قبول کرده است تا مواد شیمیایی را پیش از حمل به کارخانه با یکدیگر مخلوط کند(جایگزینی). روش های جایگزینی شامل استفاده از تجهیزات حمل اتوماتیک مواد شیمیایی، تعبیه سیستم تغذیه اتوماتیک برای کاهش خطرات ماشین، استفاده از مواد تمیزکننده کم خطر، کاهش سرعت، توان و آمپراژ ماشین، کاستن از دما و فشار، بکارگیری سیستم هوای گرم بجای سیستم بخار (جلوگیری از خطر انفجار) می باشند.

(۳) به کارگیری وسایل ایمنی:

وسایل ایمنی مهندسی برای جلوگیری از تماس کارگر با خطر بکار می روند. این وسایل انرژی های خطرناک را از کارگر جدا کرده و از خطای کارگر پیشگیری می کنند. این روش ها شامل حفاظ های ماشین ها، سیستم های قفل ایمنی، کلیدهای قطع کننده مدار، آلام های راه اندازی، تورهای ایمنی، سیستم های تهویه، سیستم های پیشگیری از سقوط، محفظه های ضد صدا، میزهای بالابر، تسمه نقاله ها و بالانسرها هستند.

(۴) به کارگیری سیستم های هشداردهنده:

اثربخشی سیستم های هشداردهنده تا حد زیادی به کنترل های اداری مانند آموزش، مانور، کیفیت نگهداری و واکنش کارکنان وابسته است. در بسیاری از مواقع سیستم های هشداردهنده پس از وقوع رویداد خاص کاربرد دارند مانند آلام های دود حریق. دتکتورهای دود، سیستم های آلام، سیستم های کشف مواد شیمیایی و ...

(۵) اعمال کنترل های اداری (مانند روش های کاری، آموزش، زمان بندی کار و ...):

این اقدامات شامل انتخاب کارکنان، توسعه و به کارگیری روش های کاری مناسب، آموزش، نظارت، انگیزش، تغییر رفتار، زمان بندی کار، چرخش کاری، زمان بندی پریودهای استراحت، نگهداری، مدیریت تغییر و بازرسی است.

(۶) استفاده از وسایل حفاظت فردی:

استفاده صحیح از وسایل حفاظت فردی به شناسایی و انتخاب وسیله مورد نیاز، آموزش، تنظیم صحیح، بازرسی و نگهداری مناسب بستگی دارد. اگر چه وسایل حفاظت فردی برای بسیاری از موقعیت های شغلی ضروری است، ولی این وسایل تأثیر کمی روی کنترل ریسک ها دارند زیرا مقرراتی که برای استفاده از آنان وضع می گردد معمولاً به راحتی توسط کارگران نادیده گرفته می شود. یکی از اهداف فرآیندهای طراحی کاهش سطح اتکا به وسایل حفاظت فردی است.

مدیران تصمیم گیرنده در خصوص کنترل‌ها باید آگاه باشند که از میان شش گروه گفته شده در سلسله مراتب کنترل ریسک، به دلایل زیر، اقدامات گروه اول، دوم و سوم دارای اثربخشی بیشتری هستند و اقدامات گروه چهارم، پنجم و ششم بیشتر اقدامات اقتضایی هستند و به طور ویژه روی عملکرد پرسنل و اثربخشی فعالیت آنها متمرکز است:

- ✓ این اقدامات عمدتاً پیشگیرانه هستند که از طریق طراحی، جایگزینی و اقدامات مهندسی باعث حذف یا کاهش ریسک می‌شوند.
- ✓ کمترین تکیه را بر عملکرد پرسنل دارند به عبارت دیگر این اقدامات بیشتر مهندسی است تا درخواست از کارگر برای رعایت ایمنی.
- ✓ کمتر توسط سرپرستان و کارگران نقض می‌شود (۴۷).

۲-۲- معرفی سازمان

۱-۲-۲- جایگاه صنعت فولاد و تاریخچه ی آن در ایران

صنعت فولاد را می‌توان یکی از بنیان‌های مهم اقتصاد در هر کشوری برشمرد، به‌گونه‌ای که حتی مصرف سرانه فولاد به‌عنوان شاخصی به منظور ارزیابی صنعتی بودن یک کشور مطرح است. امروزه در کشور ما نیز فولاد با حضور در بخش‌های مهم تولیدی و صنعتی کشور، نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند، به‌گونه‌ای که افزون بر ۶۰۰ صنعت به‌عنوان صنایع پایین‌دستی از آن تغذیه می‌کنند. ایران در تولید فولاد دارای جایگاه بین‌المللی است، به‌طوری‌که در سال ۲۰۱۰ میلادی در مقام هفدهم دنیا قرار داشت و امروز ایران چهاردهمین فولادساز جهان است؛ تولیدات ایران در این عرصه تا جایی پیش رفته که امروز تولیدات فولادی بخش خصوصی با وجود روند کاهشی در جهان در حال افزایش است.

تاریخچه کارخانه فولاد در ایران به سال ۱۳۰۶ می‌رسد، زمانی که برای نخستین‌بار اقدام‌هایی در جهت احداث کارخانه فولاد شد، ولی جنگ جهانی دوم مانع پیگیری و رشد اهداف در زمینه فولاد شد. نخستین کارخانه فولاد در خوزستان برای فرآوری قراضه‌های وارداتی در سال ۱۳۴۲ ایجاد شد و یک توافقنامه بین یک شرکت ایرانی و سوئدی برای ساخت این کارخانه فولاد بسته شد. پس از آن بخش دولتی نیز فعالیت خود را آغاز کرد،

به گونه ای که در کنار قرارداد منعقد شده بین دولت های ایران و شوروی سابق برای انتقال گاز طبیعی از ایران، مبادلات صنایع سنگین و از جمله ساخت یک واحد فولادسازی با ظرفیت تولید سالانه ۵۵۰ هزار تن در اصفهان به عهده طرف مقابل گذاشته شد. در این راستا شرکت ملی فولاد ایران نیز به منظور انجام کارهای ساختمانی این کارخانه و تجهیز معادن مربوط نظیر سنگ آهن، زغال سنگ، سنگ آهک، نسوز و ... تأسیس شد و از آن سال به بعد کارخانه های فولادی یکی پس از دیگری احداث شد. پس از انقلاب واحدهای فولادی چون فولاد خوزستان و فولاد مبارکه اصفهان شکل گرفتند که سهم مهمی را در تولید فولاد کشور برعهده دارند. در حال حاضر نیز با وجود اینکه مجتمع های فولادی چون فولاد هرمزگان، فولاد خراسان، فولاد سبا، فولاد کاویان، شرکت گروه صنعتی سپاهان، فولاد آلیاژی ایران و شرکت ملی فولاد ایران شکل گرفتند اما سهم بالای ۷۰ درصد تولید فولاد ایران بر دوش فولادسازی چون فولاد مبارکه، فولاد خوزستان و ذوب آهن اصفهان است.

۲-۲-۲- چشم انداز ۱۴۰۴ فولاد ایران

ایران چهاردهمین فولادساز جهان محسوب می شود که برای افق چشم انداز ۱۴۰۴، دستیابی به ظرفیت ۵۵ میلیون تن فولاد خام را هدف گذاری کرده است که از این رقم حدود یک میلیون تن باید راهی بازارهای صادراتی شود. به گزارش روابط عمومی سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران، براساس برنامه راهبردی وزارت صنعت، معدن و تجارت، سهم ارزش افزوده صنعت فولاد در بخش صنعت و معدن در سال ۹۲، ۱۸ درصد بوده و قرار است این رقم تا پایان سال ۹۶ به ۱۹ درصد و تا چشم انداز ۱۴۰۴ به ۲۰ درصد برسد. با ارتقای ظرفیت تولید ۵۵ میلیون تن فولاد خام در سال، جایگاه ایران در صنعت فولاد از رتبه چهاردهم کنونی به هفتم در سطح جهان ارتقا می یابد. در این میان، با هدف افزایش ارزش افزوده در صنعت فولاد، صنایع بالادستی آن نیز به تناسب زنجیره تولید، تکمیل خواهد شد. براساس این برنامه، اهداف کلی پیش بینی شده برای توسعه صنعت فولاد شامل موارد ذیل می باشد:

- «استخراج معادن و تولید محصولات فولادی با احداث واحدهایی با مقیاس های جهانی»
- «احداث واحدهای فرآوری برای تکمیل زنجیره ارزش و ارتقای ارزش افزوده»
- «ارتقای سطح کیفیت محصولات صنایع معدنی براساس استانداردهای جهانی»

- «دستیابی به دانش فنی تولید و ارتقای سطح فناوری در تمامی زمینه‌های اکتشاف تا فرآوری مواد معدنی»
- «استفاده حداکثری از توان داخلی در مراحل مهندسی، احداث و بهره‌برداری»
- «ارتقای بهره‌وری کل عوامل موثر در زنجیره معدن به موازات شاخص‌های جهانی»
- «دستیابی به شاخص‌های استانداردهای زیست‌محیطی».

۳-۲-۲- برخی از مخاطرات ایمنی صنایع فولاد

رخداد حوادث در صنایع فولاد، بیشتر از صنایع دیگر مربوط به فرآیندهای آن است، مانند؛ بخش شدن، انفجارات گاز، بیرون ریختن و پرتاب فلز مذاب یا گدازه حرکت لوکوموتیوها، واگن‌های بزرگ، واگن دوچرخ، پرکننده‌های کوره، جرثقیل‌ها و ملاقه‌ها (پاتیل‌های حاوی فلز مذاب) سایر بارهای سنگین که به آن‌ها آویخته هستند، افتادن اجسام سنگین و انسداد کف کارگاه‌ها و مسیرهای عبور و مرور. اغلب خطرهای چندگانه هستند، مثل، افتادن یک پاتیل فلز مذاب از جرثقیلی که در بالای یک مسیر شلوغ در حال حرکت است. وقوع سوختگی در جاهای مختلف کارخانه شایع است؛ در جلوی کوره‌ها، در هنگام خالی کردن کوره، تماس با بخار فلز مذاب بر اثر کج شدن یا افتادن پاتیل‌ها، در هنگام خالی کردن شمش‌ها در چاله‌های مرطوب (انبار کردن)، سقوط در فلز مذاب به علت سهل‌انگاری، آسیب چشم‌ها و دیگر قسمت‌های بدن در اثر ترشحات و یا جرقه‌ها. انفجار در پاتیل‌های حاوی فلز مذاب یا گدازه به علت فرو بردن یک وسیله خیس در آن و در نتیجه پخش ذرات فلز داغ در یک محدوده وسیع. افزایش استفاده از اکسیژن در فولادسازی جدید، خطر انفجار را زیاده‌تر کرده است، مثلاً در هنگام انتقال، ذخیره، توزیع و استفاده از آن. حمل و نقل مکانیکی در صنعت آهن و فولاد الزامی است و استفاده از لوکوموتیوها و خطوط آهن در صنایع بزرگ و کارهای سنگین بسیار زیاد است. در رفتن واگن‌ها به علت نقص فنی یا اشتباه در هدایت، به خصوص هنگام اتصال آن‌ها و گیرکردن بین واگن‌ها، خوب نبستن واگن‌ها به یکدیگر و واژگون شدن واگن‌های چهار چرخ یا دوچرخ، می‌تواند خسارات جانی شدیدی به وجود آورند. افراد ممکن است از بالای وسایل پرکننده کوره‌هایی که روی ریل حرکت می‌کنند به پایین سقوط نمایند، یا بین آن‌ها گیر کنند. شکستن جرثقیل یا نقص فنی بعضی از قسمت‌های آن (زنجیر بالابر، قلاب‌ها و ...) ممکن است باعث کج

شدن یا افتادن پاتیل‌ها، شمش‌ها و ... شود. باید قلاب کردن پاتیل‌ها یا عدم ارتباط بین رانندگان جرثقیل و کسانی که مسئول قلاب کردن هستند، ممکن است نتایج مشابهی در برداشته باشد. حوادث ممکن است در مسیر عبور جرثقیلی که در بالا حرکت می‌کند نیز پیش آید (نقص در نحوه رانندگی). رانندگان جرثقیل نیز ممکن است بر اثر عدم احتیاط هنگام ورود و خروج از اتاقک خود دچار حادثه شوند. کف کارگاه‌ها و راه‌های عبور ممکن است به دلیل تجمع وسایل و ابزار بسته شوند. ابزارها خیلی زود فرسوده می‌شوند و استفاده از آن‌ها خطرناک می‌گردد. گرچه مکانیزه شدن، تا حد زیادی استفاده از وسایل دستی را کم کرده است ولی هنوز این حوادث زیاد اتفاق می‌افتند. نگهداری و تعمیر منظم دستگاه‌ها، دارای اهمیت خاصی در جلوگیری از بروز حوادث می‌باشد و هدف بالا بردن میزان کارایی وسایل و ابزار است، زیرا نقص آن‌ها می‌تواند حوادث جبران‌ناپذیری به وجود آورد. همچنین حفاظ دستگاه‌ها باید در شرایط خوب نگهداری و به خوبی عمل نمایند.

همچنین در صنعت آهن و فولاد مقادیر زیادی گاز در کوره‌های انفجاری، تبدیل کننده و کوره‌های کک تولید می‌شود. بعد از زدودن غبارها، این گازها به عنوان سوخت در بعضی از دستگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌دهند و گاهی نیز از آن‌ها به عنوان ماده خام در صنایع شیمیایی استفاده می‌کنند. این گازها شامل مقادیر زیادی مونوکسیدکربن هستند (گاز کوره‌های انفجاری ۲۲ تا ۳۰ درصد، گاز کوره‌های کک ۵ تا ۱۰ درصد، گاز کوره‌های مبدل ۶۸ تا ۷۰ درصد مونوکسیدکربن دارد). بعضی مواقع مونوکسیدکربن از بالا یا دبنه کوره‌های انفجاری یا از لوله‌های گاز موجود در داخل کارخانه نشت می‌کند و باعث مسمومیت حاد می‌شود.

در هنگام تهیه آهن (کار جلوی کوره‌های انفجاری)، ساخت فولاد، تهیه شمش و ریخته‌گری‌های پی‌درپی (کار در مقابل کوره)، تهیه کک (کار در مقابل و بالای کوره) همه موجب فرسایش و تماس با حرارت زیاد است. لذا گرم‌زدگی یک موضوع عادی است، به خصوص در فصل گرم سال، انقباض‌های عضلانی به علت کم شدن نمک به دلیل تعریق زیاد بسیار شایع است.

در بسیاری از فرآیندهای تولید آهن و فولاد، غبار زیادی تولید می‌شود، به خصوص در فرآیند تولید خاکستر، در جلوی کوره‌های انفجاری و کوره‌های فولاد و تهیه شمش فولاد، غبارهای ناشی از سنگ آهن یا فلزات آهنی به سرعت باعث فیبروز ریه نمی‌شوند و پنوموکونیوز نیز شایع نیست ولی چنین تصور می‌شود که برخی سرطان‌های ریوی بر اثر مواد سرطان‌زای موجود در بعضی دودها به وجود می‌آید. دوده‌های غلیظی که در هنگام استفاده از اکسیژن در کوره‌های باز ایجاد می‌شود، ممکن است بر روی راننده جرثقیل‌ها به خصوص تأثیر بگذارد.

پرتوهای ناشی از حرارت کوره‌ها ممکن است سبب آسیب چشم‌ها گردد، مگر این که از وسایل حفاظتی مناسب استفاده شود. دستگاه‌های دمنده، کارگاه‌های اکسیژن و دمنده‌های خالی‌کننده گازها صدای شدیدی تولید می‌کنند.

کوره‌های الکتریکی با ولتاژ بالا منبع قابل توجه ایجاد سروصدا هستند و ممکن است موجب کاهش شنوایی گردند. بنابراین، کارگران کوره‌ها را باید به وسیله عایق‌سازی منبع صدا و حفاظ‌های ضد صدا محافظت کرد و زمان تماس با صدای شدید را کم نمود. از حفاظ‌های گوش (داخل گوشی یا روی گوشی) فقط در مواردی باید استفاده شود که سایر تدابیر غیر کافی باشند.

۳-۲- پیشینه پژوهش

۳-۲-۱- مطالعات داخلی

- نیک پیشه کوه جهری و همکاران (۱۳۹۸)، در مطالعه ای درباره ی " ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی صنایع فولاد به روش EFMEA (مطالعه موردی: کارخانه ذوب و فولاد اردکان)" بیان کردند صنایعی چون فولاد در کنار تولید ثروت و پیشرفت اقتصادی مشکلات زیست محیطی فراوانی چون آلودگی هوا، آب، خاک و تولید پسماند ایجاد می‌کنند. از آنجا که حفاظت از محیط زیست یکی از ارکان توسعه پایدار محسوب می‌شود بنابراین باید راهکارهایی اتخاذ گردد که در ضمن کاهش خطرات زیست محیطی، صنعت موجود را به سمت توسعه پایدار پیش برد. در این تحقیق در ابتدا با بازدید میدانی از شرکت ذوب و فولاد اردکان تمامی خطرات و جنبه‌های زیست محیطی شناسایی و با استفاده از روش EFMEA محاسبه شد. سپس داده های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. طبق یافته‌های به دست آمده در این پژوهش، ۳۱۶ جنبه ریسک زیست محیطی شناسایی شد که از این میزان ۳۹ ریسک در سطح پایین، ۱۳۹ ریسک در سطح متوسط و ۱۳۸ ریسک در سطح بالا قرار داشتند. در پایان نتیجه گیری شد با انتخاب روش مناسب و برنامه‌ریزی صحیح و ارائه راهکارهای پیشگیرانه و اصلاحی، می‌توان خطرات زیست محیطی ناشی از صنایع را به میزان قابل توجهی کاهش داد (۹).

- مؤمنی و همکاران (۱۳۹۷)، پژوهشی پیرامون "مدیریت ریسک فرایندهای نگهداری و تعمیرات با استفاده از تکنیک تحلیل درخت خطا و تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره" و با هدف ارزیابی ریسک نصب داربست در داخل راکتور با استفاده از روش تحلیل درخت (FTA) خطا به منظور ریشه‌یابی خطرات موجود انجام دادند. در این مطالعه با توجه به اینکه احتمال دقیق رویداد های اساسی در ساختار درخت خطای این رویداد دشوار و با عدم قطعیت همراه بود؛ به منظور محاسبه احتمال رویدادهای اساسی و در نهایت رسیدن به نرخ احتمال وقوع رویداد نهایی، از روش منطق و اعداد فازی استفاده شد. نتایج نشان می‌داد احتمال رویداد نهایی در این تحقیق ۳۸ درصد بود که این میزان نشان دهنده سطح ریسک بالایی را برای نفرات بود (۴۸).

- بک بکی و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله ای با عنوان "ارزیابی ریسک احتمالی به روش آنالیز درخت خطای فازی بر پایه دو نوع توزیع امکان وقوع نقص در صنایع فرآیندی" بیان کردند که ارزیابی ریسک احتمالی با استفاده از آنالیز درخت خطا ابزاری مؤثر برای بررسی احتمال وقوع رویدادهای خطرناک در صنایع فرآیندی شیمیایی می‌باشد. در این مطالعه، ارزیابی ریسک پیشنهادشده براساس دو رویکرد فازی پایه پنج و شش مقیاسه بود که در ابتدا دیاگرام درخت خطا با استفاده از روش‌های شناسایی ریسک ترسیم گردید. سپس با استفاده از دو نوع توزیع امکان نقص، احتمال وقوع نقص رویدادهای پایه‌ای محاسبه شد. در پایان نیز با استفاده از آنالیز میزان اهمیت، مجموعه‌های برشی حداقل بحرانی رتبه‌بندی شدند. نتایج نشان می‌داد رویکرد فازی پایه می‌تواند جایگزین خوبی برای رویکرد متعارف FTA به‌منظور مقابله با رویدادهای پایه‌ای باشد که داده‌های نرخ نقص برای به‌دست آوردن احتمال وقوع نقص خود ندارد. گفتنی است این مطالعه، سازگاری رویکرد فازی پایه برای ارزیابی احتمال‌های وقوع نقص رویدادهای پایه‌ای را تأیید کرد (۴۹).

- امیدوار و نیرومند (۱۳۹۶)، در مطالعه ای با موضوع "ارزیابی ریسک با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)، منطق فازی و تئوری خاکستری- مطالعه موردی جرثقیل های سقفی" بیان کردند روش FMEA یکی از روش های پر کاربرد در ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک است؛ لیکن به چندین دلیل، کاربرد آن در عمل دچار محدودیت می‌باشد. مطالعه ایشان با هدف حذف این محدودیت ها، با استفاده از اصول منطق فازی و تئوری خاکستری در قالب اعداد Z و روش خاکستری (GRP) انجام شد. مطالعه فوق از نوع تحلیلی- مقطعی بود که به منظور اولویت بندی ریسک های جرثقیل سقفی انجام گردید و در آن یک تیم ۴ نفره متخصص برای این کار تعیین شدند. بر اساس یافته ها، از ۱۳ مورد حالت شکست شناسایی شده،

روش FMEA سنتی به ۷ مورد، اولویت یکسان داده و در نتیجه ۹ سطح ریسک تعیین شد. اما در روش پیشنهادی، محدودیت های FMEA حذف شده و در نتیجه ۱۳ اولویت به حالت های شکست اختصاص یافت. نهایتاً نتایج نشان می داد روش ارائه شده با اتکا به روش های AHP فازی، اعداد Z و GRP به ترتیب مشکل یکسان بودن وزن های مربوط به ریسک فاکتورها، عدم قطعیت موجود در داده ها (نظرات متخصصین) و اولویت بندی حالت های شکست را حذف نموده و نسبت به روش FMEA سنتی از توانایی بالاتری در اولویت بندی ریسک ها برخوردار بوده است (۵۰).

- کاووسی و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله ای با عنوان "بررسی خطاهای فرآیندهای اتاق عمل بیمارستان نمازی با روش تحلیل حالات و اثرات خطا (FMEA)" بیان کردند کاهش خطا در بیمارستان ها به عنوان ضرورتی برای بهبود کیفیت مراقبت های سلامت، بهبود ارتباط بین کارکنان بیمارستان و بیماران و کاهش شکایت بیماران شناخته می شود. به دلیل احتمال بالای وقوع خطا در اتاق عمل، پژوهش فوق با هدف شناسایی خطاهای بالقوه با روش تحلیل حالات و اثرات خطا (FMEA) انجام شد. پژوهش ایشان یک مطالعه کیفی بود که حالات خطا را با روش تحلیل حالات و اثرات خطا در شش مرحله مورد ارزیابی قرار می داد. ابتدا تعداد فعالیت های اتاق عمل فهرست گردید و سپس حالات خطا شناسایی شد؛ سپس عدد اولویت ریسک (RPN) هریک از خطاها طبق امتیاز شاخص های شدت، وقوع و تشخیص محاسبه گردید. در مجموع ۲۰۴ حالت خطا برای ۳۶ فرآیند فرعی ذکر و در ۵ فرآیند بخش جراحی مشخص شد. ۱۵,۷٪ از حالات خطا به عنوان خطر با ریسک بالا طبقه بندی شدند. بیشترین فراوانی علل ریشه ای مربوط به خطاهای انسانی و خطاهای سازمانی و کمترین مربوط به خطاهای فنی بود. در پایان نتیجه گرفته شد خطاهای اتاق عمل عمدتاً مربوط به خطاهای انسانی و مهارت بوده است و بیشترین مجموع حالات خطا برای "بیهوش نمودن بیمار توسط رزیدنت بیهوشی به کمک سرکولار" و کمترین متعلق به "نگذاشتن اکسیژن برای بیمار" بود. همچنین شناسایی ۳۶ فعالیت و ۲۰۴ حالات خطا در ۵ فرآیند اتاق عمل نشان دهنده جامعیت روش HFMEA در شناسایی، طبقه بندی، ارزیابی و تحلیل خطاهای نظام سلامت بود (۵۱).

- سید نعمه و کریمی اورگانی (۱۳۹۴)، در تحقیق خود با عنوان "ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشت کارخانجات نفت و گاز" به بررسی فعالیت ها و شناسایی عوامل خطر ناک مختلفی از نظر ایمنی، سلامت، بهداشت و محیط

زیست کارخانجات نفت و گاز با استفاده از روش های^۱AHP و^۲FMEA پرداختند. پژوهش مذکور از نوع کاربردی بوده و با استفاده از بازدیدهای میدانی، مطالعات کتابخانه و اینترنتی، مصاحبه، کارشناسان فنی وزیست محیطی و مروری بر سوابق گذشته حوادث در کارخانجات نفت و گاز مورد مطالعه عوامل ریسک و جنبه های مربوط به آن شناسایی شد و احتمال وقوع ریسک های محیط زیستی با کمک پرسشنامه و از طریق AHP بدست آمد و مقادیر شدت اثر نیز با استفاده از پرسشنامه و به روش FMEA تعیین شد و نمرات ریسک محاسبه گردید. و در پایان به کمک نرم افزار^۳spss مقایسه دو به دو بین ریسک های کارخانجات نفت و گاز انجام شد. براساس نتایج بدست آمده میزان و نوع خطر در هرکدام از کارخانجات نفت و گاز تفاوت داشت. این مطالعه نشان داد که در پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان از بین ۲۰ خطر زیست محیطی شناسایی شده ۱۵٪ خطرات باریسک پایین ۷۵٪ خطرات باریسک متوسط و ۱۰٪ خطرات باریسک بالا می باشد. در کارخانه پتروشیمی شازند در مرحله بهره برداری از تعداد ۵۰ عامل خطر در ۲۱ واحد پتروشیمی و ۰۲ جنبه ریسک در محیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی اجتماعی- فرهنگی ایمنی و بهداشت محیط شناسایی شد (۵۲).

- علوی فر (۱۳۹۳)، پژوهشی با عنوان " تجزیه و تحلیل روش های کیفی ارزیابی ریسک و کیفیت استفاده از آنها در مقالات علمی پژوهشی در سال های ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۹ " با هدف تعیین، بررسی، دسته بندی، طبقه بندی، مقایسه و تجزیه و تحلیل ریسک های اصلی و تکنیک ها و روش های کیفی ارزیابی ریسک انجام داد و تجزیه و تحلیل ریسک و تکنیک های ارزیابی را به سه دسته اصلی طبقه بندی نمود: الف) کیفی، ب) کمی، ج) تکنیک های پیوندی (کیفی، کمی، نیمه کمی). تجزیه و تحلیل های آماری مقالات منتشر شده نشان می داد که روش های کمی ارزیابی ریسک فراوانی نسبی بیشتری را نسبت به دو نوع دیگر ایجاد کرده است (۵۳).

- دری و همکاران (۱۳۸۹)، در مقاله ای با عنوان " رویکردی تلفیقی در تحلیل ریسک با استفاده از روش های تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA) و فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP) " بیان کردند مدیریت ریسک و ارتقای قابلیت اطمینان فرآیندها، از جمله موارد مهمی هستند که در ادبیات مدیریت تولید و عملیات اهمیت روزافزونی پیدا کرده اند و تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA)، یکی از توانمندترین روش ها در این

¹ Analytical Hierarchy process

² failure modes and effects analysis

³ Statistical package for social science

حوزه به شمار می آید که قابلیت اجرایی بالا و تحلیل پذیری مناسب، آن را در رده مهم ترین تکنیک های تحلیل مخاطره و تقویت ایمنی سیستم ها قرار داده است. در این مقاله فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP)، به عنوان یکی از روش های نوین و قدرتمند در زمینه تصمیم گیری با هدف تعدیل و تقویت روش FMEA، در ترکیب با آن (ANP-FMEA) دیده شد که طی آن ارتباطات متقابل عوامل موجب خطرپذیری در نظر گرفته شد و با ارائه ساختاری مدون، منظری سیستمی و منعطف را در قلمروی مدیریت ریسک به دست می داد. این روش، مفهوم ساده نمره اولویت ریسک را گسترش داده و برای پارامترهای FMEA در قالب توان، اهمیت های متفاوتی قائل بود. نتیجه استفاده از این روش این بود که مقدار RPN حاصل با شرایط سیستمی که در آن به کار گرفته می شد، سازگاری بهتری داشت و به کارگیری این روش تحلیل صحیح تری از ریسک فراهم می کرد که متعاقب آن، اقدامات کارا و اثربخش تر موجب دستیابی و حفظ ایمنی و درجه اطمینان مطلوب تری می شد (۵۴).

۲-۳-۲- مطالعات خارجی

- گل و همکاران^۱ (۲۰۱۷)، در پژوهشی با موضوع "ارزیابی ریسک سلامت کار و ایمنی در بیمارستان ها: مطالعه موردی با استفاده از رویکرد تصمیم گیری چند معیاره فازی دو مرحله ای" بیان کردند بهداشت و ایمنی شغلی، پایه ای برای کاهش حوادث شغلی در یک سطح قابل قبول است و شامل سلامت، ایمنی و رفاه کارکنان در محل کار می شود. مطالعه فوق در یکی از بیمارستان های ترکیه و با استفاده از یک رویکرد چند معیاره فازی دو مرحله ای انجام شد. در فرآیند سلسله مراتب تحلیلی فازی (FAHP) برای رتبه بندی از پنج پارامتر خطر استفاده شد که عبارت بودند از شدت، وقوع، عدم تشخیص، حساسیت به عدم اجرای تعمیر و نگهداری، و حساسیت به عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی. سپس از رویکرد F-VIKOR برای اولویت بندی انواع خطر در هر بخش از بیمارستان استفاده شد. نهایتاً بر پایه سلسله مراتب کنترل خطر، اقداماتی برای خطرات شناسایی شده ارائه گردید (۵۵).

- رنوا و همکاران^۲ (۲۰۱۶) در تحقیق خود با عنوان "شناسایی و مدیریت مسائل خودرو انعطاف پذیر بر پایه دانش FMEA" با هدف توسعه یک رویکرد مبتنی بر دانش FMEA برای قطعات خودرو قابل انعطاف، از

¹ Gul et al

² Renua et al.

توسعه یک مجموعه قوانین مبتنی بر فرایند سه مرحله ای کشف دانش و داده استفاده کرده است، بدین صورت که در مرحله اول تجزیه و تحلیل FMEA سنتی صورت گرفته است، در مرحله دوم از یک الگوریتم درخت تصمیم برای استخراج قواعد اطلاعات جمع آوری شده استفاده شده است و در مرحله سوم داده ها را پردازش نموده است و در پی این تجزیه و تحلیل ده مسئله برای ارزیابی دقیق طراحی و مدیریت تولید خودروهای انعطاف پذیر شناسایی شد (۵۶).

- مانگلا و همکاران^۱(۲۰۱۶)، در پژوهشی با عنوان " روشی یکپارچه از FTA و AHP فازی برای ارزیابی ریسک در زنجیره تامین سبز " روشی یکپارچه از آنالیز درخت خطا (FTA) و فرآیند سلسله مراتبی تحلیلی فازی (AHP) ارائه دادند که ابزاری را برای ادغام اطلاعات کمی و کیفی در فرآیندهای تصمیم گیری گروهی برای آنالیز ریسک های زنجیره تامین سبز تحت محیط فازی فراهم می کرد. در تحقیقات ایشان در ابتدا یک دیاگرام درخت خطا ساخته شد که شامل معیار احتمالی، و زیرمعیار ریسک های زنجیره تامین سبز می شد و سپس با استفاده از رویکرد AHP فازی، این معیار و زیرمعیار برای ارزیابی ریسک، اولویت بندی شدند. در کل، هشت معیار ریسک و ۳۰ زیرمعیار بر اساس مقالات مربوطه و ورودی کارشناسان، شناسایی شدند. یافته های تحقیق، نشان می دادند که معیار ریسک های فرآیند و ریسک های بازیابی محصول، دارای بالاترین اولویت بوده و نیازمند پاسخ های مدیریتی قابل توجهی برای کاهش حساسیت زنجیره تامین سبز و متعاقبا بهبود عملکرد بودند (۵۷).

- لوکس و همکاران^۲(۲۰۱۶) در تحقیق خود با عنوان " FMEA و در نظر گرفتن شرایط کار واقعی برای طراحی امن تر سیستم های تولید " با توجه به تجزیه و تحلیل شیوه های طراحی صنعت خودرو به بررسی جزئیات حالات شکست با رویکرد FMEA پرداخته اند و به این نتیجه رسیدند که از نظر سلامت می توان عملکرد طراحی مسائل را به صورت جامعی مورد بررسی قرار داد و حالات خطای آن را بدست آورد (۵۸).

- سیلوا و همکاران^۳(۲۰۱۴)، تحقیق خود را با عنوان " رویکرد چند بعدی برای مدیریت ریسک با استفاده از FMEA و تئوری فازی " را مورد بررسی قرار دادند. پس از تکامل و استفاده گسترده از اینترنت، امکان این

¹ Mangla et al.

² Lux et al.

³ Silva et al

وجود دارد که سازمان ها مورد حمله سیستم های فناوری اطلاعات قرار بگیرند. در نتیجه این امر بسیاری از اطلاعات، داده ها و تغییرات و خدمات کسب و کار شناسایی می گردد. هدف از این تحقیق بررسی و شناسایی پنج بعد از امنیت اطلاعات، دسترسی به اطلاعات و سیستم ها- امنیت ارتباطات- زیرساخت ها- مدیریت امن و امنیت توسعه سیستم های اطلاعات می باشد. و نتایج نشان می دهد که مهم ترین جنبه از خطر امنیت اطلاعات، امنیت ارتباطات در جهت زیرساخت ها می باشد (۵۹).

-لیاو و هو^۱(۲۰۱۴)، در مقاله ای با عنوان "مدیریت ریسک برای برون سپاری دفع زباله های پزشکی با استفاده از تجزیه و تحلیل اثرات خطا (FMEA)" بیان کردند میزان خطر زباله های پزشکی و همچنین اقدامات دفع آن را مورد بررسی قرار دادند. هدف آنها شناسایی عوامل مهم ریسک شرکت های دفع زباله های پزشکی بود که بعد از تهیه پرسشنامه و شناسایی عوامل موثر، آنها را مورد ارزیابی قرار دادند. نهایتاً عواملی که سطح ریسک بالای RPN ۸۰ داشتند انتخاب شدند که شامل فرآیند و روش دفع زباله ها و حجم آنها می شد. نهایتاً نتیجه گرفته شد که این یافته ها می تواند به عنوان مرجعی برای بیمارستان ها در انتخاب شرکت های برون سپاری برای دفع زباله های پزشکی مورد استفاده قرار گیرد.

¹ Liao & Ho

فصل سوم:

روش تحقیق

۱-۳- مقدمه

روش تحقیق مجموعه‌ای از قواعد، ابزار و راه‌های معتبر (قابل اطمینان) و نظام یافته برای بررسی واقعیت‌ها، کشف مجهولات و دستیابی به راه حل مشکلات است. (۶۱) اصولاً هدف تمامی علوم، شناخت و درک دنیای پیرامون است. به منظور آگاهی از مسایل و مشکلات دنیای اجتماعی، روش‌های علمی تغییرات قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده‌اند. این روندها و حرکت‌ها سبب شده است که برای بررسی رشته‌های مختلف دانش بشری، از روش علمی استفاده شود. پژوهش علمی یک کوشش نظامند جهت پاسخ دادن به پرسش‌های مطرح شده است. یکی از بخش‌های اصلی هر پژوهش علمی، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها جهت سؤال‌های پژوهشی بیان شده توسط محقق است. انتخاب یک روش پژوهش مناسب، محقق را تا حد زیادی در پیشگیری از بروز اشتباهات یاری می‌رساند. به کارگیری آزمون‌ها و تکنیک‌های مناسب با روش پژوهش منجر به حصول اطمینان از دقت و صحت نتایج بدست آمده می‌گردد.

لذا در این فصل پس از طرح مسئله پژوهش، تکنیک‌های تجزیه و تحلیل مناسب جهت پاسخ به سوالات و دستیابی به اهداف تبیین شده پژوهش، ارائه خواهد شد.

۲-۳- اهداف تحقیق

- شناسایی مهمترین حوادث در فاز تولید صنایع فولاد
- تعیین علت های میانی و پایه ای بروز حوادث منتخب
- ترسیم علل وقوع حوادث منتخب به صورت درخت وار
- تعیین امکان وقوع هر رویداد پایه با استفاده از نظر کارشناسان و متخصصان خبره
- تعیین احتمال وقوع حوادث اصلی با استفاده از اجماع نظر متخصصان در محیط فازی
- تعیین مهمترین مجموعه برشی در وقوع حوادث اصلی
- تعیین احتمال شناسایی / کشف حوادث در محیط فازی
- تهیه نمودار سلسله مراتبی از معیارهای شدت پیامد حوادث

- رتبه بندی حوادث بر اساس شدت پیامد با استفاده از ماتریس مقایسه های زوجی
- اولویت بندی شدت پیامد حوادث بر اساس معیارها با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی
- محاسبه مقدار RPN فازی برای هر حادثه
- اولویت بندی حوادث صنایع فولاد بر اساس مقادیر RPN فازی - روش پژوهش، مراحل انجام پایان

۳-۳- نوع پژوهش

روش های پژوهش در علوم رفتاری را معمولاً با توجه به دو ملاک هدف و ماهیت تقسیم بندی می کنند. جهت توضیح روش پژوهش نخست باید نوع پژوهش مشخص شود. به طور کلی روش های پژوهش در علوم رفتاری را می توان با توجه به دو ملاک هدف تحقیق و نحوه گردآوری داده ها تقسیم کرد تحقیقات بر اساس هدف به دو دسته بنیادی و کاربردی تقسیم می شوند. (۶۲)

نظر به اینکه هدف اصلی از انجام این پژوهش ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی در فاز بهره برداری صنایع فولاد با استفاده از تکنیک های FMEA و FTA و AHP فازی است، می توان گفت پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی می باشد و با توجه به اینکه در این پژوهش از روش های مطالعه کتابخانه ای و نیز روش های میدانی نظیر پرسشنامه استفاده شده است، می توان بیان کرد که پژوهش حاضر بر اساس ماهیت و روش، یک پژوهش توصیفی- پیمایشی است.

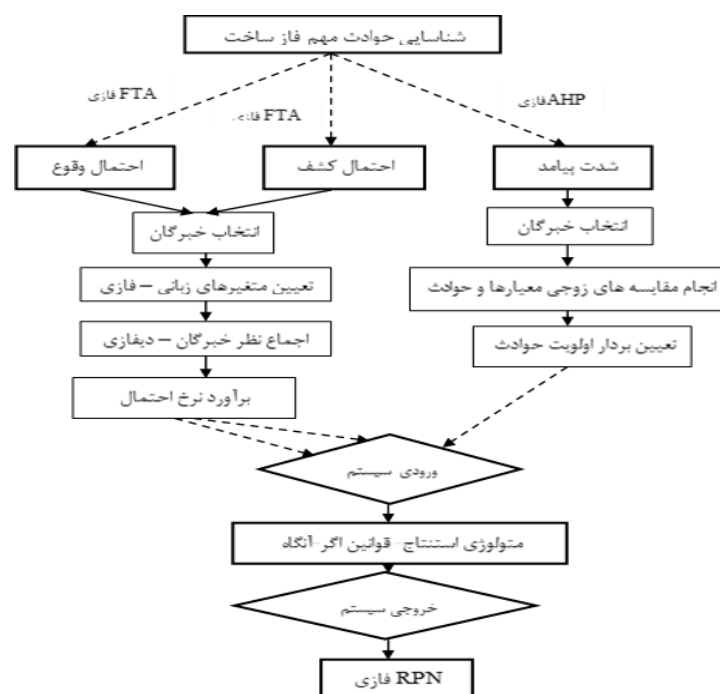
۳-۴- روش تحقیق

روش تحقیق در پژوهش حاضر از نوع کاربردی و بر مبنای هدف بوده و روش انجام مطالعه از طریق بررسی آرا و نظرات کارشناسان و دست اندرکاران و همچنین کارکنان، مراجعه مستقیم به محدوده مورد مطالعه و شناسایی و تحلیل ابعاد و جنبه های مختلف آن و بررسی طرح های در حال انجام و در دست اجرا در راستای جمع آوری اطلاعات، ارزیابی ویژگی ها و عملکردهای اصلی فضای موجود در فاز بهره برداری صنایع فولاد ایده آل در جهت شناسایی و تحلیل مشکلات و کاستی های آن فضاها و در نهایت، تحلیل داده های گردآوری شده و اولویت

بندی ریسک های ایمنی فازی بهره برداری صنایع فولاد برحسب درجه اهمیت و جدیت موضوع و ارائه اقدامات پیشنهادی و اصلاحی به منظور حل آن ها خواهد بود.

این تحقیق با رویکرد سیستمی و با نگاهی ساختاری و فرآیندگرا با عنایت به مسائل و مشکلات موجود در فضای فاز بهره برداری صنایع فولاد در حالت ایده آل بایستی داشته باشد و لحاظ نمودن نظرات و نیازهای کارکنان در برنامه ریزی ها و انتخاب تکنیکی مناسب در این خصوص که توانایی شناسایی، تحلیل و حل مشکلات فاز بهره برداری صنایع فولاد را داشته باشد، صورت می پذیرد. براین اساس، اطلاعات سطح اول پژوهش حاضر به روش تحلیلی و توصیفی و با استناد به مطالعات کتابخانه ای و اطلاعات سطح دوم آن طریق مطالعات و برداشت ها و بازرسی های میدانی و مطالعه حوادث پیشین به روش اکتشافی جمع آوری شده است.

پژوهش حاضر یک پژوهش توصیفی-تحلیلی، با هدف ارزیابی ریسک حوادث صنایع فولاد با ترکیب روش های FTA، AHP و FMEA فازی است که دو محور اصلی رتبه بندی سطح ریسک حوادث و تعیین مهمترین علل وقوع حوادث را به منظور شناخت بهترین راه های کنترلی با ترکیب روش های ریاضی و ذهنی دنبال می کند. مراحل انجام کار به ترتیب اجرا در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳-۱- مراحل انجام تحقیق

۵-۳- روش گردآوری داده‌ها

در این پژوهش از دو روش کتابخانه‌ای و میدانی جهت گردآوری اطلاعات استفاده شده است.

- روش کتابخانه‌ای: هر محقق قبل از شروع پژوهش و هنگامی که به موضوعی ویژه برای پژوهش علاقه‌مند شده است، ناگزیر از مراجعه به کتابخانه خواهد بود. با مطالعه کتاب‌ها، مقاله‌ها و تحقیقات دیگران که در حوزه موضوع مورد علاقه اوست، موضوع پژوهش خود را خالص‌تر و رساتر سازد. برای پیشینه و ادبیات پژوهش از کتابخانه و مراجعه به اینترنت استفاده شده است.

- روش میدانی: در این روش ابزار گردآوری داده‌های اولیه از طریق مصاحبه منظم با کارشناسان و خبرگان بوده است. در تحقیق حاضر با استفاده از نظر کارکنان، صاحب نظران و اساتید کمیته تحقیق و حضور و بازرسی میدانی در محل عوامل مرتبط با موضوع شناسایی شده است.

- روش پرسشنامه‌ای: در این تحقیق پرسشنامه AHP برای اولویت بندی معیارها و گزینه های تحقیق استفاده شده است.

حال در این مطالعه ابتدا توسط آمارها و حوادث ثبت و گزارش شده و مصاحبه با اشخاص آمار حوادث سالانه فاز بهره برداری صنایع فولاد جمع‌آوری شده و حوادث مهم بر اساس نظر خبرگان غربال شده و با نظر آنان مشخص گردید که چه تعداد حادثه برای تجزیه و تحلیل مناسب هستند، بنابراین براساس فرکانس حوادث و بیشترین پیامدها چهار حادثه به عنوان مهمترین حوادث فاز بهره برداری صنایع فولاد جهت بررسی بیشتر انتخاب گردید. سپس با بررسی‌های بیشتر و مطالعات کتابخانه‌ای علت‌های وقوع حوادث شناسایی و ترسیم شد. ابزار گردآوری اطلاعات در این مطالعه به منظور جمع‌آوری نظر خبرگان شامل یک چک لیست سه بخشی (احتمال وقوع و احتمال کشف حوادث) و یک پرسشنامه مقایسه زوجی حوادث (شدت پیامد حوادث) بود. در این مطالعه با همکاری مسئولین درخصوص انجام مطالعه و اهداف آن به خبرگان مورد مطالعه توضیحاتی داده شد و آنها بدون اجبار و با آرامش خاطر به سوالات چک لیست ها و پرسشنامه که بدون نام بود به شیوه خود گزارش دهی پاسخ دادند.

۶-۳- جامعه آماری

جهت انتخاب مهمترین حوادث ابتدا گزارش و آمار حوادث ثبت شده در صنایع فولاد طی سالهای ۹۲ تا ۹۹ بررسی شد. در این پژوهش از بین ۳۷۰ داده صحیح مربوط به حوادث رخ داده در فاز بهره برداری صنایع فولاد طی سال های ۹۲ تا ۹۹ ثبت شده بود ، که دراین آمار گیر کردن بین دو شی با ۱۲٪، سقوط از ارتفاع با ۱۰٪، سقوط اشیا با ۰۷٪، برخورد شی با ۳۶٪ بیشترین میزان حوادث را به خود اختصاص داده بودند. این پژوهش در فاز بهره برداری صنایع فولاد صورت گرفته است و از آنجاکه در مطالعه حاضر از رویکردهای مهندسی صنایع و تحقیق در عملیات استفاده شده است بنابراین جامعه مورد بررسی را خبرگان و کارشناسان ارشد حوزه مورد مطالعه تشکیل می دهند. در هریک از فازهای مطالعه نیز گروه خبرگان براساس تکنیک مورد استفاده تعیین شده است.

جهت نیل به هدف پژوهش از تکنیکهای تصمیم گیری چندمعیاره مانند AHP برای اولویت بندی معیارهای اصلی و انتخاب گزینه مناسب استفاده شده است. ساعتی (۲۰۰۲) معتقد است تعداد ده نفر از خبرگان برای مطالعات مبتنی بر مقایسه زوجی کافی است (۶۳). همچنین ریزا و وازیلیس (۱۹۸۸) با اشاره به این نکته که تعداد خبرگان به عنوان مصاحبه شونده نباید زیاد باشد در کل ۵ الی ۱۵ نفر را پیشنهاد می کنند (۶۴) و (۶۵). در نتیجه تعداد ۱۶ نفر از خبرگان و کارشناسان ارشد صنایع فولاد به عنوان نمونه مورد بررسی استفاده شده اند، این افراد از خبرگان صنایع فولاد که آشنایی با روشهای ارزیابی ریسک و سابقه کار در فاز بهره برداری را داشته اند انتخاب شدند.

۷-۳- تعریف واژه ها و اصطلاحات فنی و تخصصی

- خطر

واژه "Hazard" شرایطی است که دارای پتانسیل رساندن صدمه به افراد، تجهیزات و ساختمان ها، از بین بردن مواد یا کاهش کارایی در اجرای یک وظیفه از پیش تعیین شده می باشد (۶۶).

- تکنیک FMEA

یک وسیله سودمند برای برنامه ریزی و اجرای سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. به نحوی که در صنایع گوناگونی از آن استفاده می شود (۶۷).

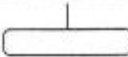
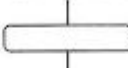







۸-۳- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

روش تجزیه و تحلیل در تحقیق حاضر بر مبنای سه تکنیک FTA،FMEA و AHP فازی می باشد.

۸-۳-۱- تکنیک درخت خطا FTA

اولین گام در تجزیه و تحلیل درخت خطا شناخت کامل و دقیق سیستم است. اطلاعات لازم در تجزیه و تحلیل درخت خطا می تواند شامل موارد زیر باشد:

- لیست کامل کلیه اجزا سیستم
- عمل و وظیفه هر جزء
- وضعیت اولیه هر جزء (نظیر باز یا بسته بودن دریچه های فن و ...)
- شرایط طبیعی محیطی و عملیاتی هر جزء (دما، فضا، استرس های مکانیکی، ارتعاشات و...)
- شرایط غیر طبیعی و عملیاتی هر جزء در شرایط اضطراری و بروز حوادث.
- حالات نقض هر جزء
- ارتباط نقض اجزاء با یکدیگر
- تداخل کارکردی جزء با سایر اجزاء
- وظیفه اپراتورها
- روش های عملیاتی، تعمیر و نگهداری و...
- کنترل های کامپیوتری و...
- در صورتیکه رویداد اصلی درخت خطا یک رویداد مثبت و مطلوب باشد توصیه می شود به جای عبارت «درخت خطا» از عبارت «درخت علت» استفاده شود.

نماد	نام	توصیف
	مستطیل	رویداد اصلی
	مستطیل	رویداد میانی
	دایره	رویداد پایه
	لوزی	رویداد بسط نیافته
	خانه	رویداد خانه ای
	طاقی تحت صاف	دروازه " و "
	طاقی تحت منور	دروازه " یا "
	مثلث	انتقال به
	مثلث	انتقال از

شکل ۳-۲- نمادهای مختلف در درخت خطا FTA، منبع. (۶۸)

- رویداد اصلی: عبارتست از رویدادی که در بالاترین نقطه درخت خطا جای می گیرد و علل به وجود آورنده آن شناسایی و تجزیه و تحلیل می گردد.
- رویداد میانی: هر رویدادی در ساختمان درخت خطا به استثنای رویداد اصلی ، رویداد میانی نامیده می شود.
- رویداد پایانی (انتهای یا اولیه): رویدادی است که نمی توان علل به وجود آورنده آن را تعیین کرد . به سه گروه زیر طبقه بندی می شوند:
- رویدادهای پایانی پایه ای: هر رویدادی در سطح جزء که قابل تشریح بیشتر نباشد مانند سیل، زلزله ... و
- رویداد پایانی بسط نیافته : رویدادی است که در تجزیه و تحلیل درخت خطا در دو حالت «روشن» و «خاموش» به ترتیب با احتمال یک و صفر به کار گرفته می شود.
- دروازه «یا» : این دروازه برای نشان دادن این حالت که برای وقوع رویداد خروجی رخ دادن یکی از رویدادهای ورودی کافی می باشد به کار گرفته می شود.

- رویداد خروجی:
- ۱. رویداد میانی
- ۲. رویداد اصلی
- رویداد ورودی:
- ۱. میانی
- ۲. پایانی
- ۳. ترکیبی از آن ها
- دروازه «و»: این دروازه به این معنی است که وقوع رویداد خروجی مستلزم رخ دادن کلمه رویدادهای ورودی است.
- برش: ترکیبی از رویدادهای پایانی که می توانند باعث بروز و رویداد اصلی ممکن است بیش از یک برش داشته باشد.
- برش حداقل: به کوچکترین زیر مجموعه برش که برای وقوع رویداد اصلی لازم و کافی باشد گویند.
- نمادهای انتقال: از این نمادها برای نشان دادن «ادامه کار در صفحات بعد» به ویژه در درخت خطای سیستم های بزرگ و پیچیده که در یک صفحه جای نمی گیرند استفاده می شود.
- ساخت: «flat» از بالا به پایین ساخته شده و با یک رویداد خاص و منفرد آغاز می شود و برای رویدادهای فاجعه بار و بحرانی استفاده می شود یک طرح گران و زمان بر است.
- ۱. ساخت درخت خطا
- ۲. تجزیه و تحلیل کیفی درخت خطا
- ۳. تجزیه و تحلیل کمی درخت خطا
- پژوهشگر پس از ساختن و آزمودن درخت خطا برخی علل ریشه ای رویداد اصلی را شناسایی کرده و متوجه خواهد شد که هر سیستمی که «و» زیادی دارد ایمن تر است و هر سیستمی که «یا» زیادی دارد دارای خطرات بیشتری است.
- دروازه های (و) به ضرب کردن و دروازه های (یا) به جمع کردن نیاز دارند و با استفاده از این تکنیک می توان تجزیه و تحلیل را کمی کرده و احتمال وقوع رویداد اصلی را نیز تعیین کرد (۶۸).

۲-۸-۳- روش بدست آوردن احتمال وقوع حوادث

احتمال وقوع برای هر حادثه جداگانه بررسی می شود. علت های اصلی بروز هر حادثه توسط مطالعات گذشته و مصاحبه با سرپرستان شناسایی شده و درخت خطا (FTA) مربوط به آن رسم می شود. در صورت وجود نرخ احتمال ورودی به درخت خطا مقدار نرخ شکست از روابط مربوطه محاسبه می شود اما در این مطالعه به دلیل عدم وجود اطلاعات دقیق از منطق فازی جهت ساخت پایگاه داده استفاده می شود. مراحل منطق فازی با انتخاب تیمی متشکل از خبرگان آغاز و برای برآورد نرخ احتمال از فرمول مرکز ثقل و فرمول توصیه شده توسط Onisawa (۷۲) استفاده می شود. پس از آن نرخ رویداد اصلی^{۳۸} از رابطه مربوطه و با استفاده از دروازه AND یا OR محاسبه می شود.

اجرای منطق فازی در برآورد احتمال وقوع حوادث دارای ۵ مرحله است که در شکل شماره ۳-۳ نشان داده شده است.

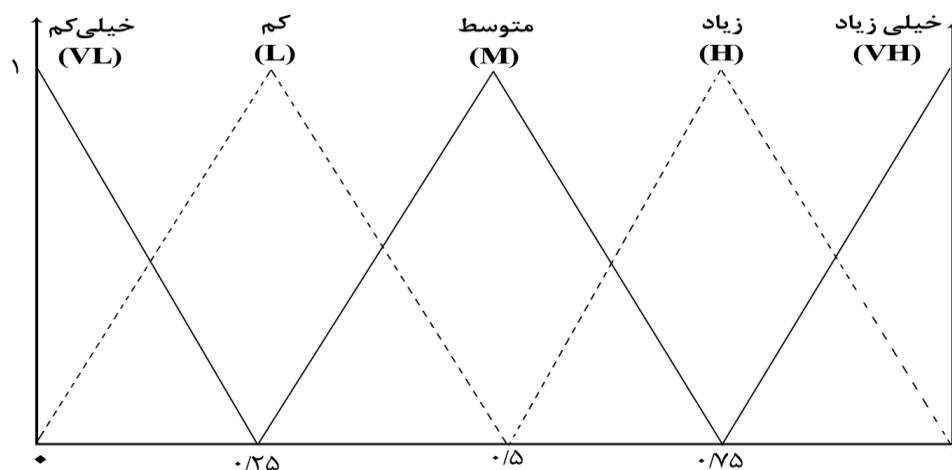


شکل شماره ۳-۳ - مراحل مختلف استفاده از منطق فازی در برآورد احتمال وقوع حوادث

هنگامی که اطلاعات کافی وجود ندارد از نظر خبرگان استفاده می شود خبره در این مطالعه به کسی گفته می شود که دارای اطلاعات کافی از سیستم مورد ارزیابی بوده و با روش آنالیز درخت خطا (FTA) آشنا باشد. برای تعیین تعداد خبرگان و انتخاب کارشناسان، میژر استفاده از اعداد جادویی ۹-۵ را در تعیین اعداد فازی توصیه نمود. در سایر پژوهش ها خبرگان به دو دسته همگون و ناهمگون تقسیم شده و چنین نتیجه گیری شده است که یافته های حاصل از گروه ناهمگون از ارزش بالاتری برخوردار است (۷۲).

در این مطالعه یک گروه ۱۶ نفره از خبرگان صنعت فولاد انتخاب شدند و نظرات آنها جمع آوری گردید تا در صورت وجود ناسازگاری در قضاوت ها، نظرات آنها از ارزیابی خارج شود. نظرات خبرگان در خصوص احتمال وقوع حوادث اصلی با توجه به رویدادهای پایه بدست آمده در FTA ها توسط چک لیست کیفی که توسط پژوهشگر و با نظر متخصصین صنعت آماده شده بود جمع آوری گردید. در این چک لیست امکان وقوع هر کدام از حوادث اصلی به دلیل علل های ریشه ای هر حادثه از خبره پرسیده شده و نظرات آنها توسط ترم های زبانی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) جمع آوری می شوند. پرسشنامه ها در پیوست نمایش داده شده است.

برای کمی سازی نظر خبرگان در خصوص میزان رخ دادهای پایه، از ترم های زبانی استفاده می شود. پنج ترم زبانی شامل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است. دامنه فازی ترم های زبانی بکار رفته در این تحقیق در شکل شماره ۳-۳ نشان داده شده است.



شکل شماره ۳-۳- دامنه ترم های زبانی مورد استفاده خبرگان در بدست آوردن احتمال وقوع

جدول شماره ۳-۲- وزن ترم های زبانی در کمی کردن نظر خبرگان براساس اعداد مثلثی

وزن ترم های زبانی			ترم زبانی
.	.	۰/۲۵	خیلی کم
.	۰/۲۵	۰/۵	کم
۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	متوسط
۰/۵	۰/۷۵	۱	زیاد
۰/۷۵	۱	۱	خیلی زیاد

با توجه به شکل شماره ۳-۳- توابع عضویت مثلثی برای مقیاس ۵ تایی طبق معادلات زیر تعریف می شود.

$$\mu_{VL} = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq D_A \\ \frac{D_B - x}{D_B - D_A} & D_A \leq x \leq D_B \\ 0 & x \geq D_B \end{cases} \quad \text{معادله ۱-۳}$$

$$\mu_L = \begin{cases} 0 & x \leq D_A \text{ or } x \geq D_C \\ \frac{x - D_A}{D_B - D_A} & D_A < x < D_B \\ 1 & x = D_B \\ \frac{D_C - x}{D_C - D_B} & D_B < x < D_C \end{cases} \quad \text{معادله ۲-۳}$$

$$\mu_M = \begin{cases} 0 & x \leq D_B \text{ or } x \geq D_D \\ \frac{x - D_B}{D_C - D_B} & D_B < x < D_C \\ 1 & x = D_C \\ \frac{D_D - x}{D_D - D_C} & D_C < x < D_D \end{cases} \quad \text{معادله ۳-۳}$$

$$\mu_H = \begin{cases} 0 & x \leq D_C \text{ or } x \geq D_E \\ \frac{x - D_C}{D_D - D_C} & D_C < x < D_D \\ 1 & x = D_D \\ \frac{D_E - x}{D_E - D_D} & D_D < x < D_E \end{cases} \quad \text{معادله ۴-۳}$$

$$\mu_{VH} = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq D_D \\ \frac{x - D_D}{D_E - D_D} & D_D \leq x \leq D_E \\ 1 & x \geq D_E \end{cases} \quad \text{معادله ۵-۳}$$

با فرض اینکه نظر هر خبره به صورت عدد فازی به شکل $A_i=(a_i-c_i, a_i, a_i+c_i), i=1, 2, \dots, n$ نشان داده شود، اجماع نظرات خبرگان که به صورت $B=(b-d, b, b+d)$ نشان داده می شود از روابط زیر بدست می آید (۷۲).

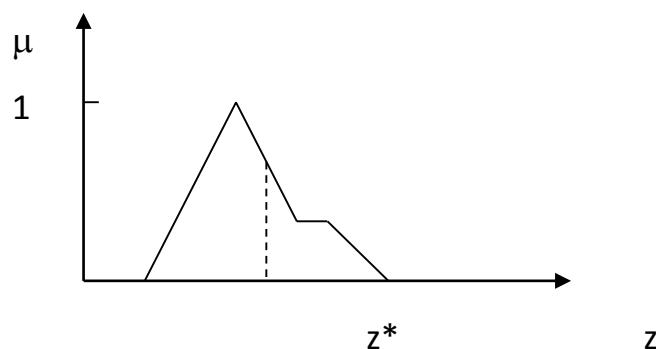
$$1 \quad d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n c_i \quad \text{معادله ۳-۶}$$

$$2 \quad b = \frac{\min a_i + \max a_i}{2} \quad \text{معادله ۳-۷}$$

جاییکه تحلیل و محاسبات با اطلاعات فازی انجام می شوند و یا یک مدلی بر اساس ساختار فازی و اطلاعات ورودی فازی ایجاد می شوند، یا باید محاسبات و مدل طوری عمل نماید که خروجی آن که یک تصمیم یا اقدام قطعی باشد (البته نه در همه موارد، بلکه در مواردی که ماهیت تصمیم حکم می کند که باید قطعی باشد) یا اینکه با اعمال یکسری عملگرهایی، نتیجه فازی به نتیجه قطعی تبدیل شود. روش های متفاوتی برای اعمال دیفازی سازی (قطعی سازی) وجود دارد که از جمله آن می توان به: روش درجه عضویت حداکثر^{۴۰}، روش مرکز ثقل^{۴۱}، روش میانگین موزون^{۴۲} و... اشاره کرد. روش مرکز ناحیه یا مرکز ثقل بیشترین کاربرد رانسبت به سایر روش ها دارد و به شرح ذیل است:

معادله ۳-۸

نماد \int انتگرال جبری است. در شکل مفهوم مرکز ثقل به تصویر کشیده شده است.

$$z^* = \frac{\int \mu_c(z).zdz}{\int \mu_c(z)dz}$$


شکل شماره ۳-۴- نمایش روش مرکز ثقل

4	Max-Membership Principle	0
4	Centroid Principle	1
4	Weighted Average Method	2

اگر Z یک عدد فازی مثلثی به صورت $Z=(L,M,U)$ باشد رابطه فوق بصورت زیر خلاصه می شود:

معادله ۳-۹ ۳

$$Z = \frac{L+2M+U}{4} \quad ۵$$

۴

عدد حاصل از مرحله دیفازی کردن هنوز به صورت امکانی می باشد از آنجایی که درخت خطا احتمال می پذیرد، لذا باید عدد بدست آمده فوق از حالت امکانی^۳ به احتمالی^۴ تبدیل گردد برای این کار Onisawa پیشنهاد یک تابع لگاریتمی برای توصیف ماهیت حس یا قضاوت انسانی را با در نظر گرفتن نرخ خطا به میزان 10^{-2} تا 10^{-3} به صورت زیر ارائه داد (۷۲).

معادله ۳-۱۰ ۶

$$8 \quad K = 2.301 \times \left(\frac{1-FPS}{FPS} \right)^{\frac{1}{2}}$$

۷

معادله ۳-۱۱ ۹

$$11 \quad \text{Fuzzy Fault Rates} = \frac{1}{10^k}$$

۱۰

بعد از تعیین نرخ احتمال رویدادهای ریشه ای و به کمک بانک اطلاعات بدست آمده، نرخ رویداد اصلی طبق دروازه های AND و OR بدست می آید که در آن p_i ها نشان دهنده نرخ خطای رویدادهای ریشه ای هستند (۷۲).

معادله ۳-۱۲ ۱۲

$$13 \quad p_{OR} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

معادله ۳-۱۳ ۱۴

$$15 \quad p_{AND} = \prod_{i=1}^n p_i$$

⁴ Fuzzy Possibility Scores

3

⁴ Fuzzy Fault Rates (FFR)

4

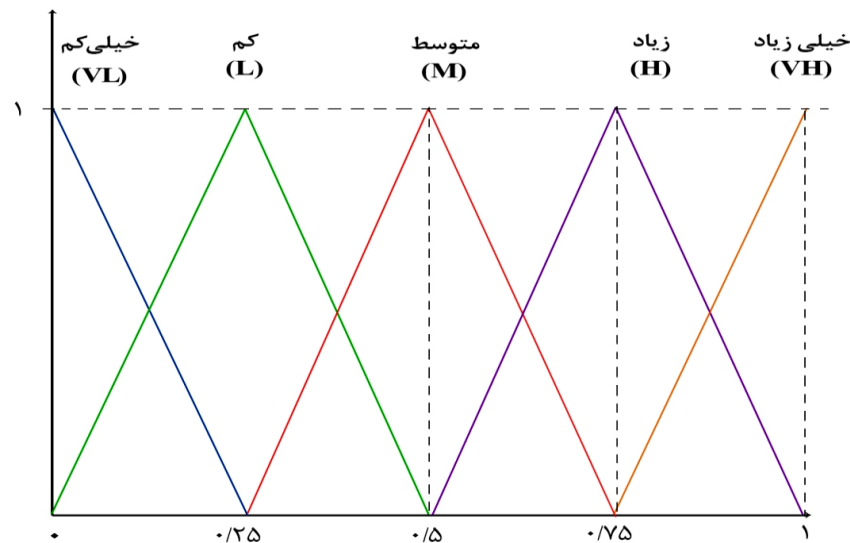
۳-۸-۳- روش بدست آوردن احتمال شناسایی / کنترل ریسک حوادث

پس از بررسی شرایط موجود و اقدامات انجام شده برای هریک از رویدادهای پایه‌ی درخت وارهِ مرحله قبل، احتمال شناسایی یا کشف ریسک حوادث با استفاده از ترم های زبانی از طریق چک لیست توسط نظر افراد خبره بدست می‌آید. در این چک لیست احتمال کشف هر کدام از حوادث اصلی به دلیل علل های ریشه‌ای هر حادثه از خبره پرسیده شده و نظرات آنها توسط ترم های زبانی (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) جمع آوری می‌شوند. ترم های زبانی با استفاده از مقیاس ۵ تایی مطابق جدول شماره ۳-۴ تعیین می‌شود.

جدول شماره ۳-۴- متغیرهای زبانی، اعداد فازی متناظر با آنها و تعاریف عوامل ارزیابی ریسک

متغیر زبانی	نماد	اعداد فازی	توضیح عامل ارزیابی (احتمال کشف)
خیلی کم	VL	(۰، ۰، ۰/۲۵)	پیش بینی حادثه قبل از رخداد آن خیلی کم است.
کم	L	(۰، ۰/۲۵، ۰/۵)	پیش بینی حادثه قبل از رخداد آن کم است.
متوسط	M	(۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵)	پیش بینی حادثه قبل از رخداد آن متوسط است.
زیاد	H	(۰/۵، ۰/۷۵، ۱)	پیش بینی حادثه قبل از رخداد آن زیاد است.
خیلی زیاد	VH	(۰/۷۵، ۱، ۱)	پیش بینی حادثه قبل از رخداد آن خیلی زیاد است.

*تعریف احتمال کشف در چک لیست ارزیابی: به نظر شما با شرایط و امکانات کنونی با توجه به کنترل ها و آموزش های انجام شده احتمال کشف یا کنترل عوامل ایجادکننده ریسک اصلی چه مقدار می‌باشد؟



شکل شماره ۳-۵. دامنه توابع عضویت فازی برای متغیرهای زبانی احتمال کشف حوادث

مراحل کمی سازی و اجماع نظر خبرگان و مراحل دیفازی سازی و تبدیل امکان خطا به نرخ خطای فازی برای احتمال کشف یا کنترل حوادث مطابق مراحل بخش قبل (احتمال وقوع حوادث) به ترتیب انجام می‌پذیرد.

۴-۸-۳- محاسبه شدت پیامد حادثه

همانطور که گفته شد هرچند هدف از به کار گیری روش سلسله مراتبی به دست آوردن نظر کارشناسان و متخصصین است، با این وجود روش تحلیل سلسله مراتبی معمولی به درستی نحوه تفکر انسانی را منعکس نمی‌کند، زیرا در مقایسه های زوجی این روش از اعداد دقیق استفاده می‌شود. از دیگر مواردی که اغلب روش تحلیل سلسله مراتبی به خاطر آنها مورد نکوهش قرار می‌گیرد عبارتند از: وجود مقیاس نامتوازن در قضاوت ها، عدم قطعیت و نادقیق بودن مقایسه های زوجی (۷۲). روش AHP فازی به صورت مراحل زیر تعریف می‌شود.

مرحله ۱: رسم نمودار سلسله مراتبی

مرحله ۲: تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسات زوجی

مرحله ۳: تشکیل ماتریس مقایسات زوجی

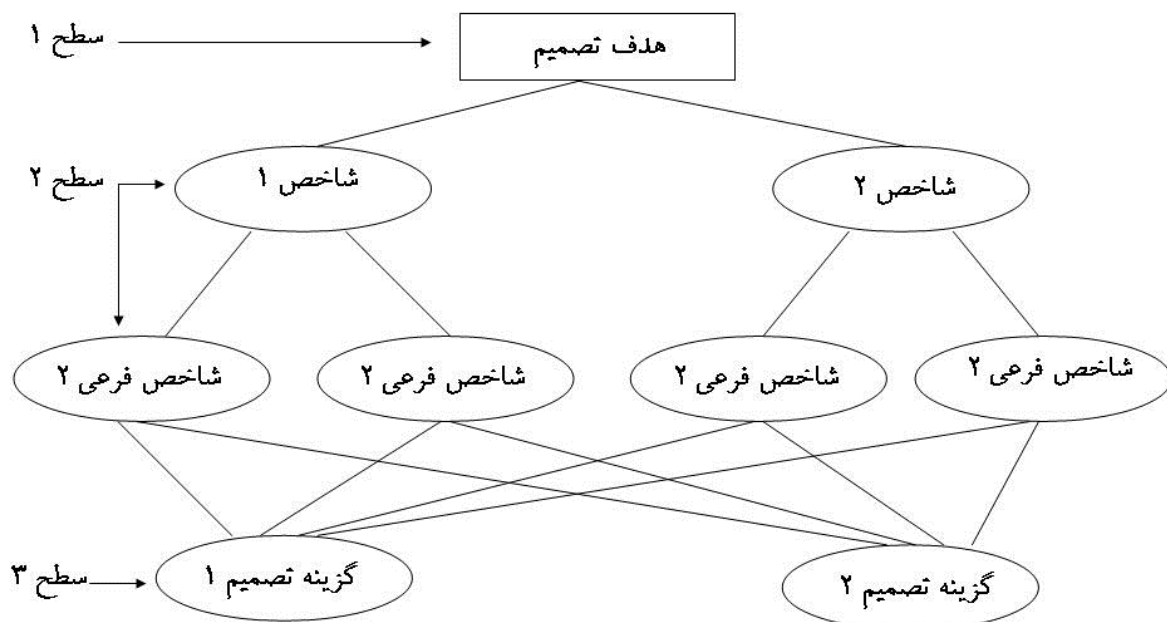
مرحله ۴: اگر بیش از یک کارشناس وجود دارد، از میانگین هندسی برای تجمیع دیدگاه های خبرگان استفاده می شود.

بکارگیری این روش مستلزم پنج قدم عمده زیر می باشد:

گام اول: مدل سازی

در این قدم، مسأله و هدف تصمیم گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که با هم در ارتباط می باشند، در آورده می شود. عناصر تصمیم شامل شاخصهای تصمیم گیری و گزینه های تصمیم می باشد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی نیازمند شکستن یک مساله با چندین شاخص به سلسله مراتبی از سطوح است. سطح بالا بیانگر هدف اصلی فرایند تصمیم گیری است. سطح دوم، نشان دهنده شاخص های عمده و اساسی که ممکن است به شاخص های فرعی و جزئی تر در سطح بعدی شکسته شود می باشد. سطح آخر گزینه های تصمیم را ارائه می کند.

در شکل زیر سلسله مراتب یک مساله تصمیم نشان داده شده است. (۷۱)



شکل ۳-۶- سلسله مراتب مساله تصمیم (۷۱)

گام دوم: قضاوت ترجیحی (مقایسات زوجی)

انجام مقایساتی بین گزینه‌های مختلف تصمیم، بر اساس هر شاخص و قضاوت در مورد اهمیت شاخص تصمیم با انجام مقایسات زوجی، بعد از طراحی سلسله مراتب مساله تصمیم، تصمیم گیرنده می‌بایست مجموعه ماتریسهایی که به طور عددی اهمیت یا ارجحیت نسبی شاخص‌ها را نسبت به یکدیگر و هر گزینه تصمیم را با توجه به شاخص‌ها نسبت به سایر گزینه‌ها اندازه‌گیری می‌نماید، ایجاد کند. این کار با انجام مقایسات دو به دو بین عناصر تصمیم (مقایسه زوجی) و از طریق تخصیص امتیازات عددی که نشان دهنده ارجحیت یا اهمیت بین دو عنصر تصمیم است، صورت می‌گیرد. برای انجام این کار معمولاً از مقایسه گزینه‌ها با شاخص‌های i ام نسبت به گزینه‌ها یا شاخص‌های j ام استفاده می‌شود که در جدول ۳-۵ نحوه ارزش گذاری شاخص‌ها نسبت به هم نشان داده شده است (۶۵).

جدول ۳-۵- ارزش گذاری شاخص‌ها نسبت به هم، مقیاس نه درجه ساعتی (۱۹۸۰) (۶۵)

ارزش	وضعیت مقایسه i نسبت به j	توضیح
۱	ترجیح یکسان Equally Preferred	شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد.
۳	کمی مرجح Moderately Preferred	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	خیلی مرجح Strongly Preferred	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است.
۷	خیلی زیاد مرجح Very strongly Preferred	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مرجح Extremely Preferred	گزینه i از j مطلقاً مهمتر و قابل مقایسه با j نیست.
۲-۴-۶	بینابین	ارزشهای بینابین را نشان می‌دهد.

گام سوم: محاسبات وزن‌های نسبی

نخست وزن معیارها مشخص می‌شود. برای این کار نیاز است که معیارها به صورت زوجی مقایسه شود. در گام بعدی میانگین هندسی هر سطح محاسبه می‌شود. سپس با تقسیم هر یک از میانگین‌های هندسی بر جمع کل میانگین‌ها وزن مربوط به آن معیار محاسبه می‌شود که به عنوان بردار ویژه از آن یاد می‌شود.

گام چهارم: ادغام وزنهای نسبی

به منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، در این مرحله بایستی وزن نسبی هر عنصر را در وزن عناصر بالاتر ضرب کرد تا وزن نهایی آن بدست آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی بدست می‌آید.

گام پنجم: آزمون سازگاری

بعد از یک‌سازی نظریات و ترجیحات خبرگان مختلف امکان این وجود دارد که یک ماتریس مقایسه‌ای از چندین گزینه و معیار ایجاد نمود. متد AHP از واحد ۱ تا ۹ در جهت وزن گذاری نسبی استفاده می‌کند این وزن گذاری‌ها به عنوان مقدارهای super matrix (سوپر ماتریس) وارد می‌شود. در نتیجه روابط بین هر معیار و گزینه در این ماتریس منعکس می‌شود. در متد AHP تصمیم‌گیرندگان و خبرگانی که نظرات خود را اعلام داشته‌اند باید آزمون سازگاری بر روی آن‌ها انجام گیرد. این آزمون بر اساس نسبت‌های سازگاری^{۴۵} (C.R) ماتریس مقایسه‌ای انجام می‌گیرد. C.R یک زوج ماتریس مقایسه‌ای برابر است با نسبت درجه سازگاری آن به مقدار تصادفی مربوطه^{۴۶} (۶۳ و ۶۵).

- محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسات زوجی را در بردار ستونی «وزن نسبی» ضرب می‌کنیم. بردار جدیدی را که به این طریق بدست می‌آید، بردار مجموع وزنی^{۴۷} نامیده می‌شود.

- محاسبه بردار سازگاری: عناصر بردار مجموع وزنی را بر بردار اولویت نسبی تقسیم کرده، بردار حاصل بردار سازگاری نامیده می‌شود.

- بدست آوردن λ_{max} : میانگین عناصر بردار سازگاری λ_{max} را به دست می‌دهد.

- محاسبه شاخص سازگاری^{۴۸} (CI): شاخص سازگاری به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

n عبارتست از تعداد گزینه‌های موجود در مساله

بیشتر مواقع به جای محاسبه λ_{max} از روش تقریبی میانگین هندسی استفاده می‌شود.

⁴ Consistency ratios, CR ⁵
⁴ to corresponding random value
⁴ Weighted sum Vector=WSV⁷
⁴ Consistency Index = CI ⁸

$$L = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n (AW_i / W_i) \right]$$

- پارامتر L مقدار تقریبی λ_{max} است.

- بردار AW_i برابر است با حاصل ضرب ماتریس مقایسه زوجی معیارها ضربدر بردار ویژه (اولویتها)

- بردار W_i نیز همان بردار ویژه یا بردار اولویت معیارها است.

بنابراین کافی ست تا پس از محاسبه AW_i هر یک از درایه های این بردار را بر درایه متناظر بردار W_i تقسیم نموده و سپس مقادیر بدست آمده را جمع نمود. با تقسیم عدد حاصل بر تعداد معیارها (n) مقدار L بدست خواهد آمد (۶۴).

- محاسبه شاخص تصادفی^۴: شاخص تصادفی بودن از جدول ۳-۶ استخراج می شود.

جدول ۳-۶- شاخص تصادفی بودن (RI) (۶۳)

N	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
RI	۰	۰	۰/۵۲	۰/۸۸	۱/۱۰	۱/۲۴	۱/۳۴	۱/۴	۱/۴۴	۱/۴۸	۱/۵۱	۱/۵۳	۱/۵۵	۱/۵۷	۱/۵۸

- محاسبه نسبت سازگاری: نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی بدست می آید. نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر سازگاری در مقایسات را بیان می کند (۷۱).

$$CR = CI / RI$$

تحقیق حاضر تکنیک AHP را در محیط فازی مورد بررسی قرار می دهد.

پس از تعیین مهمترین معیارهای موضوع مورد مطالعه، به اولویت بندی هر یک از معیارهای شناسائی شده، پرداخته می شود. جهت اولویت بندی معیارها از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده شده است. اساس فرایند تحلیل سلسله مراتبی بر مقایسه های زوجی براساس دیدگاه خبرگان استوار است. (۶۳)

اگر چه افراد خبره از شایستگی ها و توانایی های ذهنی خود برای انجام مقایسات استفاده می نمایند، اما باید به این نکته توجه داشت که فرایند تحلیل سلسله مراتبی قراردادی، امکان انعکاس سبک تفکر انسانی را

⁴ Random Index = RI

بطور کامل ندارد. به عبارت بهتر، استفاده از مجموعه‌های فازی، سازگاری بیشتری با توضیحات زبانی و بعضاً مبهم انسانی دارد و بنابراین بهتر است که با استفاده از مجموعه‌های فازی (بکارگیری اعداد فازی) به پیش بینی بلند مدت و تصمیم‌گیری در دنیای واقعی پرداخت.

از آنجاییکه اعداد مورد استفاده در این روش اعداد فازی مثلثی هستند، لذا مقیاسهای فازی مورد استفاده در روش فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی در جدول ۷-۳ و شکل ۳-۴ نشان داده شده‌اند. بطور معمول برای مقایسه زوجی نظرات خبرگان از طیف نه درجه ساعتی استفاده می‌شود اما در بسیاری مطالعات به جهت سهولت و آشنائی بیشتر پاسخ‌دهندگان از طیف پنج درجه استفاده می‌شود (۶۳).

جدول ۷-۳- ارزش گذاری شاخص‌ها نسبت به هم، منبع. (۶۴)

عبارت کلامی وضعیت مقایسه i نسبت به j	معادل فازی	معادل فازی معکوس
ترجیح یکسان Preferred Equally	(1, 1, 1)	(1,1,1)
بینابین	(1, 2, 3)	$(\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, 1)$
کمی مرجح Preferred moderately	(2, 3, 4)	$(\frac{1}{4}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2})$
بینابین	(3, 4, 5)	$(\frac{1}{5}, \frac{1}{4}, \frac{1}{3})$
خیلی مرجح Preferred Strongly	(4, 5, 6)	$(\frac{1}{6}, \frac{1}{5}, \frac{1}{4})$
بینابین	(5, 6, 7)	$(\frac{1}{7}, \frac{1}{6}, \frac{1}{5})$
خیلی زیاد مرجح very strongly Preferred	(6, 7, 8)	$(\frac{1}{8}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6})$
بینابین	(7, 8, 9)	$(\frac{1}{9}, \frac{1}{8}, \frac{1}{7})$
کاملاً مرجح Extremely Preferred	(9, 9, 9)	$(\frac{1}{9}, \frac{1}{9}, \frac{1}{9})$

دو عدد فازی مثلثی مانند F_1 و F_2 و عملیات ریاضی روی این اعداد فازی به صورت زیر به سادگی قابل انجام است:

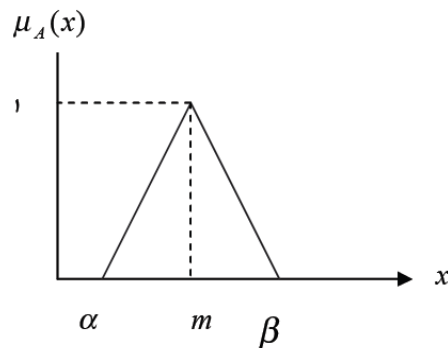
$$F_1 + F_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$F_1 \times F_2 = (l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$$

$$F_1^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$$

جهت اجرای الگوریتم تکنیک AHP فازی مراحل زیر پیاده سازی می‌گردد:

۱- ابتدا نظرات هر یک از افراد را به صورت فازی وارد می گردد.



شکل ۳-۷- فازی سازی نظرات خبرگان (۶۴)

۲- میانگین فازی نمره نظرات هر فرد درباره متغیرهای قابل مشاهده هر متغیر پنهان حساب می شود.

۳- میانگین فازی میانگین های فازی نمرات افراد حساب می گردد.

برای محاسبه میانگین نظرات n پاسخ دهنده، میانگین فازی بصورت زیر محاسبه می شود:

$$fuzzyaverage = \left[\frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n}, \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n}, \frac{u_1 + u_2 + \dots + u_n}{n} \right]$$

۴- با محاسبه عدد Crisp فازی زدائی صورت می گیرد. (فازی زدائی)

روش های متعددی مانند روش مینکوفسکی برای فازی زدائی وجود دارد. در این مطالعه از عدد کریسپ برای فازی زدائی استفاده شده است (۶۴).

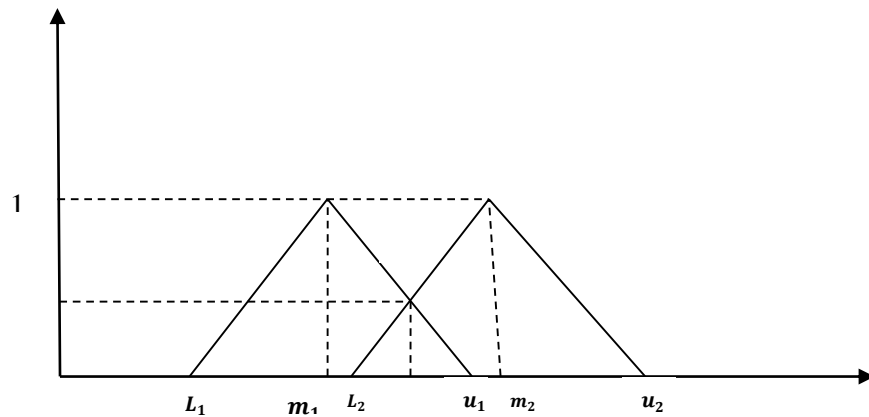
$$x_{\max}^1 = \frac{l + m + u}{3}$$

$$x_{\max}^3 = \frac{l + 2m + u}{4}$$

$$x_{\max}^2 = \frac{l + 4m + u}{6}$$

$$\text{Crisp number} = Z^* = \max \{ x_{\max}^1, x_{\max}^2, x_{\max}^3 \}$$

دو عدد فازی مثلثی $M_1 = (L_1, M_1, U_1)$ و $M_2 = (L_2, M_2, U_2)$ را در نظر بگیرید آنگاه:



شکل شماره ۳-۸- نمایش دو عدد فازی M_1 و M_2

عملگرهای ریاضی آن ها به صورت روابط زیر تعریف می شوند :

$$M_1 + M_2 = (L_1 + L_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$$

$$M_1 \cdot M_2 = (L_1 L_2, m_1 m_2, u_1 u_2)$$

$$M_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{L_1} \right)$$

$$M_2^{-1} = \left(\frac{1}{u_2}, \frac{1}{m_2}, \frac{1}{L_2} \right)$$

مرحله ۵: سپس در ماتریس مقایسات زوجی حاصل از تجمیع دیدگاه ها، میانگین هندسی عناصر هر سطر محاسبه می شود:

$$\prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}$$

مرحله ۶: در مرحله بعد جمع فازی مجموع ترجیحات عناصر، محاسبه می شوند:

$$\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij}$$

مرحله ۷: برای نرمال سازی باید مجموع ترجیحات هر عنصر، بر مجموع تمامی ترجیحات تقسیم شود. چون مقادیر، فازی هستند از فرمول زیر برای محاسبه وزن هر عنصر استفاده می شود:

$$\tilde{S}_i = \prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \times \left[\sum_{i=1}^n \prod_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} \right]^{-1}$$

مرحله ۸: وزن محاسبه شده، وزن نهایی عنصر مورد نظر است. این اوزان فازی هستند و برای محاسبه وزن قطعی، از روش فازی زدایی استفاده می شود.

مرحله ۹: اوزان بدست آمده، به روش نرمال سازی خطی نرمال می شوند.

$$\tilde{r}_{ij} = \tilde{w}_i = \frac{\tilde{z}_i}{\sum_{i=1}^n \tilde{z}_i}$$

تجمیع دیدگاه خبرگان در FAHP گروهی

اگر از دیدگاه چندین کارشناس استفاده می شود باید از روش های تجمیع دیدگاه خبرگان استفاده شود. به طور مرسوم از رویکرد زیر استفاده می شود .

$$F_{AGR} = (\min(l), \Pi(m), \max(u)) \quad ۱۶$$

در این صورت اگر در میان کارشناس ها فقط یک کارشناس از نمره پایین استفاده کند و فقط یک کارشناس از نمره زیاد استفاده کند، تجمیع دیدگاه ها از میانگین نظرات خیلی دور می شود. همچنین میخیلوف^{۵۱} تحقیقات گسترده ای در این زمینه کرده است (۷۲). این تحقیقات نشان داده است اگر از روش فوق برای تجمیع دیدگاه خبرگان استفاده شود، بازه اعداد فازی حاصل از تجمیع بسیار گسترده خواهد شد. چون روی اعداد فازی حاصل از تجمیع دیدگاه ها، عملیات جبری صورت می گیرد، ممکن است عدد حاصل از بازه [۱۰ و ۱] خارج شود که منطقی نیست. رویکرد الگوریتم بهبود یافته، پیشنهاد می کند تا از میانگین هندسی فازی اعداد فازی مثلی برای تجمیع دیدگاه خبرگان استفاده شود (۷۲) که در این پژوهش به کار برده شده است.

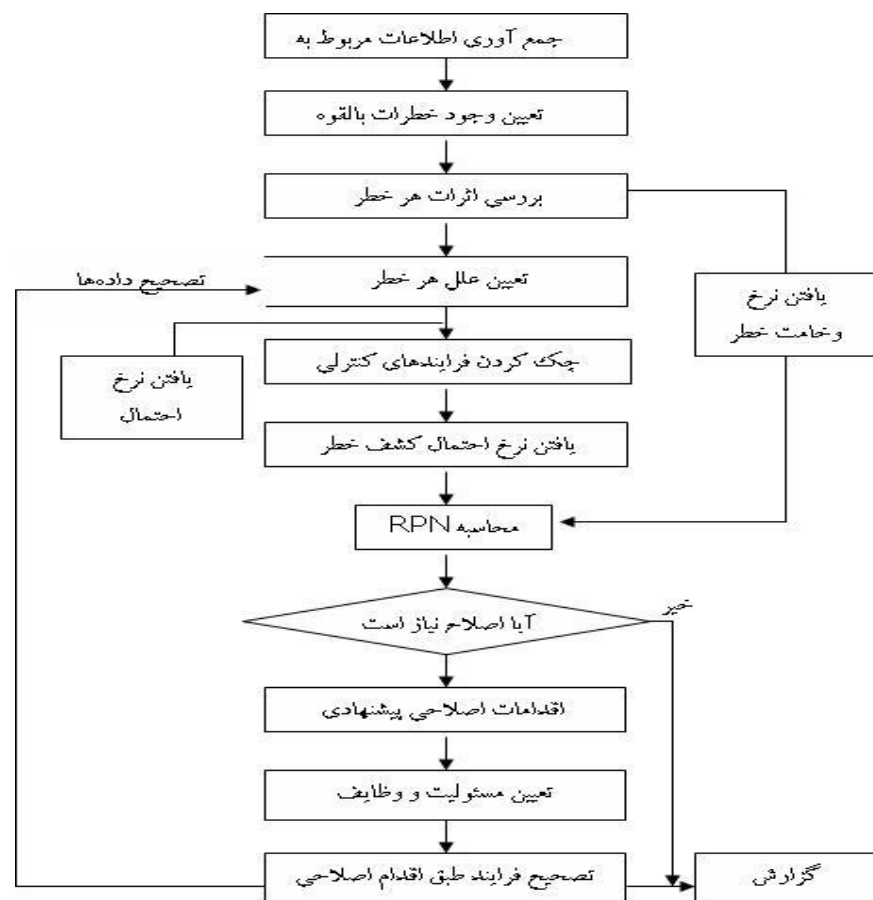
$$F_{AGR} = (\Pi(l), \Pi(m), \Pi(u)) \quad ۱۷$$

۵-۸-۳- تکنیک FMEA پیاده سازی و اجرای تکنیک FMEA کالیبره شده با مفاهیم فاز بهره برداری

صنایع فولاد بدین صورت انجام خواهد شد که با توجه به مسائل موجود در فاز بهره برداری صنایع فولاد با توجه به حوادث رخ داده پیشین در این صنعت و نیز همچنین حجم گسترده مراجعه کنندگان و با عنایت به

وجود مشکلات و ناهنجاری های بسیار زیاد درون آن، بکارگیری و اجرای تکنیک FMEA که قادر است با صرف کمترین هزینه به شناسایی و حل مشکلات و پیشگیری از وقوع مشکلات بیشتر در آینده از طریق ارائه پیشنهادات و راهکارهای سازنده بپردازد، بسیار ضروری است.

FMEA در ارزیابی ریسک روش تحلیلی است که می‌کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده‌ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و رتبه بندی کند (۶۹).



شکل ۳-۹- شرح پیاده سازی تکنیک FMEA. منبع، (۶۹)

همانگونه که اشاره شد، فرم FMEA از یک سری عناصر و ستون هایی تشکیل می شود که تکمیل این ستون ها ما را در شناسایی هرچه بیشتر مشکلات و علل به وجود آورنده آن و در نتیجه انجام اقدامات اصلاحی در جهت رفع آن ها، رهنمون می سازد.

جدول ۳-۸ زیر شمای کلی یک فرم FMEA را نشان می دهد (۷۰):

جدول ۳-۸- نمونه جدول FMEA. منبع، (۷۰)

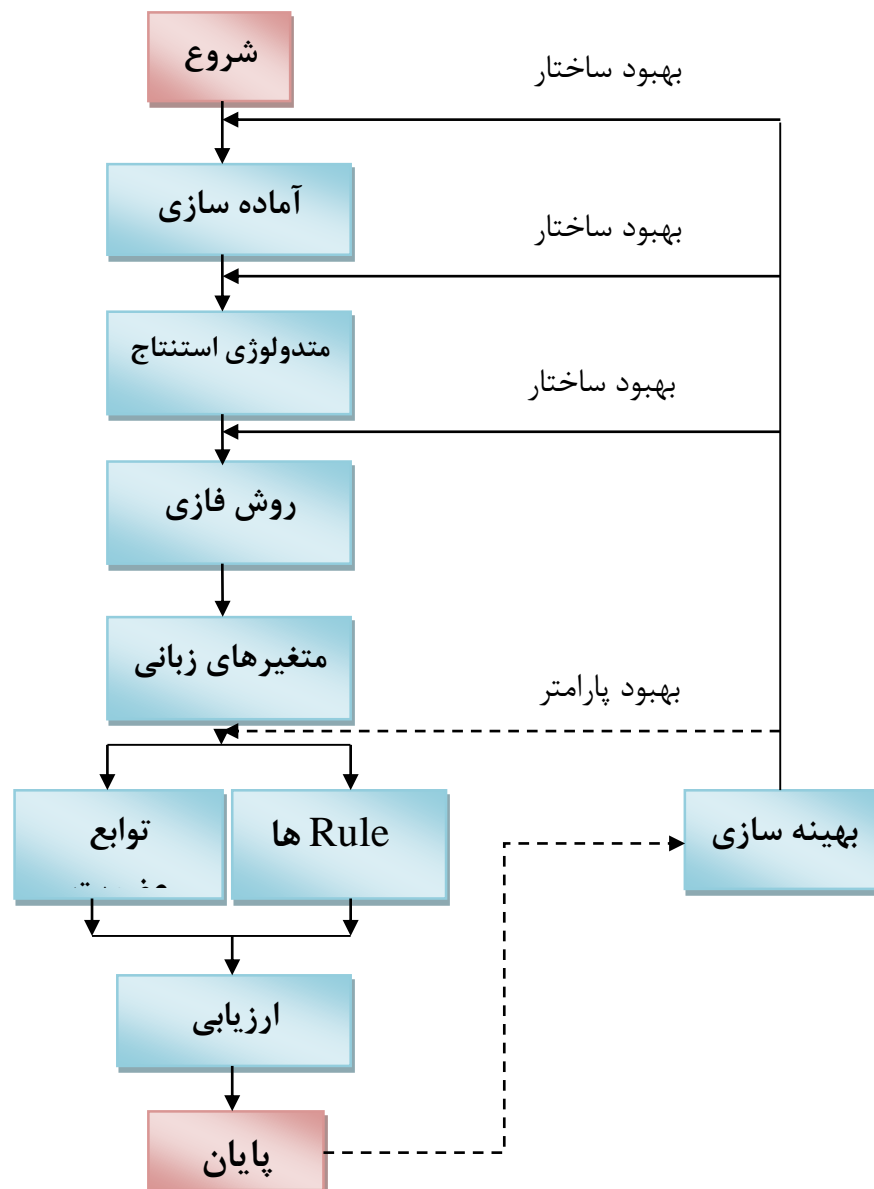
توصیف مشارکت کنندگان در اجرای FMEA صفحه (اعضای تیم،سازمان ها، استفاده کنندگان و...)									
عملکرد	حالات خطا	اثرات	علل	احتمال	شدت	قابلیت کشف	عدد ریسک اولیه	روش های کنترلی	وضعیت

روش FMEA یکی از تکنیک های تجزیه و تحلیل ریسک می باشد که توسط استانداردهای بین المللی مانند (MIL-STD-1629A 1980) پذیرفته شده است. از آنجا که در روش FMEA احتمال کنترل ریسک نیز مدنظر قرار می گیرد، و لذا در بحث ایمنی کارگاهی می توان وضعیت موجود ایمنی کارگاه را نیز در ارزیابی دخالت داد، به عنوان روش ارزیابی ریسک این مقاله انتخاب شده است. رویکرد فازی FMEA ابزاری فراهم می کند که به وسیله آن می توان با مفاهیم مبهم و اطلاعات نادقیق، با روش بهتری به نتیجه دست یافت.

به منظور محاسبه عدد اولویت ریسک (RPN) در روش FMEA سنتی با استفاده از احتمال وقوع، احتمال کنترل ریسک و شدت پیامد محاسبات انجام می شود.

$$RPN = \text{احتمال وقوع} \times \text{احتمال کنترل ریسک} \times \text{شدت پیامد}$$

در این مطالعه به منظور استفاده از FMEA فازی متغیرهای بدست آمده در مراحل قبل به عنوان ورودی سیستم فازی در نظر گرفته می شوند. متغیرهای ورودی (احتمال وقوع، احتمال کشف و شدت پیامد حوادث) همانطور که در هر مرحله گفته شد توسط مقیاس ۵ تایی به متغیرهای زبانی مورد نیاز سیستم فازی تبدیل می شوند. خروجی این سیستم فازی بر اساس قوانین و فرمول های فازی که برای سیستم تعریف می شوند مقدار RPN فازی هر حادثه خواهد بود که اولویت بندی حوادث بر اساس آن انجام می شود.



شکل شماره ۳-۱۰- مراحل استفاده از سیستم استنتاج فازی

سیستم استنتاج فازی ابزار فرموله کردن یک فرآیند به کمک قواعد اگر-آنگاه فازی است. به مجموعه این قواعد فازی پایگاه قواعد فازی^۲ FRB نیز گفته می شود. استنتاج در سیستم استنتاج فازی مبتنی بر منطق فازی^۳ است. منطق فازی در مقابل منطق «کلاسیک» یا «باینری» یا «دودویی» یا «صفر و یکی» یا «منطق ارسطویی» قرار دارد.

در منطق فازی بر خلاف منطق کلاسیک که همه چیز را سیاه یا سفید می بیند یک نگاه خاکستری به موضوعات دارد. در منطق فازی یک گزاره ممکن است «کاملاً درست» یا «کاملاً نادرست» یا در اکثر مواقع «تا حدی درست و تا حدی نادرست» باشد. به عبارت دیگر ارزش درستی یک گزاره می تواند عددی بین صفر و یک باشد. انواع سیستم های استنتاج فازی با توجه به فرم قواعد آنها دو دسته اند:

۱- ممدانی^۴: ابداع شده توسط ممدانی (۱۹۷۵)، در این سیستم هم قسمت مقدم قواعد و هم قسمت

تالی (نتیجه) قواعد فازی است.

$R_i; \text{ if } x_1 \text{ is } \tilde{A}_{i1} \text{ and (or) } x_2 \text{ is } \tilde{A}_{i2} \text{ and (or) ... } x_m \text{ is } \tilde{A}_{im} \text{ Then } y_i = \tilde{B}_i \quad (i = 1, 2, \dots, c)$

۲- سوگنو یا تاکاگی^۵: در این سیستم قسمت مقدم قواعد فازی است اما قسمت نتیجه غیر فازی و

ترکیبی خطی از متغیرهای ورودی است.

$R_i; \text{ if } x_1 \text{ is } \tilde{A}_{i1} \text{ and (or) } x_2 \text{ is } \tilde{A}_{i2} \text{ and (or) ... } x_m \text{ is } \tilde{A}_{im} \text{ Then } y_i = a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{im}x_m + a_{i0} \quad (i = 1, 2, \dots, c)$

این دو نوع از سیستم های استنتاجی تا حدودی در روش تعیین خروجی با هم تفاوت دارند. روش ممدانی از مرسوم ترین روش ها محسوب می شود. روش ممدانی کاملاً شهودی است، قابلیت گسترش دارد و برای ورودی های انسانی بسیار مناسب است (۷۲) به همین دلیل در این مطالعه انتخاب شده است. نحوه استنتاج در سیستم فازی ممدانی شامل مراحل زیر است (۶۰):

5	Fuzzy Base Rule	2
5	Fuzzy Logic	3
5	Mamdani	4
5	Takagi-Sugeno-Kang	5

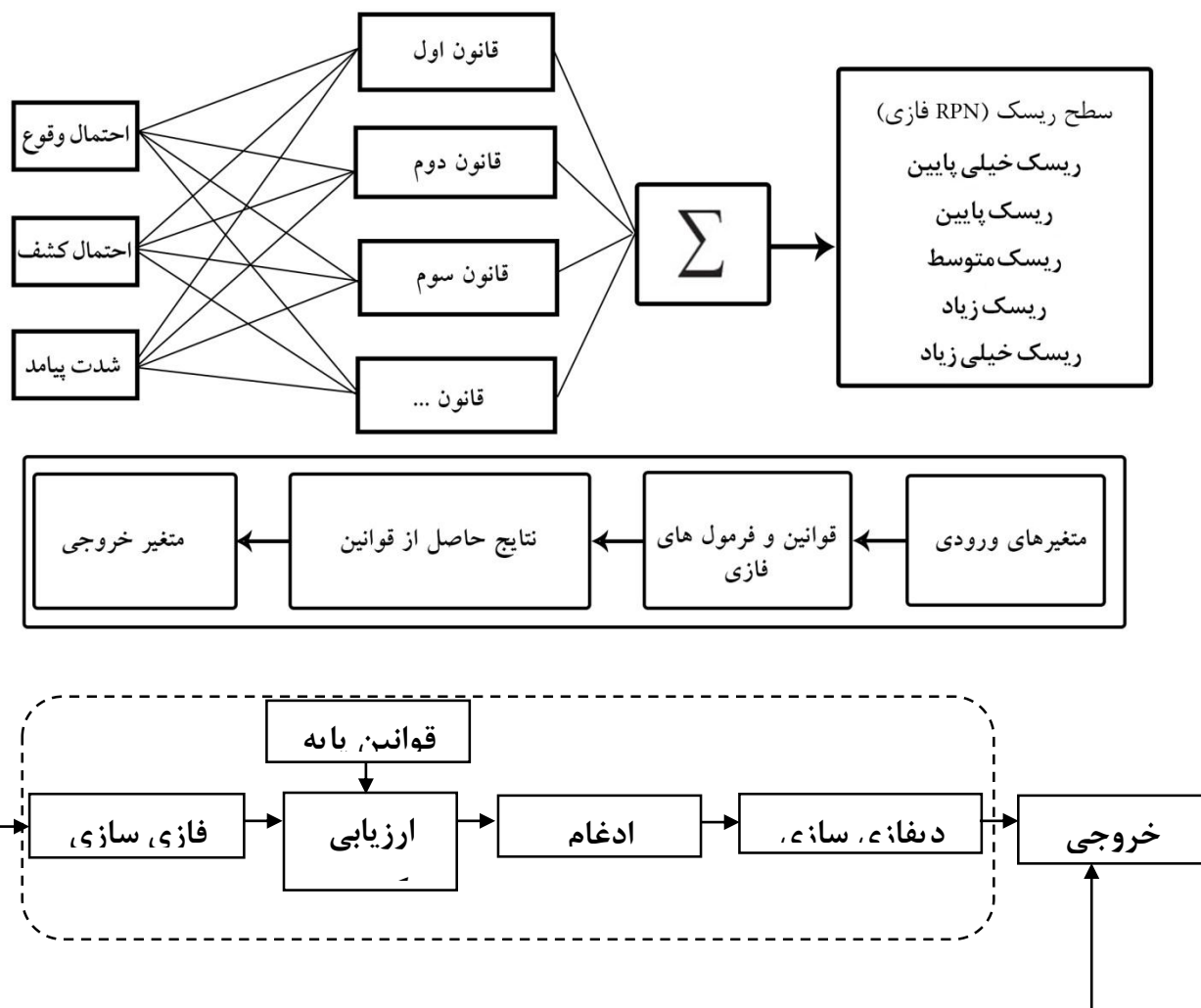
- ۱- فازی کردن سیگنال ورودی: تعیین درجه عضویت ورودی در واژه های فازی قسمت مقدم قواعد.
- ۲- تعیین درجه تطابق یا درجه آتش یا وزن هر قاعده^{۵۷} (W_i): در این مرحله صحت قسمت مقدم هر قاعده با توجه به بحث ارزش گزاره های مرکب که بدست می آید.
- ۳- الزام یا دلالت یا ایجاب^{۵۸}
- ۴- تجمیع یا ادغام^{۵۹}: در این قسمت خروجی های تمام قواعد با هم ترکیب می شوند و یک مجموعه فازی مرکب تشکیل می دهند.
- ۵- فازی زدایی: در این قسمت خروجی فازی بدست آمده در قسمت قبل به یک عدد غیر فازی تبدیل می شود. پنج روش متداول برای این کار وجود دارد:

- ❖ مرکز سطح (Centroid)
- ❖ میانه (Bisector)
- ❖ میانگین ماکزیمم (mom)
- ❖ بزرگترین مقدار ماکزیمم (lom)
- ❖ کوچکترین مقدار ماکزیمم (som)

جدول شماره ۳-۹- ویژگی های سیستم استنتاج فازی مدل ممدانی استفاده شده در مطالعه (۱۲۴)

عمل		قاعده	فرمول
جمع جبری (OR)	MAX	T-conorm	$\mu C(x) = \max(\mu A(x), \mu B(x)) = \mu A(x) \vee \mu B(x)$
اشتراک (AND)	MIN	T-norm	$\mu C(x) = \min(\mu A(x), \mu B(x)) = \mu A(x) \wedge \mu B(x)$
Implication	MIN	T-norm	$\max(\min(\mu A(x), \mu B(x)))$
اجتماع (Aggregation)	MAX	T-conorm	
دیفازی سازی	مرکز ثقل		$COA = z = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)dz}$

5	Fuzzification	6
5	Degree of Fulfillment or Firing Strength	7
5	Implication	8
5	Aggregation	9
6	Defuzzification	0



شکل شماره ۳-۱۱- چهارچوب کلی سیستم استنتاج فازی مطالعه

ایجاد یک پایگاه قوانین اگر- آنگاه فازی برای روش FMEA فازی حیاتی تصور می شود. تحقیقات زیادی در رابطه با استفاده از پایگاه قواعد فازی در روش FMEA انجام شده است (۷۲). در این مطالعه پایگاه قوانین با هدف در نظر گرفتن تمامی شرایط ممکن طبق نظر پژوهشگر با استفاده از تحقیقات پیشین و نظرات استاد راهنما طراحی شده است (جدول ۳-۱۰). برخی از قوانین به عنوان مثال به صورت زیر می باشد:

1. If (Occurrence is Low) and (Detection is Low) and (Severity is Low) then (RPN is Low) (1)
2. If (Occurrence is Low) and (Detection is Low) and (Severity is Medium) then (RPN is Low) (1)
3. If (Occurrence is Low) and (Detection is Low) and (Severity is High) then (RPN is Medium) (1)

.

.

.

4. If (Occurrence is Medium) and (Detection is High) and (Severity is High) then (RPN is High) (1)

5. If (Occurrence is Medium) and (Detection is Medium) and (Severity is High) then (RPN is Medium) (1)

.

.

.

.

.

.

.

n. If (Occurrence is VeryHigh) and (Detection Very High) and (Severity is Very High) then (RPN is Very High) (1)

جدول شماره ۳-۱۱- قوانین اگر - آنگاه استفاده شده در سیستم استنتاج فازی مطالعه

شدت پیامد	احتمال وقوع	احتمال کشف				
		VL	L	M	H	VH
VL	VL	VL	VL	VL	VL	VL
	L	VL	L	L	L	L
	M	VL	L	M	M	M
	H	VL	L	M	M	H
	VH	L	L	M	H	H
L	VL	VL	L	L	L	L
	L	VL	L	L	M	M
	M	L	L	M	M	H
	H	L	M	M	H	H
	VH	M	M	H	H	H
M	VL	VL	VL	L	M	M
	L	L	L	M	M	H
	M	L	M	M	M	H
	H	M	M	M	H	H
	VH	M	M	H	H	H
H	VL	M	M	M	H	H

	L	M	M	M	M	H
	M	M	M	M	H	H
	H	M	M	H	VH	VH
	VH	H	H	H	VH	VH
	VL	M	M	M	H	H
	L	M	M	M	H	H
	M	M	M	H	H	H
	H	H	H	H	VH	VH
VH	VH	H	H	VH	VH	VH

۶-۸-۳- تکنیک دلفی

یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مورد استفاده، تکنیک دلفی است که فرایندی دارای ساختار برای پیش‌بینی و کمک به تصمیم‌گیری در طی راندهای پیمایشی، جمع‌آوری اطلاعات و در نهایت، اجماع گروهی است. (۷۳) در این تکنیک نخست به هریک از اعضای گروه بطور جداگانه و محرمانه پرسشنامه‌ای شامل معیارهای مورد نظر ارسال می‌شود. از اعضا خواسته می‌شود تا به هر معیار از ۱ تا ۱۰ نمره‌ای اختصاص دهند. در گام دوم پرسشنامه‌ها جمع‌آوری شده و معیارهایی که میانگین نمره نظرات آنها کمتر از ۷ باشد، حذف می‌شوند. معیارهای باقی‌مانده در قالب یک پرسشنامه جدید ارسال می‌شوند. این مراحل تا رسیدن به یک مجموعه معیار که نمرات بالای هفت کسب کرده‌اند ادامه می‌یابد. این روش بسیار وقت‌گیر است روش سریعتر آن است که در همان دوراول از نمره‌های اعضا که به هر فاکتور داده شده است، متوسط‌گیری شود و عواملی که نمره بیشتر از هفت کسب کرده‌اند به عنوان فاکتورهای نهایی انتخاب گردند. (۷۴)

در مورد ترکیب و حجم پنل تکنیک دلفی اختلاف نظر وجود دارد. توصیه معمول این است که ترکیبی از افراد با تخصص‌های متعدد استفاده شود و گروه‌های نامتجانس بهتر از گروهی متجانس است. (۷۵) در این مطالعه از ترکیبی از خبرگان با تخصص‌های گوناگون استفاده شده است. هوگارت (۱۹۷۸) معتقد است شش تا ۱۲ عضو برای تکنیک دلفی ایده‌آل است و به زعم کلیتون (۱۹۹۷) اگر از ترکیبی از خبرگان با

تخصص‌های گوناگون استفاده شود بین ۵ تا ۱۰ عضو کافی است. (۷۶) در فاز اول این مطالعه با استفاده از تکنیک دلفی اقدام به پالایش، و شناسایی حوادث رخ داده گردیده است. پنل مورد نظر براساس ترکیبی از خبرگان با تخصص‌های گوناگون تعیین گردید و از نمونه‌ای به حجم ۱۶ نفر استفاده شده است.

فصل چهارم:

نتایج و تفسیر آن ها

۱-۴- مقدمه

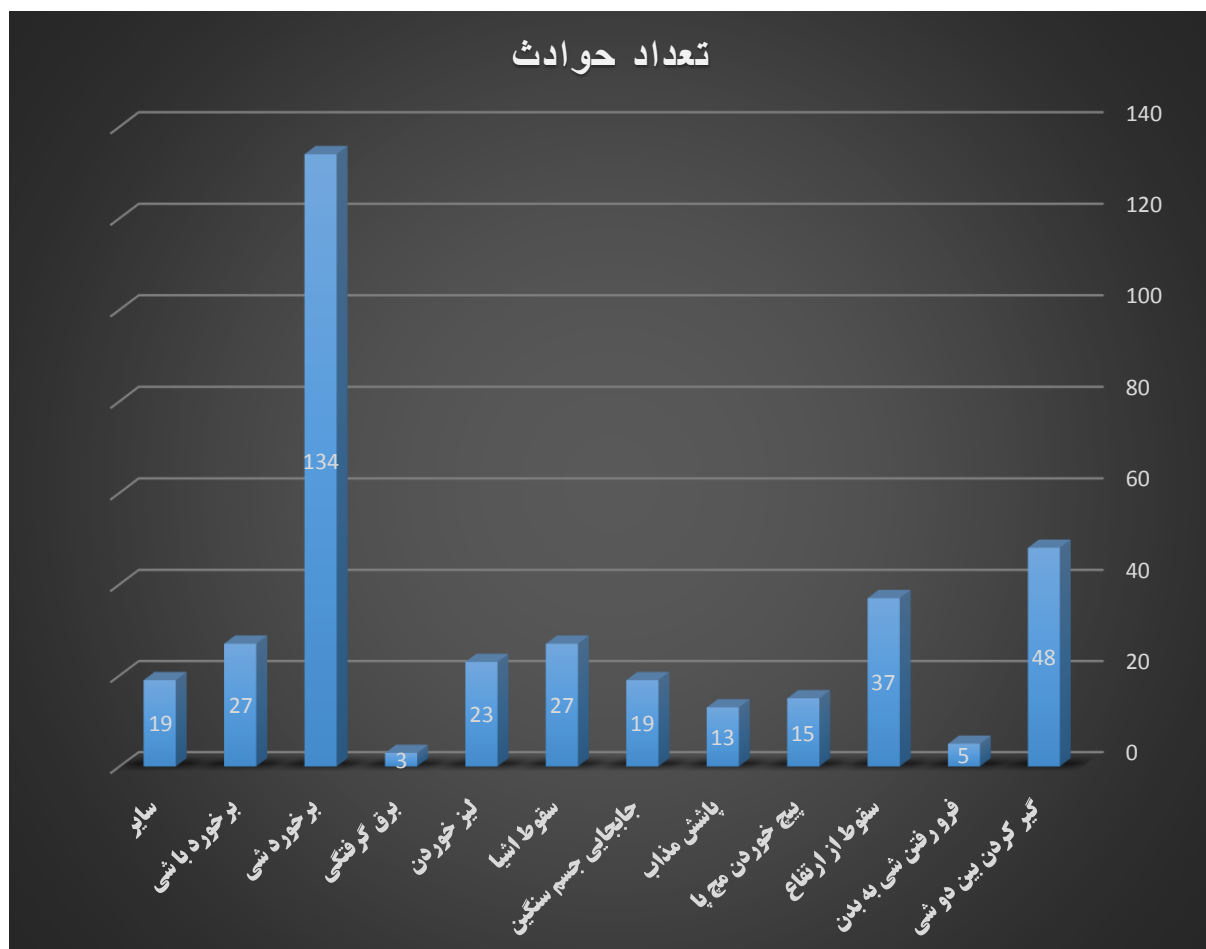
مهم ترین عامل تعیین کننده نحوه تجزیه و تحلیل، الگوی تحلیلی ساخته شده توسط محقق و روش انتخابی تجزیه و تحلیل است. الگوی تحلیلی که روش انتخابی برای تجزیه و تحلیل با توجه به آن انتخاب می شود، مشخص می کند چه اطلاعاتی و چگونه تجزیه و تحلیل شوند. روش یا روش های تجزیه و تحلیل تحقیق با توجه به اهداف، فرضیه ها و الگوی تحلیلی آن انتخاب می شوند. در ضمن به کارگیری ابزار مختلف در تجزیه و تحلیل نیز می تواند در دقت کار روش تجزیه و تحلیل مؤثر باشد. یعنی ضمن استفاده از بهترین روش، باید آن را همراه مناسب ترین ابزار به کار برد، زیرا انتخاب روش و ابزار از اهمیت ویژه ای برخوردار است و نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل، به طور کامل به روش ها و ابزار بستگی دارد. (۶۱)

در این تحقیق برای رتبه بندی معیارها و زیرمعیارها نهائی از تکنیک دلفی، تکنیک درخت خطا (FTA)، تکنیک FMEA، مدل های تصمیم گیری چندمعیاره و مدل AHP با رویکرد فازی استفاده شده است برای تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده از محیط نرم افزار اکسل، SPSS استفاده شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده ها در فصل حاضر ارائه شده است. روند تنظیم این فصل بر اساس روند پاسخگویی به سؤالات تحقیق می باشد.

۲-۴- مهمترین حوادث در فاز تولید صنایع فولاد کدامند و علل اصلی بروز

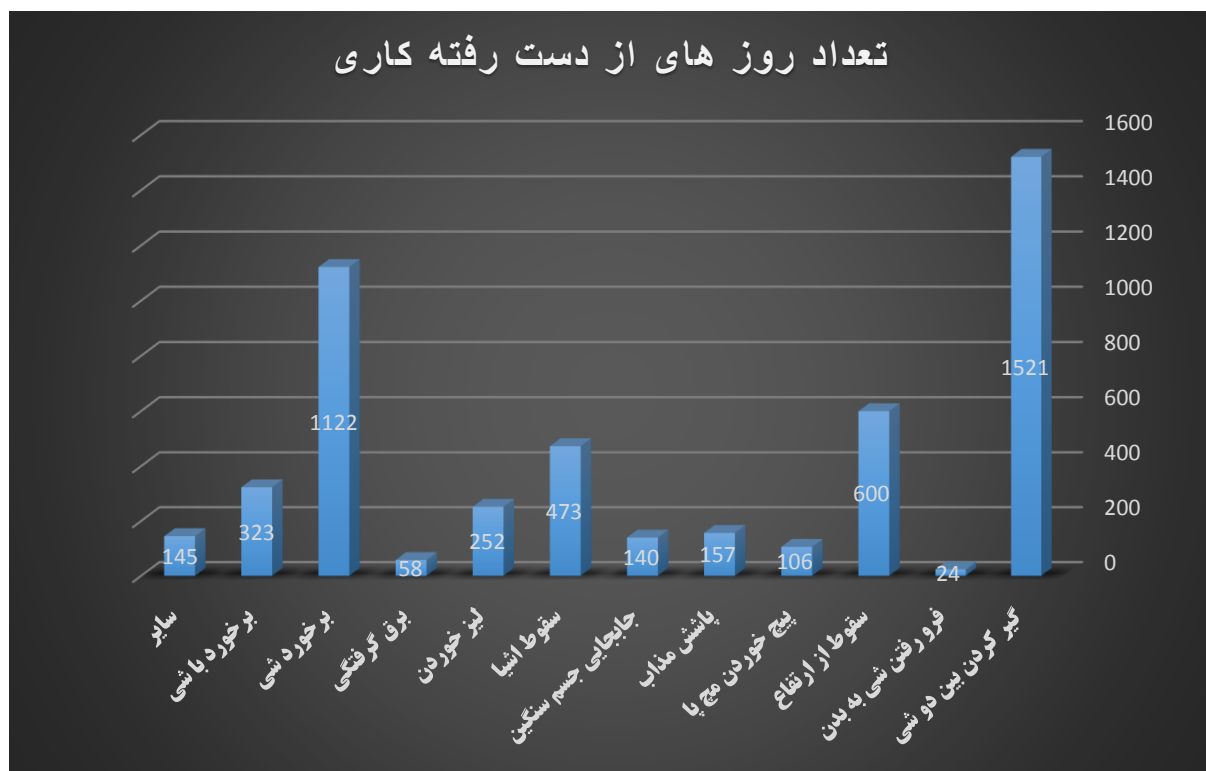
حوادث منتخب چیست؟

برای بدست آوردن مهمترین حوادث در صنایع فولاد به مرور حوادث پیشین، علت آن ها و تعداد روزهای از دست رفته ی کاری پرداخته می شود. به منظور دستیابی و شناخت حوادث در فاصله زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ به واحد HSE صنایع فولاد مراجعه شد و لیست تمامی حوادث ثبت شده در این بخش اخذ گردید. در این مرور علت هر کدام از حوادث رخ داده ی پیشین مورد بررسی قرار گرفت و علت هر کدام و تعداد روزهای از دست رفته ی کاری به دلیل حادثه در شکل های ۴-۱ و ۴-۲ نمایش داده شده است.



شکل ۴-۱- علت حوادث پیشین

در این پژوهش به منظور دستیابی و شناخت حوادث در فاصله زمانی ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۹ به مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست صنعت فولاد مراجعه شد و لیست تمامی حوادث ثبت شده در این بخش اخذ گردید. در همین حال تعداد روزهای از دست رفته برای این حوادث رخ داده در شکل ۴-۲ نمایش داده شده است.



شکل ۴-۲- تعداد روزهای از دست رفته در اثر حوادث رخ داده

از آنجا که این تحقیق با نظر سنجی از خبرگان انجام شده است، بنابراین از خبرگان خواسته شده که به میزان اهمیت حوادث را مشخص نمایند. طبق تکنیک دلفی نخست به هریک از اعضای گروه پرسشنامه ای شامل حوادث مورد نظر داده شد. سپس توسط خبرگان این حوزه که از ۱۶ کارشناس انتخاب شده بودند و با کلیه امور آشنا بودند طبق روش دلفی تک تک حوادث مورد بررسی قرار گرفت. برای غربال اولیه حوادث شده امتیازات تخصیص داده شده بین ۱ تا ۱۰ می باشد و حوادث با امتیاز زیر ۷ حذف شدند. تکنیک دلفی در ۲ راند ادامه یافت و در راند دوم با دستیابی به توافق نهائی متوقف شده است. نتایج حاصل از تکنیک دلفی در جداول ۴-۱ و ۴-۲ قابل مشاهده می باشد.

جدول ۴-۱- خلاصه نتایج راند نخست تکنیک دلفی

معیار	۱ کارشناس	۲ کارشناس	۳ کارشناس	۴ کارشناس	۵ کارشناس	۶ کارشناس	۷ کارشناس	۸ کارشناس	۹ کارشناس	۱۰ کارشناس	۱۱ کارشناس	۱۲ کارشناس	۱۳ کارشناس	۱۴ کارشناس	۱۵ کارشناس	۱۶ کارشناس	میانگین
گیر کردن بین دو شیء	۷	۷	۹	۹	۹	۷	۷	۸	۸	۹	۷	۷	۹	۹	۹	۷	۸,۰۰۰
فرو رفتن شیء	۷	۵	۷	۹	۷	۷	۶	۶	۷	۷	۷	۵	۶	۵	۸	۷	۶,۶۲۵
سقوط از ارتفاع	۵	۷	۹	۸	۹	۷	۷	۷	۸	۷	۵	۷	۷	۷	۷	۹	۷,۲۵۰
پاشیدن مذاب	۷	۷	۴	۸	۸	۷	۵	۷	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۵	۷	۶,۸۱۳
لیز خوردن	۷	۹	۹	۸	۳	۷	۶	۵	۶	۷	۷	۸	۸	۶	۸	۴	۶,۷۵۰
برق گرفتگی	۶	۷	۹	۷	۷	۸	۷	۸	۶	۶	۶	۷	۵	۶	۷	۵	۶,۶۸۸
برخورد شیء	۹	۹	۹	۷	۷	۹	۷	۹	۹	۹	۹	۹	۹	۷	۷	۹	۸,۳۷۵
برخورد با شیء	۷	۷	۷	۵	۷	۶	۸	۸	۵	۸	۷	۷	۷	۶	۶	۵	۶,۶۲۵
سقوط اشیاء	۷	۴	۸	۸	۷	۹	۷	۸	۸	۸	۸	۶	۹	۶	۷	۹	۷,۳۷۵
پیچ خوردن مچ پا	۷	۹	۹	۸	۳	۷	۶	۵	۶	۴	۸	۸	۷	۵	۷	۸	۶,۶۸۸
جابجایی جسم سنگین	۴	۸	۸	۷	۵	۷	۸	۹	۸	۳	۷	۶	۵	۶	۴	۵	۶,۲۵۰

جدول ۴-۲- خلاصه نتایج راند نهایی تکنیک دلفی

معیار	۱ کارشناس	۲ کارشناس	۳ کارشناس	۴ کارشناس	۵ کارشناس	۶ کارشناس	۷ کارشناس	۸ کارشناس	۹ کارشناس	۱۰ کارشناس	۱۱ کارشناس	۱۲ کارشناس	۱۳ کارشناس	۱۴ کارشناس	۱۵ کارشناس	۱۶ کارشناس	میانگین
گیر کردن بین دو شیء	۷	۷	۹	۹	۹	۹	۷	۹	۸	۸	۷	۷	۹	۹	۹	۹	۸٫۲۵۰
سقوط از ارتفاع	۷	۹	۹	۵	۸	۹	۸	۸	۹	۹	۷	۹	۹	۸	۸	۹	۸٫۱۸۸
برخورد شیء	۹	۷	۷	۷	۷	۹	۹	۹	۸	۸	۹	۷	۸	۷	۹	۹	۸٫۰۶۳
سقوط اشیاء	۷	۹	۹	۷	۹	۷	۹	۷	۸	۸	۷	۷	۷	۷	۸	۹	۷٫۸۱۳

برای محاسبه هماهنگی دیدگاه کارشناسان از ضریب توافقی کندال استفاده شده است:

جدول ۴-۳- ضریب توافق کندال

	تعداد حادثه	تعداد کارشناسان	ضریب کندال	درجه آزادی	مقدار معناداری
راند اول	۱۱	۱۶	۰/۳۲۸	۱۰	۰/۰۰۰
راند دوم	۴	۱۶	۰/۳۹۴	۳	۰/۰۰۰

بنابراین بر اساس نظر خبرگان چهار حادثه ی گیر کردن بین دو شیء، سقوط از ارتفاع، برخورد شیء و سقوط اشیاء که از نظر آمار هم بیشترین تکرار و بیشترین تعداد روزهای از دست رفته کارکنان در اثر بروز حوادث را داشته اند؛ به عنوان گزینه های تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

۴-۳- ترسیم علل اصلی بروز حوادث منتخب به صورت درخت وارۀ چگونه

است؟

در این قسمت ابتدا رویدادهای میانی و رویدادهای پایه ی برخورد شیء در جدول ۴-۴ مشخص گردید.

جدول ۴-۴- مشخص کردن رویدادهای برخورد شیء

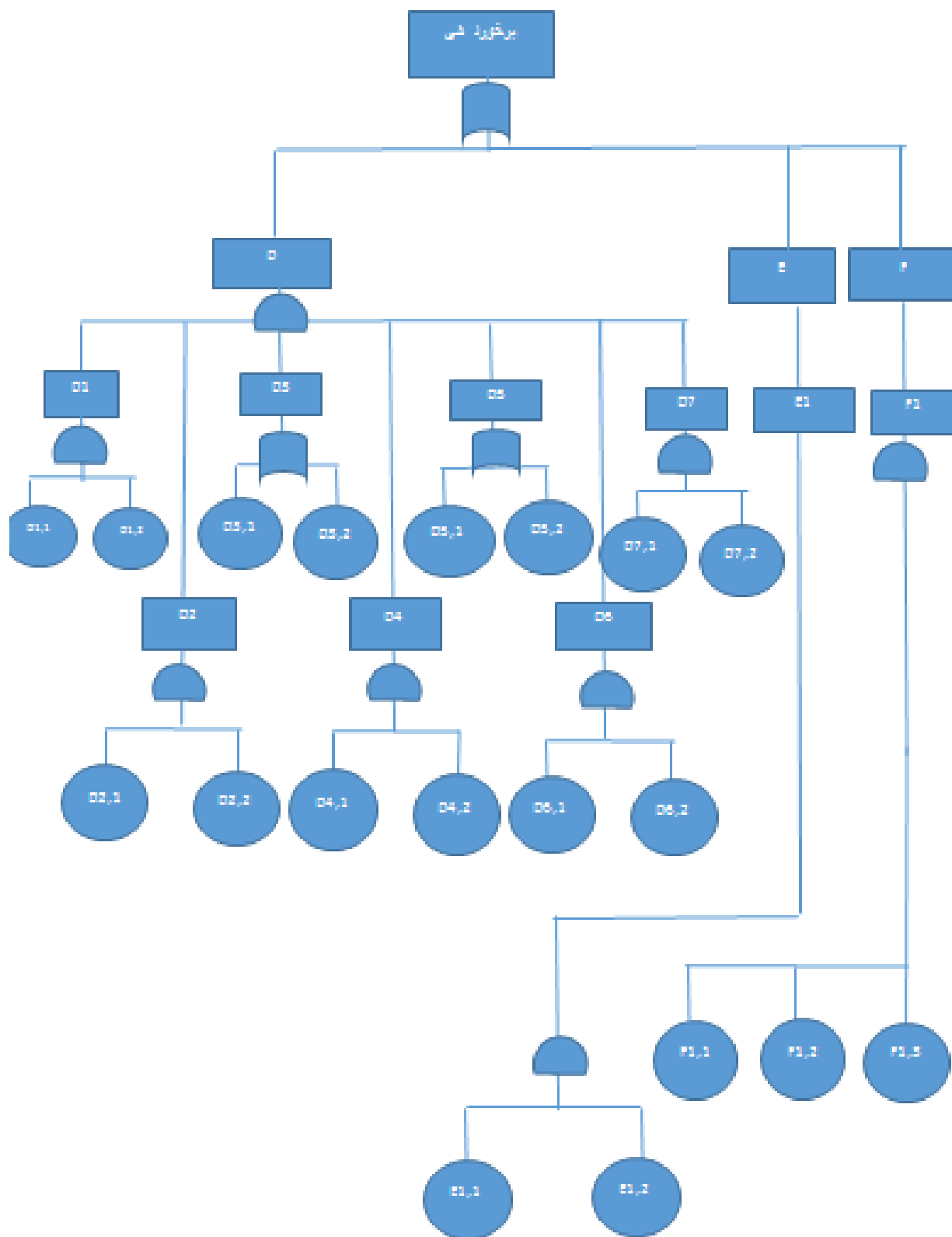
کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویداد میانی	رویداد اصلی
D1,1	لیز بودن سطح کار	D1	طراحی نامناسب قسمت بسته بندی	آزاد شدن و برخورد شی تحت فشار(D)	برخورد شی
D1,2	بی توجهی اپراتور				
D2,1	خستگی و فشار کاری بالا	D2	خطای اپراتور هنگام بستن تسمه اطراف بسته پروفیل		
D2,2	قرا گرفتن در مکان نایمن				
D3,1	ضعف مدیریتی و عدم خرید مواد اولیه با کیفیت مناسب	D3	نامناسب بودن بسته بندی ورق برش خورده جهت تولید		
D3,2	عدم دقت اپراتور در برش ورق اولیه به ورق هایی با ضخامت پایین تر				

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویداد میانی	رویداد اصلی
D4,1	عدم خط کشی و مشخص کردن مناطق خطر	D4	ایستادن در مکان های ناایمن		
D4,2	عدم آموزش کافی پرسنل				
D5,1	تنظیم نبودن دستگاه	D5	برش ناقص اره پروفیل بر و پرتاب قوطی پروفیل		
D5,2	عدم انجام بازرسی های دوره ای				
D6,1	عدم آموزش پرسنل پیمانکار	D6	برخورد صفحه سنگ		
D6,2	خطای اپراتور و برش تخته چوبی با سنگ فرز				
D7,1	عدم دید کافی اپراتور اتاق کنترل ناهماهنگی بین اپراتور اتاق کنترل و اپراتور تنظیم کننده خط تولید	D7	برخورد میلگرد		

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویداد میانی	رویداد اصلی
D7,2	عدم آموزش کافی پرسنل				
E1,1	قرار گرفتن در مکان ناایمن	E1	بی توجهی اپراتور	برخورد شی معلق (E)	
E1,2	عدم آموزش کافی پرسنل				
F1,1	قرار گرفتن در مکان ناایمن	F1	خارج شدن میلگرد داغ از خط تولید	برخورد جسم داغ (F)	
F1,2	خستگی به علت گرما و تایم کاری زیاد				
F1,3	تنظیم نبودن و عدم بازرسی دوره ای دستگاه ها خط تولید				

به همین صورت می توان با در نظر گرفتن روابط "و" و "یا" درخت خطای حادثه ی برخورد شیء را به صورت شکل ۳-۴ ترسیم نمود.



شکل ۴-۳- درخت خطای برخورد شیء

رویدادهای میانی و رویدادهای پایه ی سقوط از ارتفاع در جدول ۴-۵ مشخص گردید.

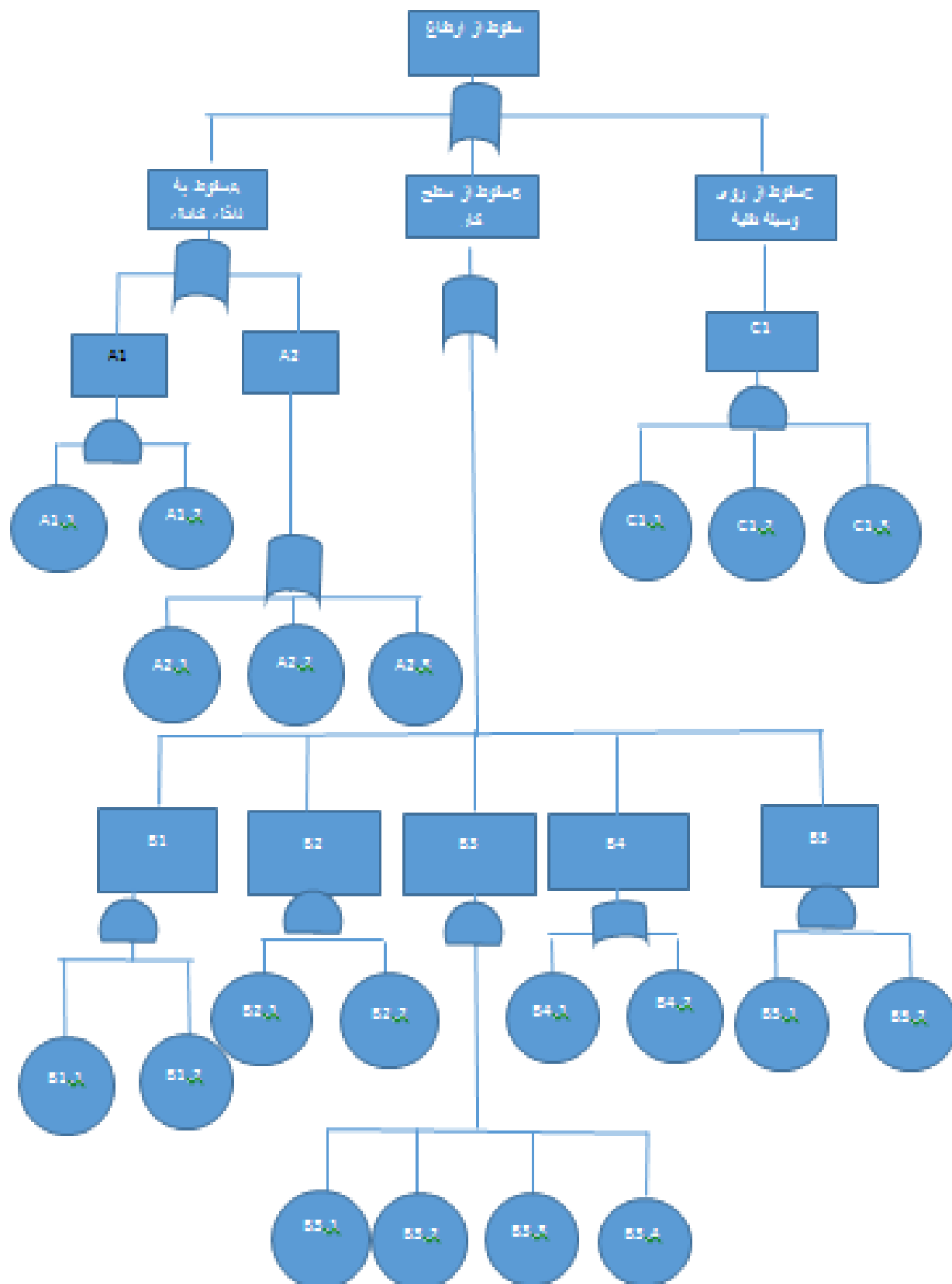
جدول ۴-۵- مشخص کردن رویدادهای سقوط از ارتفاع

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویدادهای میانی	رویداد اصلی
A1,1 A1,2	عدم نظارت واحد HSE عدم تعهد واحد آهنگری به الزامات HSE	A1	حفاظ نداشتن کانال	سقوط به داخل کانال (A)	سقوط از ارتفاع
A2,1 A2,2 A2,3	عدم خرید حفاظ مناسب توسط مدیریت خطای اپراتور و عدم جاگذاری صحیح حفاظ عدم آموزش کافی پرسنل	A2	نامناسب بودن حفاظ کانال		
B1,1 B1,2	عدم دقت و تعهد در ساخت تجهیزات ایمن عدم نظارت واحد HSE	B1	لق بودن چهار پایه مورد استفاده		
B2,1 B2,2	عدم استفاده از سطوح ایمن و آجدار جهت ساخت پله بی احتیاطی و عجله در هنگام تردد	B2	لیز بودن سطح پله ها		
B3,1 B3,2 B3,3 B3,4	عدم تعهد پرسنل در انجام کار اصولی و عدم استفاده از تجهیزات ایمن ضعف مدیریتی و عدم اختصاص تایم مناسب جهت انجام تعمیرات و بازرسی های دوره ای عدم نظارت واحد HSE	B3	شکستن پایه سطح کار		
B4,1 B4,2	عدم آموزش کافی پرسنل و به کارگیری نیروی غیر تخصصی در کارهای غیر مرتبط یا نداشتن مهارت در انجام کار و طراحی نامناسب محیط کار	B4	نالایمن بودن سطح انجام کار		

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویدادهای میانی	رویداد اصلی
B5,1 B5,2	ضعف مدیریتی و کافی نبودن تعداد پرسنل جهت انجام کار و خستگی پرسنل به علت گرمایزدگی و عجله در کار	B5	بی احتیاطی و انجام کار غیر ایمن		
C1,1 C1,2 C1,3	عدم مهارت در انجام کار و عدم آموزش کافی پرسنل عدم وجود مسیر ایمن جهت تردد بر روی ماشین آلات بارگیری	C1	عجله و بی احتیاطی اپراتور	سقوط از روی وسایل نقلیه ©	

به همین صورت بر اساس رویدادهای مشخص شده در جدول ۴-۵ و با در نظر گرفتن روابط "و" و "یا" بین رویدادها درخت خطای سقوط از ارتفاع به صورت شکل ۴-۴ نمایش داده می شود.



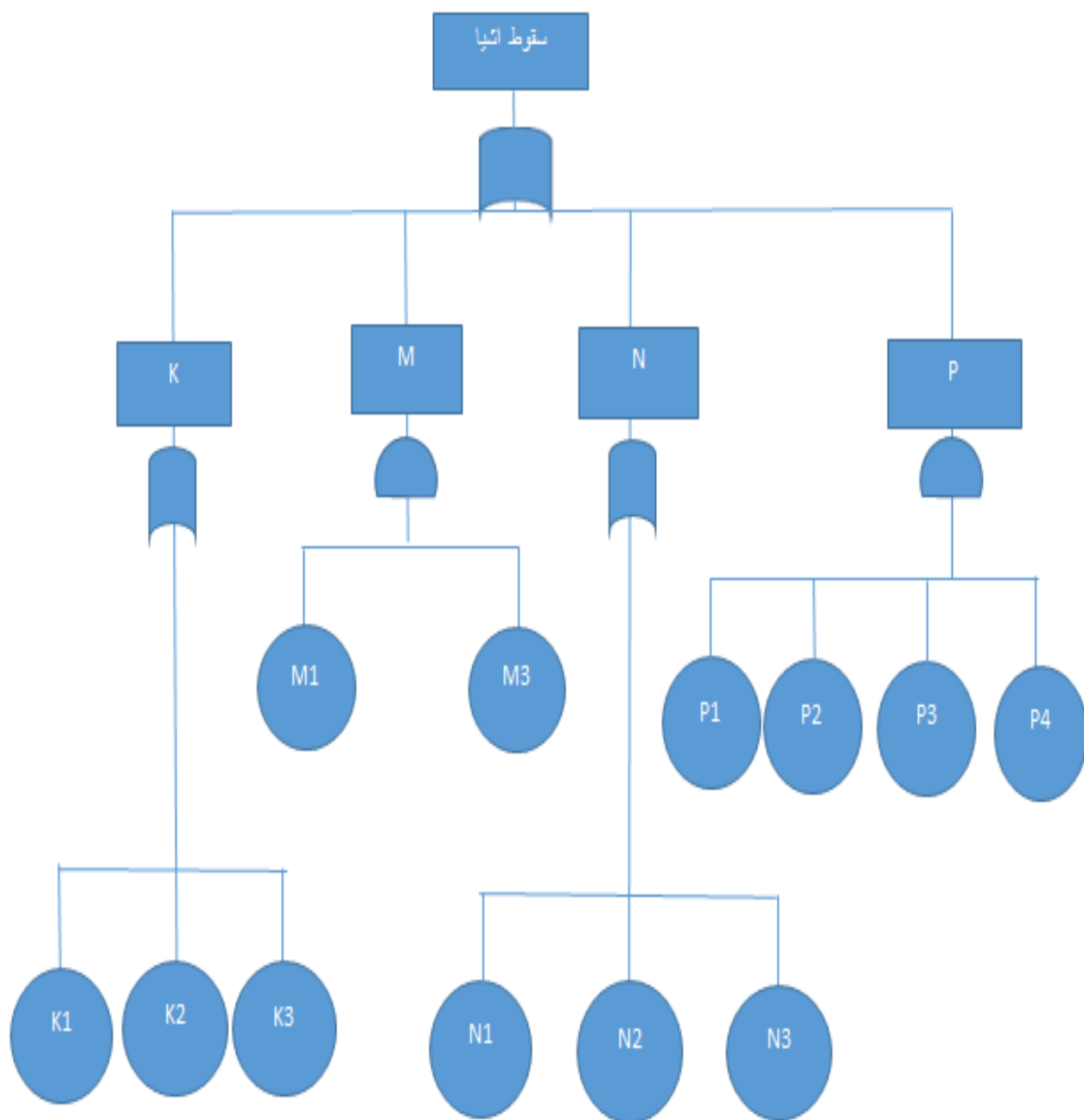
شکل ۴-۴- درخت خطای سقوط از ارتفاع

رویدادهای میانی و رویدادهای پایه ی سقوط اشیاء در جدول ۴-۶ مشخص گردید.

جدول ۴-۶- سقوط اشیاء

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	رویدادهای میانی	رویداد اصلی			
K1	نامناسب قرار دادن شی روی سطح کار	سقوط شی از روی سطح کار (K)	سقوط اشیا			
K2	عدم آموزش کافی اپراتور					
K3	بسته بندی نامناسب مواد اولیه					
M1	خطای اپراتور	سقوط اشیا معلق (M)		سقوط اشیا		
M2	نامناسب بودن وسایل باربرداری					
N1	خطای اپراتور	سقوط قطعه در حال تعمیر (N)			سقوط اشیا	
N2	عدم آموزش کافی پرسنل					
N3	سخت بودن شرایط کار					
P1	نامناسب بودن وسایل حفاظت فردی	سقوط شی هنگام حمل دستی بار (P)				سقوط اشیا
P2	عدم وجود محل مناسب جهت گرفتن قطعه و حمل آن					
P3	ضعف مدیریتی و انجام کار غیر ایمن					
P4	ضعف واحد HSE در آموزش ارگونومی					

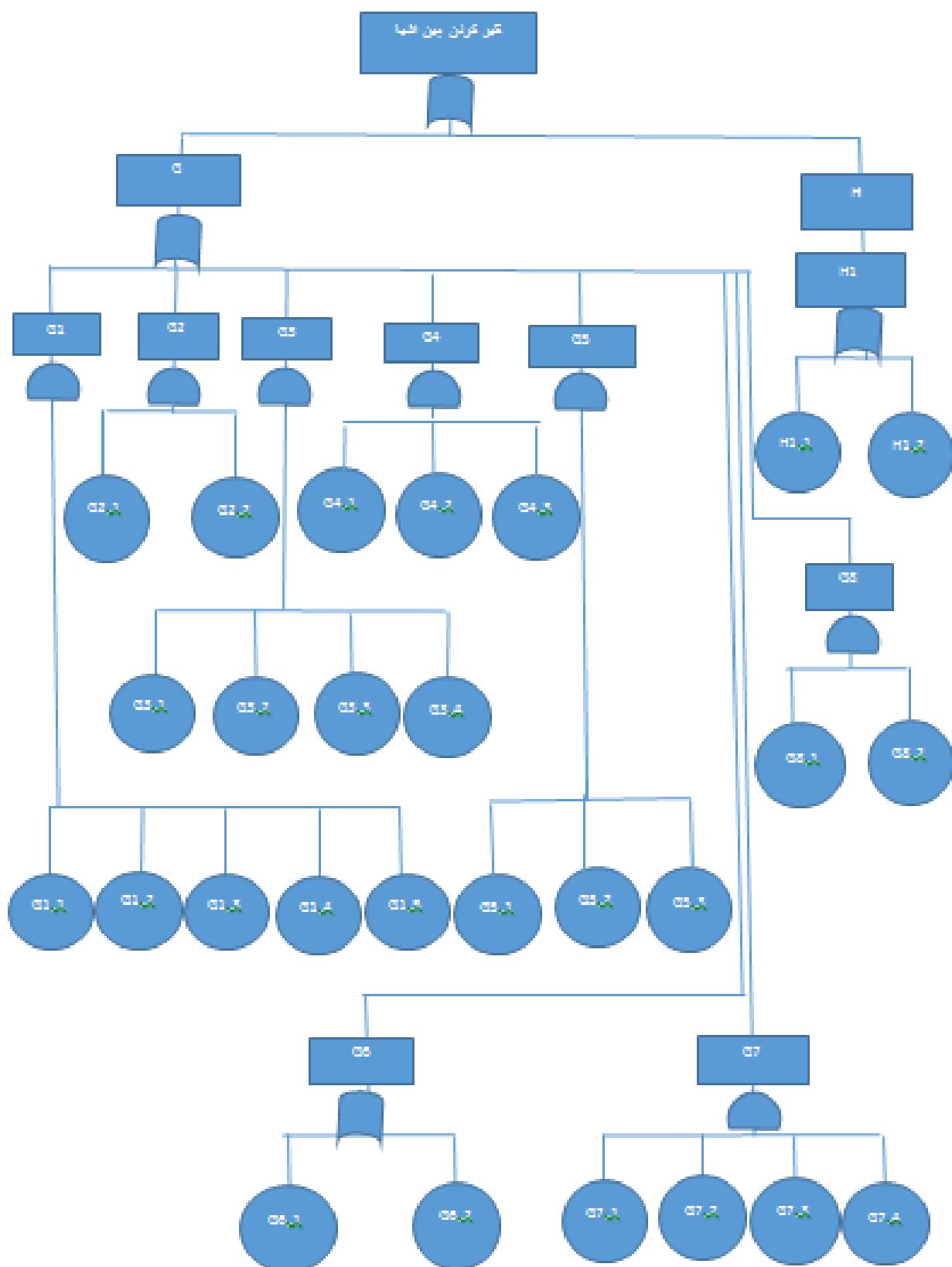
به همین صورت بر اساس رویدادهای مشخص شده در جدول ۴-۶ و با در نظر گرفتن روابط "و" و "یا" بین رویدادها درخت خطای سقوط اشیاء به صورت شکل ۴-۵ نمایش داده می شود.



شکل ۴-۵- درخت خطای سقوط اشياء

رویدادهای میانی و رویدادهای پایه ی گیر کردن بین دوشی در جدول ۴-۷ مشخص گردید.

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویداد میانی	رویداد اصلی
G1,1 G1,2 G1,3 G1,4 G1,5	نداشتن تمرکز به علت گرما، خستگی، فشار کاری، تایم کاری بالا و کمبود نیرو عدم آموزش مدیران، سرپرستان و پرسنل کمبود مهارت و تجربه کاری عدم وجود تجهیزات مناسب جهت آزاد کردن میلگرد عدم توجه اپراتور به نکات ایمنی	G1	گیر کردن بین بسته میلگرد و میلگرد گیر کرده به دستگاه	گیر کردن بین یک شی ثابت و یک شی متحرک (G)	گیر کردن بین دوشی
G2,1 G2,2	کمبود مهارت و تجربه کاری بی احتیاطی اپراتور	G2	گیر کردن بین جک وشاسی		
G3,1 G3,2 G3,3 G3,4	انجام کار غیر مرتبط با تخصص فرد عدم آموزش کافی پرسنل شرایط کاری سخت و شرایط نامناسب ارگونومی عجله و عدم هماهنگی بین پرسنل هنگام خارج کردن شمش فولادی	G3	گیر کردن بین سقف کوره و شمش خروجی از کوره		
G4,1 G4,2 G4,3	عدم آموزش کافی پرسنل بی احتیاطی پرسنل عبور از مسیر غیر ایمن	G4	گیر کردن بین شمش فولادی		
G5,1 G5,2 G5,3	ضعف مدیریتی و عدم خط کشی مناطق ناایمن بی احتیاطی اپراتور و عبور از مسیر ناایمن عدم آموزش کافی پرسنل	G5	گیر کردن بین ورق فولادی و غلطک دستگاه ورق بر		
G6,1 G6,2	قرار دادن دست در مکان ناایمن شاهین جرثقیل نداشتن محل ایمن جهت گرفتن و هدایت شاهین جرثقیل	G6	گیر کردن بین ورق فولادی و شاهین جرثقیل		
G7,1 G7,2 G7,3 G7,4	عدم آموزش تخصصی پرسنل بی احتیاطی اپراتور و جابجایی ضایعات با دست بی نظمی در محیط کار خستگی و تایم کاری زیاد در مشاغل سخت و زیان آور	G7	گیر کردن بین مگنت جرثقیل و ضایعات لوله		
G8,1 G8,2	نداشتن حفاظ عدم آموزش کافی پرسنل	G8	گیر کردن به قسمت میکسر دستگاه		
H1,1 H1,2	ضعف مدیریتی و عدم تعهد به الزامات HSE یا نداشتن حفاظ	H1	گیر کردن بین چرخ دنده وزنچیر	گیر کردن بین دوشی متحرک	



شکل ۴-۶- درخت خطای گیر کردن بین دو شیء

۴-۴- امکان وقوع هر رویداد پایه با استفاده از نظر کارشناسان و

متخصصان خبره چقدر است ؟

با توجه به پاسخ خبرگان به سؤالات پرسشنامه در زمینه ی احتمال وقوع هر رویداد پایه در حادثه ی سقوط از ارتفاع در جدول ۴-۸ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۸- احتمال وقوع هر رویداد پایه در حادثه ی سقوط از ارتفاع

ریسک اصلی	U	M	L	L+M+U/3
عدم نظارت واحد HSE	۰,۴۵۶	۰,۲۰۶	۰,۰۵۹	۰,۲۴۰
عدم تعهد واحد آهنگری به الزامات واحد HSE	۰,۵۰۰	۰,۲۵۰	۰,۱۰۳	۰,۲۸۴
عدم خرید حفاظ مناسب توسط مدیریت	۰,۷۵۰	۰,۵۱۵	۰,۲۹۴	۰,۵۲۰
خطای اپراتور و عدم جاگذاری صحیح حفاظ	۰,۶۷۶	۰,۴۴۱	۰,۲۲۱	۰,۴۴۶
عدم آموزش کافی پرسنل	۰,۵۷۴	۰,۳۲۴	۰,۱۴۷	۰,۳۴۸
عدم دقت و تعهد در ساخت تجهیزات ایمن	۰,۶۱۸	۰,۳۶۸	۰,۱۴۷	۰,۳۷۷
عدم نظارت واحد HSE باعث حوادث	۰,۵۸۸	۰,۳۳۸	۰,۱۴۷	۰,۳۵۸
عدم استفاده از سطوح ایمن و آجدار جهت ساخت پله	۰,۷۰۶	۰,۵۰۰	۰,۲۹۴	۰,۵۰۰
بی احتیاطی و عجله در هنگام تردد	۰,۸۸۲	۰,۷۳۵	۰,۴۸۵	۰,۷۰۱
عدم تعهد پرسنل در انجام کار اصولی	۰,۶۴۷	۰,۴۴۱	۰,۲۵۰	۰,۴۴۶
عدم استفاده از تجهیزات ایمن	۰,۶۷۶	۰,۴۷۱	۰,۲۷۹	۰,۴۷۵
ضعف مدیریتی و عدم اختصاص تایم مناسب جهت انجام تعمیرات و بازرسی های دوره ای	۰,۷۲۱	۰,۵۱۵	۰,۳۰۹	۰,۵۱۵
عدم آموزش کافی پرسنل و به کارگیری نیروی غیر تخصصی در کارهای غیر مرتبط	۰,۸۵۳	۰,۶۱۸	۰,۳۶۸	۰,۶۱۳
نداشتن مهارت در انجام کار و طراحی نامناسب محیط کار	۰,۷۵۰	۰,۵۲۹	۰,۳۰۹	۰,۵۲۹
ضعف مدیریتی و کافی نبودن تعداد پرسنل جهت انجام کار	۰,۸۵۳	۰,۶۶۲	۰,۴۱۲	۰,۶۴۲
خستگی پرسنل به علت گرمای و عجله در کار	۰,۸۹۷	۰,۷۷۹	۰,۵۲۹	۰,۷۳۵
عدم مهارت در انجام کار	۰,۶۷۶	۰,۴۴۱	۰,۲۰۶	۰,۴۴۱
عدم آموزش کافی پرسنل	۰,۵۷۴	۰,۳۲۴	۰,۱۱۸	۰,۳۳۸
عدم وجود مسیر ایمن جهت تردد بر روی ماشین آلات بارگیری	۰,۷۷۹	۰,۵۷۴	۰,۳۵۳	۰,۵۶۹

با توجه به پاسخ خبرگان به سؤالات پرسشنامه در زمینه ی احتمال وقوع هر رویداد پایه در حادثه ی سقوط اشیاء در جدول ۴-۹ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۹- احتمال وقوع هر رویداد پایه در حادثه ی سقوط اشیاء

نتایج و تفسیر آن ها

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

ریسک اصلی	U	M	L	L+M+U/3
سقوط اشیا به علت نامناسب قرار دادن روی سطح کار	۰,۸۲۴	۰,۶۱۸	۰,۳۹۷	۰,۶۱۳
سقوط اشیا به علت آموزش ناکافی	۰,۷۳۵	۰,۴۸۵	۰,۲۶۵	۰,۴۹۵
سقوط اشیا به دلیل بسته بندی نامناسب مواد اولیه	۰,۶۷۶	۰,۴۴۱	۰,۲۲۱	۰,۴۴۶
سقوط اشیا به دلیل خطای اپراتور	۰,۷۶۵	۰,۵۲۹	۰,۳۰۹	۰,۵۳۴
سقوط اشیا به دلیل نامناسب بودن وسایل باربرداری	۰,۷۲۱	۰,۴۸۵	۰,۲۷۹	۰,۴۹۵
سقوط اشیا به دلیل سخت بودن شرایط کار	۰,۷۷۹	۰,۵۴۴	۰,۳۲۴	۰,۵۴۹
سقوط اشیا به دلیل نامناسب بودن وسایل حفاظت فردی	۰,۶۶۲	۰,۴۱۲	۰,۲۰۶	۰,۴۲۶
سقوط اشیا به دلیل عدم وجود محل مناسب جهت گرفتن قطعه و حمل آن	۰,۷۷۹	۰,۵۷۴	۰,۳۳۸	۰,۵۶۴
سقوط اشیا به دلیل ضعف مدیریتی و انجام کار غیر ایمن	۰,۵۷۴	۰,۳۶۸	۰,۱۹۱	۰,۳۷۷
سقوط اشیا به دلیل ضعف واحد HSE در آموزش ارگونومی	۰,۷۵۰	۰,۵۲۹	۰,۳۰۹	۰,۵۲۹

با توجه به پاسخ خبرگان به سؤالات پرسشنامه در زمینه ی احتمال وقوع هر رویداد پایه در حادثه ی برخورد شیء در جدول ۴-۱۰ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۰- احتمال وقوع هر رویداد پایه در حادثه ی برخورد شیء

ریسک اصلی	U	M	L	L+M+U/3
لیز بودن سطح کار	۰,۶۶۲	۰,۴۵۷	۰,۲۳۷	۰,۴۵۲
بی توجهی اپراتور	۰,۶۷۰	۰,۴۸۲	۰,۲۷۴	۰,۴۷۵
خستگی و فشار کاری بالا	۰,۸۰۵	۰,۶۶۷	۰,۴۳۲	۰,۶۳۵
قرا گرفتن در مکان نایمن	۰,۷۴۵	۰,۵۱۰	۰,۲۷۶	۰,۵۱۰
ضعف مدیریتی و عدم خرید مواد اولیه با کیفیت مناسب	۰,۶۶۱	۰,۴۲۵	۰,۲۲۰	۰,۴۳۵
عدم دقت اپراتور در برش ورق اولیه به ورق هایی با ضخامت پایین تر	۰,۶۴۴	۰,۳۹۵	۰,۲۰۴	۰,۴۱۵
عدم خط کشی و مشخص کردن مناطق خطر	۰,۵۹۱	۰,۳۶۹	۰,۱۷۷	۰,۳۷۹
عدم آموزش کافی پرسنل	۰,۶۳۳	۰,۳۸۳	۰,۱۹۱	۰,۴۰۲
تنظیم نبودن دستگاه	۰,۶۵۰	۰,۴۰۲	۰,۱۸۲	۰,۴۱۱
عدم انجام بازرسی های دوره ای	۰,۷۰۲	۰,۴۸۱	۰,۲۷۷	۰,۴۸۷
عدم آموزش پرسنل پیمانکار	۰,۶۳۱	۰,۴۱۳	۰,۲۳۶	۰,۴۲۷
خطای اپراتور و برش تخته چوبی با سنگ فرز	۰,۶۱۰	۰,۴۳۳	۰,۲۴۰	۰,۴۲۸
عدم دید کافی اپراتور اتاق کنترل و ناهماهنگی بین اپراتور اتاق کنترل و اپراتور تنظیم کننده خط تولید	۰,۷۳۶	۰,۵۴۷	۰,۳۱۲	۰,۵۳۲
قرار گرفتن در مکان نایمن	۰,۷۵۲	۰,۵۸۸	۰,۳۶۵	۰,۵۶۸
قرار گرفتن در مکان نایمن	۰,۷۸۱	۰,۵۷۸	۰,۳۲۹	۰,۵۶۲

نتایج و تفسیر آن ها

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

ریسک اصلی	U	M	L	L+M+U/3
خستگی به علت گرما و تایم کاری زیاد	۰,۸۰۳	۰,۶۵۲	۰,۴۱۷	۰,۶۲۴
تنظیم نبودن و عدم بازرسی دوره ای دستگاه ها خط تولید	۰,۷۰۶	۰,۴۸۵	۰,۲۵۰	۰,۴۸۰

با توجه به پاسخ خبرگان به سؤالات پرسشنامه در زمینه ی احتمال وقوع هر رویداد پایه در حادثه ی گیر کردن بین دو شیء در جدول ۴-۱۱ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۱- احتمال وقوع هر رویداد پایه در حادثه ی گیر کردن بین دو شیء

ریسک اصلی	L	M	U	L+M+U/3
نداشتن تمرکز به علت گرما، خستگی، فشار کاری، تایم کاری بالا و کمبود نیرو	۰,۸۳۸	۰,۶۴۷	۰,۴۱۲	۰,۶۳۲
عدم آموزش مدیران، سرپرستان و پرسنل	۰,۶۷۶	۰,۴۲۶	۰,۲۲۱	۰,۴۴۱
کمبود مهارت و تجربه کاری	۰,۷۵۰	۰,۵۳۱	۰,۳۲۸	۰,۵۳۶
عدم وجود تجهیزات مناسب جهت آزاد کردن میلگرد	۰,۷۵۰	۰,۵۰۰	۰,۲۵۰	۰,۵۰۰
عدم توجه اپراتور به نکات ایمنی	۰,۷۷۹	۰,۵۵۹	۰,۳۲۴	۰,۵۵۴
کمبود مهارت و تجربه کاری	۰,۷۷۹	۰,۵۴۴	۰,۲۹۴	۰,۵۳۹
بی احتیاطی اپراتور	۰,۶۹۱	۰,۴۵۶	۰,۲۰۶	۰,۴۵۱
انجام کار غیر مرتبط با تخصص فرد	۰,۸۲۴	۰,۶۰۳	۰,۳۵۳	۰,۵۹۳
عدم آموزش کافی پرسنل	۰,۶۷۶	۰,۴۴۱	۰,۲۰۶	۰,۴۴۱
شرایط کاری سخت و شرایط نامناسب ارگونومی	۰,۷۷۹	۰,۵۵۹	۰,۳۳۸	۰,۵۵۹
عجله و عدم هماهنگی بین پرسنل هنگام خارج کردن شمش فولادی	۰,۶۰۳	۰,۳۶۸	۰,۱۷۶	۰,۳۸۲
عدم آموزش کافی پرسنل	۰,۶۹۱	۰,۴۴۱	۰,۲۲۱	۰,۴۵۱
بی احتیاطی پرسنل	۰,۷۶۵	۰,۵۵۹	۰,۳۲۴	۰,۵۴۹
عبور از مسیر غیر ایمن	۰,۷۲۱	۰,۴۷۱	۰,۲۳۵	۰,۴۷۵
ضعف مدیریتی و عدم خط کشی مناطق ناایمن	۰,۵۷۴	۰,۳۲۴	۰,۱۳۲	۰,۳۴۳
بی احتیاطی اپراتور و عبور از مسیر ناایمن	۰,۷۶۵	۰,۵۲۹	۰,۲۹۴	۰,۵۲۹
قرار دادن دست در مکان ناایمن شاهین جرثقیل	۰,۶۶۲	۰,۴۱۲	۰,۱۹۱	۰,۴۲۲
نداشتن محل ایمن جهت گرفتن و هدایت شاهین جرثقیل	۰,۷۷۹	۰,۵۵۹	۰,۳۳۸	۰,۵۵۹
عدم آموزش تخصصی پرسنل	۰,۶۳۲	۰,۳۸۲	۰,۱۴۷	۰,۳۸۷
بی احتیاطی اپراتور و جابجایی ضایعات با دست	۰,۶۷۶	۰,۴۲۶	۰,۲۲۱	۰,۴۴۱
بی نظمی در محیط کار	۰,۸۰۹	۰,۵۷۴	۰,۳۲۴	۰,۵۶۹
خستگی و تایم کاری زیاد در مشاغل سخت و زیان آور	۰,۷۳۵	۰,۵۲۹	۰,۲۹۴	۰,۵۲۰
نداشتن حفاظ	۰,۷۹۴	۰,۵۷۴	۰,۳۲۴	۰,۵۶۴
عدم آموزش کافی پرسنل	۰,۶۹۱	۰,۴۵۶	۰,۲۳۵	۰,۴۶۱
ضعف مدیریتی و عدم تعهد به الزامات HSE	۰,۶۶۲	۰,۴۱۲	۰,۱۹۱	۰,۴۲۲

۵-۴- احتمال وقوع حوادث اصلی با استفاده از اجماع نظر متخصصان در

محیط فازی چقدر است؟

با توجه به نظر خبرگان و محاسبات انجام شده در محیط فازی احتمال وقوع رخدادهای سقوط از ارتفاع در جدول ۴-۱۲ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۲- احتمال وقوع رخداد سقوط از ارتفاع

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویدادهای میانی	رویداد اصلی
A1,1 (.240196) A1,2 (.284314)	عدم نظارت واحد HSE و عدم تعهد واحد آهنگری به الزامات HSE	A1 (.68291)	حفاظ نداشتن کانال	سقوط به داخل کانال (A) (.838361)	سقوط از ارتفاع (.992319)
A2,1 (.519608) A2,2 (.446078) A2,3(.348039)	عدم خرید حفاظ مناسب توسط مدیریت خطای اپراتور و عدم جاگذاری صحیح حفاظ عدم آموزش کافی پرسنل	A2 (.826514)	نامناسب بودن حفاظ کانال		
B1,1 (.347451) B1,2(.357841)	عدم دقت و تعهد در ساخت تجهیزات ایمن عدم نظارت واحد HSE	B1 (.135068)	لق بودن چهار پایه مورد استفاده	سقوط از سطح کار (B) (.948073)	
B2,1(.5) B2,2(.70098)	عدم استفاده از سطوح ایمن و آجدار جهت ساخت پله بی احتیاطی و عجله در هنگام تردد	B2 (.35049)	لیز بودن سطح پله ها		
B3,1(.446078) B3,2(.47549) B3,3(.514706)	عدم تعهد پرسنل در انجام کار اصولی و عدم استفاده از تجهیزات ایمن ضعف مدیریتی و عدم	B3 (.39067)	شکستن پایه سطح کار		

B3,4(.357843)	اختصاص تایم مناسب جهت انجام تعمیرات و بازرسی های دوره ای عدم نظارت واحد HSE				
B4,1(.612745)	عدم آموزش کافی پرسنل و به کارگیری نیروی غیر تخصصی در کارهای غیر مرتبط یا	B4 (.8177 62)	ناایمن بودن سطح انجام کار		
B4,2(.529412)	نداشتن مهارت در انجام کار و طراحی نامناسب محیط کار				
B5,1 (.642157)	ضعف مدیریتی و کافی نبودن تعداد پرسنل جهت انجام کار	B5 (.4721 74)	بی احتیاطی و انجام کار غیر ایمن		
B5,2 (.735294)	و خستگی پرسنل به علت گرمای و عجله در کار				
C1,1(.4411 76)	عدم مهارت در انجام کار و	C1 (.0848 51)	عجله و بی احتیاطی اپراتور	سقوط از روی وسایل نقلیه (.0848 51)	
C1,2(.338235)	عدم آموزش کافی پرسنل				
C1,3(.568627)	عدم وجود مسیر ایمن جهت تردد بر روی ماشین آلات بارگیری				

با توجه به نظر خبرگان و محاسبات انجام شده در محیط فازی احتمال وقوع رخداد های سقوط اشیاء در جدول ۴-۱۳ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۳- احتمال وقوع رخداد سقوط اشیا

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	رویدادهای میانی	رویداد اصلی
K1(.387255)	نامناسب قرار دادن شی روی سطح کار	سقوط شی از روی سطح کار (K) (.891694)	سقوط اشیا (.988171)
K2(.504902)	عدم آموزش کافی اپراتور		
K3(.553922)	بسته بندی نامناسب مواد اولیه		
M1(.534314)	خطای اپراتور	سقوط اشیا معلق (M)	

نتایج و تفسیر آن ها

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

M2(.495098)	نامناسب بودن وسایل باربرداری	(.264538)	سقوط قطعه در حال تعمیر (N) (.887157)
N1(.54902)	خطای اپراتور		
N2(.573529)	عدم آموزش کافی پرسنل		
N3(.436285)	سخت بودن شرایط کار		
P1(.377451)	نامناسب بودن وسایل حفاظت فردی	سقوط شی هنگام حمل دستی بار (P) (.032152)	
P2(.529412)	عدم وجود محل مناسب جهت گرفتن قطعه و حمل آن		
P3(.455882)	ضعف مدیریتی و انجام کار غیر ایمن		
P4(.352941)	ضعف واحد HSE در آموزش ارگونومی		

با توجه به نظر خبرگان و محاسبات انجام شده در محیط فازی احتمال وقوع رخدادهای برخورد شی در جدول ۴-۱۴ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۴- احتمال وقوع رخداد برخورد شی

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویداد میانی	رویداد اصلی
D1,1(.452319)	لیز بودن سطح کار	D1(.214889)	طراحی نامناسب قسمت بسته بندی	آزاد شدن و برخورد شی تحت فشار (D) (0.0003)	برخورد شی 0.2891
D1,2(.475083)	بی توجهی اپراتور				
D2,1(.63483)	خستگی و فشار کاری بالا	D2(.323942)	خطای اپراتور هنگام بستن تسمه اطراف بسته پروفیل		
D2,2(.510282)	قرا گرفتن در مکان نایمن				
D3,1(.435068)	ضعف مدیریتی و عدم خرید مواد اولیه با کیفیت مناسب	D3(.669269)	نامناسب بودن بسته بندی ورق برش خورده جهت تولید		

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویداد میانی	رویداد اصلی
D3,2(.414565)	عدم دقت اپراتور در برش ورق اولیه به ورق هایی با ضخامت پایین تر				
D4,1(.378841)	عدم خط کشی و مشخص کردن مناطق خطر	D4(.152476)	ایستادن در مکان های ناایمن		
D4,2(.402479)	عدم آموزش کافی پرسنل				
D5,1(.411296)	تنظیم نبودن دستگاه	D5(.697794)	برش ناقص اهر پروفیل بر و پرتاب قوطی پروفیل		
D5,2(.48666)	عدم انجام بازرسی های دوره ای				
D6,1(.426538)	عدم آموزش پرسنل پیمانکار	D6(.182422)	برخورد صفحه سنگ		
D6,2(.42768)	خطای اپراتور و برش تخته چوبی با سنگ فرز				
D7,1(.531571)	عدم دید کافی اپراتور اتاق کنترل ناهماهنگی بین اپراتور اتاق کنترل و اپراتور تنظیم کننده خط تولید	D7(.302083)	برخورد میلگرد		
D7,2(.568284)	عدم آموزش کافی پرسنل				

نتایج و تفسیر آن ها

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویداد میانی	رویداد اصلی
E1,1(.510282)	قرار گرفتن در مکان نایمن	E1(.205378)	بی توجهی اپراتور	برخورد شی معلق (E) (0.2054)	
E1,2(.402479)	عدم آموزش کافی پرسنل				
F1,1(.562439)	قرار گرفتن در مکان نایمن	F1(.105176)	خارج شدن میلگرد داغ از خط تولید	برخورد جسم داغ (F) (0.1052)	
F1,2(.623911)	خستگی به علت گرما و تایم کاری زیاد				
F1,3(.480392)	تنظیم نبودن و عدم بازرسی دوره ای دستگاه ها خط تولید				

با توجه به نظر خبرگان و محاسبات انجام شده در محیط فازی احتمال وقوع رخداد های گیر کردن بین دو شیء در جدول ۴-۱۵ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۵- احتمال وقوع رخداد گیر کردن بین دوشیء

کد اختصاص یافته	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته	رویدادهای میانی	رویداد میانی	رویداد اصلی
G1,1.(632353) G1,2.(441176) G1,3(536458) G1,4(.5) G1,5(.553922)	نداشتن تمرکز به علت گرما، خستگی، فشار کاری ، تایم کاری بالا و کمبود نیرو عدم آموزش مدیران، سرپرستان و پرسنل کمبود مهارت و تجربه کاری عدم وجود تجهیزات مناسب جهت آزاد کردن میلگرد عدم توجه اپراتور به نکات ایمنی	G1(.04145)	گیر کردن بین بسته میلگرد و میلگرد گیر کرده به دستگاه	گیر کردن بین یک شی ثابت و یک شی متحرک (G) (.863 591)	گیر کردن بین دوشی (.952813)
G2,1(.539216) G2,2(.45098)	کمبود مهارت و تجربه کاری بی احتیاطی اپراتور	G2(.243176)	گیر کردن بین جک وشاسی		
G3,1(.593137) G3,2(.441176) G3,3(.558824) G3,4(.382353)	انجام کار غیر مرتبط با تخصص فرد عدم آموزش کافی پرسنل شرایط کاری سخت و شرایط نامناسب ارگونومی عجله و عدم هماهنگی بین پرسنل هنگام خارج کردن شمش فولادی	G3(.146232)	گیر کردن بین سقف کوره و شمش خروجی از کوره		
G4,1(.45098) G4,2(54902) G4,3(.47549)	عدم آموزش کافی پرسنل بی احتیاطی پرسنل عبور از مسیر غیر ایمن	G4(.11773)	گیر کردن بین شمش فولادی		
G5,(.343137) G5,(.529412) G5,3(421565)	ضعف مدیریتی و عدم خط کشی مناطق ناایمن بی احتیاطی اپراتور و عبور از مسیر ناایمن عدم آموزش کافی پرسنل	G5(.076583)	گیر کردن بین ورق فولادی و غلطک دستگاه ورق بر		
G6,1(.558824) G6,2(.387255)	قرار دادن دست در مکان ناایمن شاهین جرثقیل نداشتن محل ایمن جهت گرفتن و هدایت شاهین جرثقیل	G6(.729671)	گیر کردن بین ورق فولادی و شاهین جرثقیل		
G7,1(.441176) G7,2(.568627) G7,3(.519608) G7,4(.563725)	عدم آموزش تخصصی پرسنل بی احتیاطی اپراتور و جابجایی ضایعات با دست بی نظمی در محیط کار خستگی و تایم کاری زیاد در مشاغل سخت و زیان آور	G7(.073482)	گیر کردن بین مگنت جرثقیل و ضایعات لوله		
G8,1(.460784) G8,2(.421569)	نداشتن حفاظ عدم آموزش کافی پرسنل	G8(.194252)	گیر کردن به قسمت میکسر دستگاه		

H1,1(.401961) H1,2(.421569)	ضعف مدیریتی و عدم تعهد به الزامات HSE یا نداشتن حفاظ	H1(.654075)	گیر کردن بین دوشی متحرک گیر کردن بین چرخ دنده وزنچیر	گیر کردن بین دوشی متحرک (.654 075)
--------------------------------	---	-------------	--	--

۴-۶- احتمال کشف هر رویداد پایه با استفاده از نظر کارشناسان و

متخصصان خبره چقدر است؟

با توجه به پاسخ خبرگان به سؤالات پرسشنامه در زمینه ی احتمال کشف هر رویداد پایه در حادثه ی سقوط از ارتفاع در جدول ۴-۱۶ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۶- احتمال کشف هر رویداد پایه در حادثه ی سقوط از ارتفاع

L+M+U/3	L	M	U	ریسک اصلی
۰,۳۹۱	۰,۱۷۲	۰,۳۷۵	۰,۶۲۵	سقوط به داخل کانال به دلیل عدم نظارت واحد HSE
۰,۴۹۰	۰,۲۶۶	۰,۴۸۴	۰,۷۱۹	سقوط به داخل کانال به دلیل عدم تعهد واحد آهنگری به الزامات واحد HSE
۰,۵۴۴	۰,۳۳۳	۰,۵۵۰	۰,۷۵۰	سقوط به داخل کانال به دلیل عدم خرید حفاظ مناسب توسط مدیریت
۰,۴۴۳	۰,۲۱۹	۰,۴۳۸	۰,۶۷۲	سقوط به داخل کانال به دلیل خطای اپراتور و عدم جاگذاری صحیح حفاظ
۰,۴۵۳	۰,۲۳۴	۰,۴۵۳	۰,۶۷۲	سقوط به داخل کانال به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل
۰,۳۸۵	۰,۱۵۶	۰,۳۷۵	۰,۶۲۵	سقوط از سطح کار به دلیل عدم دقت و تعهد در ساخت تجهیزات ایمن
۰,۳۷۵	۰,۱۵۶	۰,۳۵۹	۰,۶۰۹	سقوط از سطح کار به دلیل عدم نظارت واحد HSE
۰,۵۸۳	۰,۳۵۹	۰,۵۹۴	۰,۷۹۷	سقوط از سطح کار به دلیل عدم استفاده از سطوح ایمن و آجدار جهت ساخت پله
۰,۶۳۳	۰,۴۰۰	۰,۶۵۰	۰,۸۵۰	سقوط از سطح کار به دلیل بی احتیاطی و عجله در هنگام تردد
۰,۳۷۰	۰,۱۴۱	۰,۳۵۹	۰,۶۰۹	سقوط از سطح کار به دلیل عدم تعهد پرسنل در انجام کار اصولی
۰,۴۱۱	۰,۲۰۳	۰,۳۹۱	۰,۶۴۱	سقوط از سطح کار به دلیل عدم استفاده از تجهیزات ایمن
۰,۵۴۵	۰,۳۵۰	۰,۵۵۰	۰,۷۳۴	سقوط از سطح کار به دلیل ضعف مدیریتی و عدم اختصاص تایم مناسب جهت انجام تعمیرات و بازرسی های دوره ای

نتایج و تفسیر آن ها

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

ریسک اصلی	U	M	L	L+M+U/3
سقوط از سطح کار به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل و به کارگیری نیروی غیر تخصصی در کارهای غیر مرتبط	۰,۷۵۰	۰,۵۳۱	۰,۲۹۷	۰,۵۲۶
سقوط از سطح کار به دلیل نداشتن مهارت در انجام کار و طراحی نامناسب محیط کار	۰,۶۷۲	۰,۴۲۲	۰,۱۷۲	۰,۴۲۲
سقوط از سطح کار به دلیل ضعف مدیریتی و کافی نبودن تعداد پرسنل جهت انجام کار	۰,۸۳۳	۰,۶۰۰	۰,۳۶۷	۰,۶۰۰
سقوط از سطح کار به دلیل خستگی پرسنل به علت گرمادگی و عجله در کار	۰,۷۹۷	۰,۵۹۴	۰,۳۴۴	۰,۵۷۸
سقوط از روی وسائل نقلیه به دلیل عدم مهارت در انجام کار	۰,۵۹۴	۰,۳۵۹	۰,۱۷۲	۰,۳۷۵
سقوط از روی وسائل نقلیه به دلیل عدم وجود مسیر ایمن جهت تردد بر روی ماشین آلات بارگیری	۰,۷۰۳	۰,۴۸۴	۰,۲۶۶	۰,۴۸۴

با توجه به پاسخ خبرگان به سؤالات پرسشنامه در زمینه ی احتمال کشف هر رویداد پایه در حادثه ی سقوط اشیاء در جدول ۴-۱۷ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۷- احتمال کشف هر رویداد پایه در حادثه ی سقوط اشیاء

ریسک اصلی	U	M	L	L+M+U/3
سقوط اشیا به علت نامناسب قرار دادن روی سطح کار	۰,۶۷۲	۰,۴۵۳	۰,۲۵۰	۰,۴۵۸
سقوط اشیا به علت آموزش ناکافی	۰,۵۹۴	۰,۳۴۴	۰,۱۴۱	۰,۳۵۹
سقوط اشیا به دلیل بسته بندی نامناسب مواد اولیه	۰,۵۹۴	۰,۳۷۵	۰,۲۰۳	۰,۳۹۱
سقوط اشیا به دلیل خطای اپراتور	۰,۶۷۲	۰,۴۳۸	۰,۲۳۴	۰,۴۴۸
سقوط اشیا به دلیل نامناسب بودن وسایل باربرداری	۰,۶۲۵	۰,۳۹۱	۰,۲۰۳	۰,۴۰۶
سقوط اشیا به دلیل سخت بودن شرایط کار	۰,۷۱۹	۰,۵۰۰	۰,۲۸۱	۰,۵۰۰
سقوط اشیا به دلیل نامناسب بودن وسایل حفاظت فردی	۰,۶۴۱	۰,۴۰۶	۰,۲۱۹	۰,۴۲۲
سقوط اشیا به دلیل عدم وجود محل مناسب جهت گرفتن قطعه و حمل آن	۰,۷۰۳	۰,۵۰۰	۰,۲۹۷	۰,۵۰۰
سقوط اشیا به دلیل ضعف مدیریتی و انجام کار غیر ایمن	۰,۵۴۷	۰,۳۲۸	۰,۱۵۶	۰,۳۴۴
سقوط اشیا به دلیل ضعف واحد HSE در آموزش ارگونومی	۰,۵۰۰	۰,۲۵۰	۰,۰۶۳	۰,۲۷۱

با توجه به پاسخ خبرگان به سؤالات پرسشنامه در زمینه ی احتمال کشف هر رویداد پایه در حادثه ی برخورد شیء در جدول ۴-۱۸ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۸- احتمال کشف هر رویداد پایه در حادثه ی برخورد شیء

ریسک اصلی	U	M	L	L+M+U/3
برخورد شی به دلیل لیز بودن سطح کار	۰,۷۳۴	۰,۵۰۰	۰,۲۶۶	۰,۵۰۰
برخورد شی به دلیل بی توجهی اپراتور	۰,۶۷۲	۰,۴۳۸	۰,۲۱۹	۰,۴۴۳
برخورد شی به دلیل خستگی و فشار کاری بالا	۰,۷۹۷	۰,۵۷۸	۰,۳۴۴	۰,۵۷۳
برخورد شی به دلیل قرا گرفتن در مکان نایمن	۰,۷۹۷	۰,۵۶۳	۰,۳۱۳	۰,۵۵۷
برخورد شی به دلیل ضعف مدیریتی و عدم خرید مواد اولیه با کیفیت مناسب	۰,۶۰۹	۰,۳۵۹	۰,۱۵۶	۰,۳۷۵
برخورد شی به دلیل عدم دقت اپراتور در برش ورق اولیه به ورق هایی با ضخامت پایین تر	۰,۶۶۷	۰,۴۳۳	۰,۲۰۰	۰,۴۳۳
برخورد شی به دلیل عدم خط کشی و مشخص کردن مناطق خطر	۰,۶۴۱	۰,۳۹۱	۰,۱۸۸	۰,۴۰۶
برخورد شی به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل	۰,۷۰۳	۰,۴۶۹	۰,۲۵۰	۰,۴۷۴
برخورد شی به دلیل تنظیم نبودن دستگاه	۰,۶۷۲	۰,۴۵۳	۰,۲۵۰	۰,۴۵۸
برخورد شی به دلیل عدم آموزش پرسنل پیمانکار	۰,۶۵۶	۰,۴۵۳	۰,۲۸۱	۰,۴۶۴
برخورد شی به دلیل خطای اپراتور و برش تخته چوبی با سنگ فرز	۰,۶۷۲	۰,۴۳۸	۰,۲۶۶	۰,۴۵۸
برخورد شی به دلیل عدم دید کافی اپراتور اتاق کنترل و ناهماهنگی بین اپراتور اتاق کنترل و اپراتور تنظیم کننده خط تولید	۰,۷۱۹	۰,۵۱۶	۰,۲۹۷	۰,۵۱۰
برخورد شی به دلیل قرار گرفتن در مکان نایمن	۰,۷۱۹	۰,۵۱۶	۰,۳۱۳	۰,۵۱۶
برخورد شی به دلیل خستگی به علت گرما و تایم کاری زیاد	۰,۷۹۷	۰,۵۹۴	۰,۳۵۹	۰,۵۸۳
برخورد شی به دلیل تنظیم نبودن و عدم بازرسی دوره ای دستگاه ها خط تولید	۰,۵۸۳	۰,۳۳۳	۰,۱۶۷	۰,۳۶۱

با توجه به پاسخ خبرگان به سؤالات پرسشنامه در زمینه ی احتمال کشف هر رویداد پایه در حادثه ی گیر کردن بین دو شیء در جدول ۴-۱۹ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۱۹- احتمال کشف هر رویداد پایه در حادثه ی گیر کردن بین دو شیء

L+M+U/3	L	M	U	ریسک اصلی
۰,۴۲۶	۰,۲۲۲	۰,۴۱۷	۰,۶۳۹	گیر کردن بین دو شی به دلیل نداشتن تمرکز به علت گرما، خستگی، فشار کاری ، تایم کاری بالا و کمبود نیرو
۰,۴۴۴	۰,۲۵۰	۰,۴۳۱	۰,۶۵۳	گیر کردن بین دو شی به دلیل کمبود مهارت و تجربه کاری
۰,۴۲۱	۰,۲۲۲	۰,۴۰۳	۰,۶۳۹	گیر کردن بین دو شی به دلیل عدم وجود تجهیزات مناسب جهت آزاد کردن میلگرد
۰,۴۱۷	۰,۲۰۸	۰,۴۰۳	۰,۶۳۹	گیر کردن بین دو شی به دلیل عدم توجه اپراتور به نکات ایمنی
۰,۴۱۷	۰,۲۲۲	۰,۴۰۳	۰,۶۲۵	گیر کردن بین دو شی به دلیل بی احتیاطی اپراتور
۰,۴۳۵	۰,۲۳۶	۰,۴۳۱	۰,۶۳۹	گیر کردن بین دو شی به دلیل انجام کار غیر مرتبط با تخصص فرد
۰,۴۱۲	۰,۲۰۸	۰,۴۰۳	۰,۶۲۵	گیر کردن بین دو شی به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل
۰,۴۱۷	۰,۲۰۸	۰,۴۱۷	۰,۶۲۵	گیر کردن بین دو شی به دلیل شرایط کاری سخت و شرایط نامناسب ارگونومی
۰,۴۰۷	۰,۱۹۴	۰,۴۰۳	۰,۶۲۵	گیر کردن بین دو شی به دلیل عجله و عدم هماهنگی بین پرسنل هنگام خارج کردن شمش فولادی
۰,۴۶۳	۰,۲۳۶	۰,۴۷۲	۰,۶۸۱	گیر کردن بین دو شی به دلیل عبور از مسیر غیر ایمن
۰,۲۵۵	۰,۰۸۳	۰,۲۲۲	۰,۴۵۸	گیر کردن بین دو شی به دلیل ضعف مدیریتی و عدم خط کشی مناطق ناایمن
۰,۴۹۵	۰,۲۹۲	۰,۴۸۶	۰,۷۰۸	گیر کردن بین دو شی به دلیل قرار دادن دست در مکان ناایمن شاهین جرثقیل
۰,۳۹۲	۰,۱۶۷	۰,۳۹۷	۰,۶۱۱	گیر کردن بین دو شی به دلیل نداشتن محل ایمن جهت گرفتن و هدایت شاهین جرثقیل
۰,۴۵۸	۰,۲۵۰	۰,۴۵۸	۰,۶۶۷	گیر کردن بین دو شی به دلیل بی احتیاطی اپراتور و جابجایی ضایعات با دست
۰,۴۳۵	۰,۲۳۶	۰,۴۳۱	۰,۶۳۹	گیر کردن بین دو شی به دلیل بی نظمی در محیط کار
۰,۴۱۲	۰,۲۰۸	۰,۴۰۳	۰,۶۲۵	گیر کردن بین دو شی به دلیل نداشتن حفاظ
۰,۳۴۳	۰,۱۵۳	۰,۳۱۹	۰,۵۵۶	گیر کردن بین دو شی به دلیل ضعف مدیریتی و عدم تعهد به الزامات HSE

۴-۷- احتمال شناسایی / کشف حوادث در محیط فازی چقدر است ؟

با توجه به نظر خبرگان و محاسبات انجام شده در محیط فازی احتمال کشف رخدادهای سقوط از

ارتفاع در جدول ۴-۲۰ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۲۰- احتمال کشف رخداد سقوط از ارتفاع

کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای میانی	رویداد میانی (احتمال کشف)	رویداد اصلی (احتمال کشف)
A1,1(390625) A1,2(489583)	عدم نظارت واحد HSE و عدم تعهد واحد آهنگری به الزامات HSE	A1(191243)	حفاظ نداشتن کانال	سقوط به داخل کانال (A) (.887713)	سقوط از ارتفاع (.986912)
A2,1(544444) A2,2(442708) A2,3(453125)	عدم خرید حفاظ مناسب توسط مدیریت خطای اپراتور و عدم جاگذاری صحیح حفاظ عدم آموزش کافی پرسنل	A2(861160)	نامناسب بودن حفاظ کانال		
B1,1(385417) B1,2(375)	عدم دقت و تعهد در ساخت تجهیزات ایمن عدم نظارت واحد HSE	B1(144531)	لق بودن چهار پایه مورد استفاده		
B2,1(583333) B2,2(633333)	عدم استفاده از سطوح ایمن و آجدار جهت ساخت پله بی احتیاطی و عجله در هنگام تردد	B2(369444)	لیز بودن سطح پله ها	سقوط از سطح کار (B) (.88129)	
B3,1(369792) B3,2(411458) B3,3(544792) B3,4(526042)	عدم تعهد پرسنل در انجام کار اصولی و عدم استفاده از تجهیزات ایمن ضعف مدیریتی و عدم اختصاص تایم مناسب جهت انجام تعمیرات و بازرسی های دوره ای عدم نظارت واحد HSE	B3 (.043605)	شکستن پایه سطح کار		

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

رویداد اصلی (احتمال کشف)	رویداد میانی (احتمال کشف)	کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته (احتمال کشف)
	ناایمن بودن سطح انجام کار	B4(.769987)	عدم آموزش کافی پرسنل و به کارگیری نیروی غیر تخصصی در کارهای غیر مرتبط یا نداشتن مهارت در انجام کار و طراحی نامناسب محیط کار	B4,1(.421875) B4,2(.601984)
			ضعف مدیریتی و کافی نبودن تعداد پرسنل جهت انجام کار و خستگی پرسنل به علت گرمادگی و عجله در کار	B5,1(.601984) B5,2(.578125)
	سقوط از روی وسایل نقلیه (018164)	عجله و بی احتیاطی اپراتور	C1(.181641)	عدم مهارت در انجام کار و عدم آموزش کافی پرسنل عدم وجود مسیر ایمن جهت تردد بر روی ماشین آلات بارگیری

با توجه به نظر خبرگان و محاسبات انجام شده در محیط فازی احتمال کشف رخدادهای سقوط اشیاء در جدول ۴-۲۱ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۲۱- احتمال کشف رخداد سقوط اشیاء

کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای میانی	رویداد میانی (احتمال کشف)	رویداد اصلی (احتمال کشف)
K1(.4583)	نامناسب قرار دادن شی روی سطح کار	سقوط شی از روی سطح کار (K) (.7885)	سقوط اشیا (97)
K2(.3593)	عدم آموزش کافی اپراتور		
K3(.3906)	بسته بندی نامناسب مواد اولیه		
M1(.4479)	خطای اپراتور	(M)سقوط اشیا معلق (.1819)	
M2(.4062)	نامناسب بودن وسایل باربرداری		
N1(.4479)	خطای اپراتور	سقوط قطعه در حال تعمیر (N) (.8231)	
N2(.359375)	عدم آموزش کافی پرسنل		
N3(.5)	سخت بودن شرایط کار		
P1(.4218)	نامناسب بودن وسایل حفاظت فردی	سقوط شی هنگام حمل دستی بار (P) (.0196)	
P2(.5)	عدم وجود محل مناسب جهت گرفتن قطعه و حمل آن		
P3(.3437)	ضعف مدیریتی و انجام کار غیر ایمن		
P4(.2708)	در آموزش ارگونومی HSE ضعف واحد		

با توجه به نظر خبرگان و محاسبات انجام شده در محیط فازی احتمال کشف رخدادهای برخورد شیء در جدول ۴-۲۲ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۲۲- احتمال کشف رخداد برخورد شیء

کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای میانی	رویداد میانی (احتمال کشف)	رویداد اصلی (احتمال کشف)
D1,1(.5)	لیز بودن سطح کار	D1(.2215)	طراحی نامناسب	آزاد شدن و برخورد شی تحت فشار(D) (.000087)	برخورد شی (0.3265)
D1,2(.44271)	بی توجهی اپراتور		قسمت بسته بندی		
D2,1(.57292)	خستگی و فشار کاری بالا	D2(.31928)	خطای اپراتور		
D2,2(.55729)	قرا گرفتن در مکان ناایمن		هنگام بستن تسمه اطراف بسته پروفیل		
D3,1(.375)	ضعف مدیریتی و عدم خرید مواد اولیه با کیفیت مناسب	D3(.64583)	نامناسب بودن بسته بندی ورق برش خورده جهت تولید		
D3,2(.43333)	عدم دقت اپراتور در برش ورق اولیه به ورق هایی با ضخامت پایین تر				
D4,1(.40625)	عدم خط کشی و مشخص کردن مناطق خطر	D4(.19255)	ایستادن در مکان های ناایمن		
D4,2(.47396)	عدم آموزش کافی پرسنل				
D5,1(.45833)	تنظیم نبودن دستگاه	D5(.21723)	برش ناقص اره پروفیل بر و		

نتایج و تفسیر آن ها

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای میانی	رویداد میانی (احتمال کشف)	رویداد اصلی (احتمال کشف)
D5,2	عدم انجام بازرسی های دوره ای		پرتاب قوطی پروفیل		
D6,1(.46354)	عدم آموزش پرسنل پیمانکار	D6(.21246)	برخورد صفحه سنگ		
D6,2(.45833)	خطای اپراتور و برش تخته چوبی با سنگ فرز عدم دید کافی اپراتور اتاق کنترل				
D7,1(.51042)	ناهماهنگی بین اپراتور اتاق کنترل و اپراتور تنظیم کننده خط تولید	D7(.24192)	برخورد میلگرد		
D7,2(.47396)	عدم آموزش کافی پرسنل				
E1,1(.51563)	قرار گرفتن در مکان نایمن	E1(.24438)	بی توجهی اپراتور	برخورد شی معلق (E) (0.2444)	
E1,2(.47396)	عدم آموزش کافی پرسنل				

نتایج و تفسیر آن ها

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته (احتمال کشف)	رویدادهای میانی	رویداد میانی (احتمال کشف)	رویداد اصلی (احتمال کشف)
F1,1(.51563)	قرار گرفتن در مکان نایمن	F1(0.10862)	خارج شدن میلگرد داغ از خط تولید	برخورد جسم داغ (F) (0.1086)	
F1,2(.58333)	خستگی به علت گرما و تایم کاری زیاد				
F1,3(.36111)	تنظیم نبودن و عدم بازرسی دوره ای دستگاه ها خط تولید				

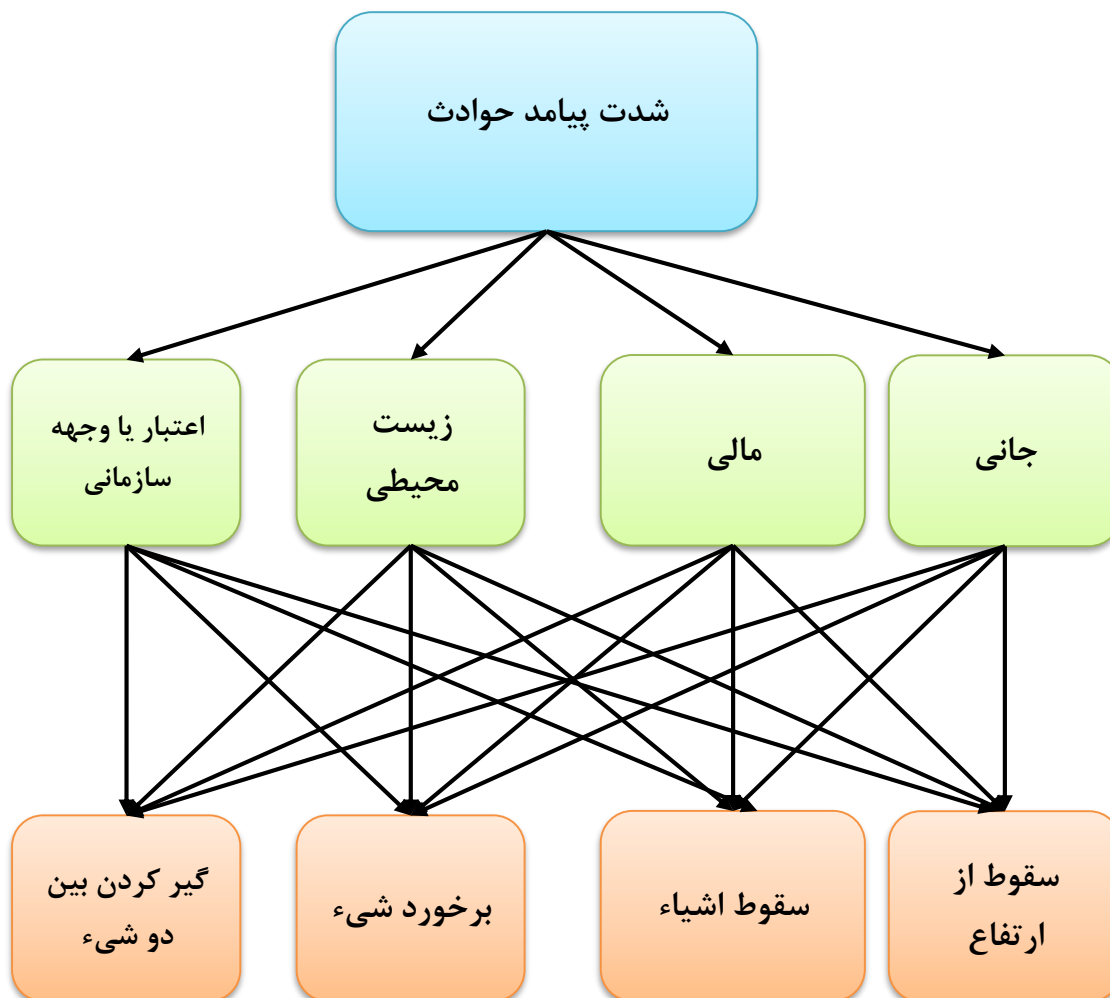
با توجه به نظر خبرگان و محاسبات انجام شده در محیط فازی احتمال کشف رخدادهای گیر کردن بین دو شیء در جدول ۴-۲۳ نمایش داده شده است.

کد اختصاص یافته(احتمال کشف)	رویدادهای پایه	کد اختصاص یافته(احتمال کشف ۹)	رویدادهای میانی	رویداد میانی(احتمال کشف)	رویداد اصلی(احتمال کشف)
G1,1(.4259) G1,2(.4120) G1,3(.4444) G1,4(.4212) G1,5(.4166)	نداشتن تمرکز به علت گرما، خستگی، فشار کاری ، تایم کاری بالا و کمبود نیرو عدم آموزش مدیران، سرپرستان و پرسنل کمبود مهارت و تجربه کاری عدم وجود تجهیزات مناسب جهت آزاد کردن میلگرد عدم توجه اپراتور به نکات ایمنی	G1(.0136)	گیر کردن بین بسته میلگرد و میلگرد گیر کرده به دستگاه	گیر کردن بین یک شی ثابت و یک شی متحرک (G) (.8344)	گیر کردن بین دوشی (.9360)
G2,1(.4444) G2,2(.4166)	کمبود مهارت و تجربه کاری بی احتیاطی اپراتور	G2(.1851)	گیر کردن بین جک و شاسی		
G3,1(.4351) G3,2(.4120) G3,3(.4166) G3,4(.4074)	انجام کار غیر مرتبط با تخصص فرد عدم آموزش کافی پرسنل شرایط کاری سخت و شرایط نامناسب ارگونومی عجله و عدم هماهنگی بین پرسنل هنگام خارج کردن شمش فولادی	G3(.0304)	گیر کردن بین سقف کوره و شمش خروجی از کوره		
G4,1(.4120) G4,2(.4166) G4,3(.4629)	عدم آموزش کافی پرسنل بی احتیاطی پرسنل عبور از مسیر غیر ایمن	G4(.0794)	گیر کردن بین شمش فولادی		
G5,1(.2546) G5,2(.4166) G5,3(.4120)	ضعف مدیریتی و عدم خط کشی مناطق ناایمن بی احتیاطی اپراتور و عبور از مسیر ناایمن عدم آموزش کافی پرسنل	G5(.0437)	گیر کردن بین ورق فولادی و غلطک دستگاه ورق بر		
G6,1(.4953) G6,2(.3916)	قرار دادن دست در مکان ناایمن شاهین جرثقیل نداشتن محل ایمن جهت گرفتن و هدایت شاهین جرثقیل	G6(.6929)	گیر کردن بین ورق فولادی و شاهین جرثقیل		
G7,1(.4120) G7,2(.4583) G7,3(.4351) G7,4(.4259)	عدم آموزش تخصصی پرسنل بی احتیاطی اپراتور و جابجایی ضایعات با دست بی نظمی در محیط کار خستگی و تایم کاری زیاد در مشاغل سخت و زیان آور	G7(.0350)	گیر کردن بین مگنت جرثقیل و ضایعات لوله		
G8,1(.4120) G8,2(.4120)	نداشتن حفاظ عدم آموزش کافی پرسنل	G8(.1697)	گیر کردن به قسمت میکسر دستگاه	گیر کردن بین دوشی متحرک	
H1,1(.3425) H1,2(.4120)	ضعف مدیریتی و عدم تعهد به الزامات HSE یا نداشتن حفاظ	H1(.6134)	گیر کردن بین چرخ دنده وزنجر		

۴-۸- آیا می توان از معیارهای شدت پیامد حوادث نمودار سلسله مراتبی

تهیه کرد؟

در گام نخست معیارهای مطالعه شناسائی و انتخاب شد. معیارهای اصلی مطالعه عبارتند از: جانی، مالی، زیست محیطی و اعتبار یا وجهه سازمانی. در مجموع ۴ گزینه شامل سقوط از ارتفاع، سقوط اشیاء، برخورد شیء و گیر کردن بین دو شیء به عنوان گزینه های تحقیق شناسائی شده است. در گام نخست برای شناسائی معیارها از بررسی حوادث پیشین و نظر سنجی خبرگان با استفاده از پرسشنامه ی دلفی استفاده شده است. با تعیین معیارها و گزینه ها نمودار سلسله مراتبی تحقیق حاضر به صورت شکل ۴-۷ نمایش داده می شود:



شکل ۴-۷- نمودار سلسله مراتبی شدت پیامد حوادث

همچنین معیارها با اندیس عددی بصورت جدول ۴-۲۴ نامگذاری شده‌اند تا در جریان تحقیق به سادگی قابل ردیابی و مطالعه باشد.

جدول ۴-۲۴- معیارهای تحقیق

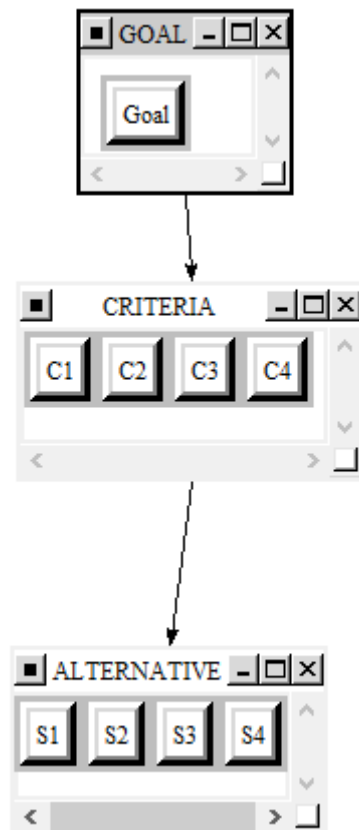
نماد	معیار
C1	جانی
C2	مالی
C3	زیست محیطی
C4	اعتبار یا وجهه سازمانی

از سوی دیگر گزینه ها (حوادث مورد بررسی در تحقیق) را با اندیس عددی بصورت جدول ۴-۲۵ نامگذاری شده‌اند تا در جریان تحقیق به سادگی قابل ردیابی و مطالعه باشد.

جدول ۴-۲۵- گزینه های تحقیق (حوادث مورد بررسی)

نماد	حادثه
S1	سقوط از ارتفاع
S2	سقوط اشیاء
S3	برخورد شیء
S4	گیر کردن بین دو شیء

بر این اساس با تعیین معیارها و گزینه ها و تعیین کردن روابط بین آن ها نمودار سلسله مراتبی در نرم افزار سوپردسیژن به صورت ۴-۸ نمایش داده می شود.



شکل ۴-۸- نمودار سلسله مراتبی شدت پیامد حوادث در نرم افزار سوپردسیژن

۴-۹- رتبه بندی حوادث بر اساس شدت پیامد هر حادثه با استفاده از

ماتریس مقایسه های زوجی چگونه است ؟

همانطور که گفته شد، در ابتدا اولویت عناصر مدل با استفاده از تکنیک AHP تعیین شد. در این پژوهش برای تعیین وزن معیارها و گزینه های مدل از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) استفاده شده است. مراحل انجام تحلیل به صورت زیر است:

- ۱- اولویت بندی معیارهای اصلی براساس هدف از طریق مقایسه زوجی
- ۳- اولویت بندی هریک از گزینه ها (حوادث) بر اساس هر معیار از طریق مقایسه زوجی
- ۴- محاسبه وزن نهایی گزینه ها (حوادث)
- به این ترتیب اولویت نهایی گزینه ها (حوادث) مشخص شده است.

۴-۹-۱- تعیین اولویت معیارهای اصلی براساس هدف

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

برای انجام تحلیل سلسله مراتبی نخست معیارهای اصلی براساس هدف بصورت زوجی مقایسه شده‌اند. مقایسه زوجی بسیار ساده است و تمامی عناصر هر خوشه باید به صورت دو به دو مقایسه شوند. بنابراین اگر در یک خوشه n عنصر وجود داشته باشد $\frac{n(n-1)}{2}$ مقایسه صورت خواهد گرفت. چون ۴ معیار وجود دارد بنابراین تعداد مقایسه‌های انجام شده برابر است با:

$$\frac{n(n-1)}{2} = \frac{4(4-1)}{2} = 6$$

بنابراین ۶ مقایسه زوجی از دیدگاه گروهی از خبرگان انجام شده است. دیدگاه خبرگان با استفاده از مقیاس فازی کمی شده است. ابتدا دیدگاه خبرگان با طیف نه درجه ساعتی گردآوری شده است. سپس دیدگاه خبرگان فازی سازی شده است. برای تجمیع دیدگاه خبرگان در روش AHP فازی از روش میانگین هندسی استفاده شده است. با توجه به نتایج حاصل از تجمیع دیدگاه خبرگان ماتریس مقایسه زوجی به صورت جدول ۴-۲۶ قابل ارائه است.

جدول ۴-۲۶- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی پژوهش

	C4			C3			C2			C1			
C1	۳,۳۸۱	۳,۷۸۵	۴,۲۶۹	۵,۱۷۰	۵,۷۲۴	۶,۱۸۵	۵,۸۶۸	۶,۰۴۳	۶,۲۲۵	۱	۱	۱	
C2	۰,۶۷۲	۰,۷۴۷	۰,۸۳۷	۱,۰۱۹	۱,۱۴۱	۱,۲۷۸	۱	۱	۱	۰,۱۶۱	۰,۱۶۵	۰,۱۷۰	
C3	۰,۸۹۸	۱,۰۷۲	۱,۲۸۳	۱	۱	۱	۰,۴۳۳	۰,۸۷۶	۰,۷۲۶	۰,۱۶۲	۰,۱۷۵	۰,۱۹۳	
C4	۱	۱	۱	۰,۷۷۹	۰,۹۳۲	۱,۱۱۴	۱,۱۹۴	۱,۳۳۹	۱,۴۸۹	۰,۲۳۴	۰,۲۶۴	۰,۲۹۶	

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی بدست آمده، جمع فازی هر سطر محاسبه می‌شود. بنابراین بسط

فازی ترجیحات هریک از معیارهای اصلی به صورت زیر خواهد بود:

به عنوان نمونه بسط فازی معیار C1 قابل مشاهده می باشد:

$$\text{بسط فازی سطر ۱} \quad (1, 1, 1) \oplus (5,868, 6,043, 6,225) \oplus (5,170, 5,724, 6,185) \oplus (3,381, 3,785, 4,269) = (15,42, 16,55, 17,68)$$

بنابراین بسط فازی ترجیحات هریک از معیارهای اصلی به صورت زیر خواهد بود:

$$\sum_{j=1}^4 M_{g1}^j = (15,42, 16,55, 17,68)$$

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

$$\begin{aligned}\sum_{j=2}^4 M_{g2}^j &= (2,85, 3,05, 3,29) \\ \sum_{j=3}^4 M_{g3}^j &= (2,49, 3,12, 3,20) \\ \sum_{j=4}^4 M_{g4}^j &= (3,21, 3,54, 3,90)\end{aligned}$$

مجموع عناصر ستون ترجیحات معیارهای اصلی به صورت زیر خواهد بود:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 M_g^j = (23.97, 26.26, 28.07)$$

برای نرمال سازی ترجیحات هر معیار، باید مجموع مقادیر آن معیار بر مجموع تمامی ترجیحات (عناصر ستون) تقسیم شود. چون مقادیر فازی هستند بنابراین جمع فازی هر سطر در معکوس مجموع ضرب می شود. معکوس مجموع باید محاسبه شود.

$$F_1^{-1} = (1/u_1, 1/m_1, 1/l_1)$$

$$(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_g^j)^{-1} = (0,036, 0,038, 0,042)$$

$$S_k = \sum_{i=1}^n M * (\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n M_g^j)^{-1}$$

هریک از مقادیر بدست آمده وزن فازی و نرمال شده مربوط به معیارهای اصلی هستند. در گام نهایی فازی زدائی مقادیر بدست و محاسبات عدد کریسپ صورت گرفته است. محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت معیارهای اصلی به صورت جدول ۴-۲۷ است:

جدول ۴-۲۷- فازی زدائی اوزان نرمال محاسبه شده متغیرهای اصلی مطالعه

Normal	Deffuzy	X3max	X2max	X1max	Crisp
۰,۶۳۲	۰,۶۳۹	۰,۶۳۵	۰,۶۳۷	۰,۶۳۹	جانی
۰,۱۱۷	۰,۱۱۸	۰,۱۱۷	۰,۱۱۸	۰,۱۱۸	مالی
۰,۱۱۵	۰,۱۱۶	۰,۱۱۶	۰,۱۱۵	۰,۱۱۴	زیست محیطی
۰,۱۳۶	۰,۱۳۷	۰,۱۳۶	۰,۱۳۷	۰,۱۳۷	اعتبار یا وجهه سازمانی

براساس جدول ۴-۲۷ بردار ویژه اولویت معیارهای اصلی به صورت W_{21} خواهد بود.

$$W_{21} = \begin{pmatrix} 0,632 \\ 0,117 \\ 0,115 \\ 0,136 \end{pmatrix}$$

براساس بردار ویژه بدست آمده:

جانی با وزن نرمال ۰/۶۳۲ از بیشترین اولویت برخوردار است.
اعتبار یا وجهه سازمانی با وزن نرمال ۰/۱۳۶ در اولویت دوم قرار دارد.
مالی با وزن نرمال ۰/۱۱۷ در اولویت سوم قرار دارد.
زیست محیطی با وزن نرمال ۰/۱۱۵ از کمترین اولویت برخوردار است.

C1		0.63200
C2		0.11700
C3		0.11500
C4		0.13600

شکل ۴-۹- نمایش گرافیکی اولویت معیارهای اصلی پژوهش

نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۱۳ بدست آمده است که کوچکتر از ۰/۱ می‌باشد و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

۴-۹-۲- مقایسه و تعیین اولویت گزینه ها (حوادث)

در گام دوم از تکنیک AHP حوادث با در نظر گرفتن هر معیار بصورت زوجی مقایسه شده‌اند.

۴-۹-۲-۱- مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار جانی

ابتدا محاسبات انجام شده برای فازی سازی میانگین دیدگاه کارشناسان جهت تعیین اولویت حوادث با در نظر گرفتن معیار جانی ارائه شده است. ماتریس مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار جانی در جدول ۴-۲۸ ارائه شده است.





جدول ۴-۲۸- ماتریس مقایسه زوجی جانی

S14			S13			S12			S11			
۰,۸۵۴	۱,۰۳۶	۱,۱۹۱	۰,۷۶۵	۰,۹۳۱	۱,۰۷۹	۱,۶۷۰	۱,۸۵۹	۲,۰۶۰	۱	۱	۱	S11
۰,۴۲۷	۰,۵۴۸	۰,۶۰۹	۰,۵۱۰	۰,۵۷۹	۰,۶۸۰	۱	۱	۱	۰,۴۸۵	۰,۵۳۸	۰,۵۹۹	S12
۱,۳۸۹	۱,۶۳۴	۱,۹۱۳	۱	۱	۱	۰,۴۳۳	۱,۷۲۶	۰,۷۲۶	۰,۹۲۶	۱,۰۷۵	۱,۳۰۶	S13
۱	۱	۱	۰,۵۲۳	۰,۶۱۲	۰,۷۲۰	۱,۶۴۲	۱,۸۲۳	۲,۳۴۳	۰,۸۳۹	۰,۹۶۶	۱,۱۷۲	S14

پس از تشکیل ماتریس مقایسه های زوجی بدست آمده، جمع فازی هر سطر محاسبه می شود. نظر به طولانی بودن عملیات فازی نتایج نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان جانی در جدول ۴-۲۹ ارائه شده است:

جدول ۴-۲۹- مقادیر فازی زدایی شده جانی

Normal	Deffuzy	X3max	X2max	X1max	Crisp
۰,۲۸۳	۸۲,۴۲۵	۸۲,۴۲۵	۸۱,۸۳۲	۸۱,۲۳۸	سقوط از ارتفاع
۰,۱۵۶	۴۵,۴۸۳	۴۵,۴۸۳	۴۵,۱۳۲	۴۴,۷۸۲	سقوط اشیاء
۰,۲۹۸	۸۶,۹۷۷	۸۶,۹۷۷	۸۳,۳۸۵	۷۹,۷۹۲	برخورد شیء
۰,۲۶۳	۷۶,۸۲۸	۷۶,۵۴۳	۷۶,۶۸۵	۷۶,۸۲۸	گیر کردن بین دو شیء

S1		0.28300
S2		0.15600
S3		0.29800
S4		0.26300

شکل ۴-۱۰- مقادیر فازی زدایی شده اوزان جانی

براساس بردار ویژه بدست آمده با در نظر گرفتن معیار جانی:
 برخورد شیء با وزن نرمال ۰/۲۹۸ از بیشترین اولویت برخوردار است.
 سقوط از ارتفاع با وزن نرمال ۰/۲۸۳ در اولویت دوم قرار دارد.
 گیر کردن بین دو شیء با وزن نرمال ۰/۲۶۳ در اولویت سوم قرار دارد.
 سقوط اشیاء با وزن نرمال ۰/۱۵۶ از کمترین اولویت برخوردار است.

نرخ ناسازگاری مقایسه های انجام شده ۰/۰۱۱ بدست آمده است که کوچکتر از ۰/۱ می باشد و بنابراین می توان به مقایسه های انجام شده اعتماد کرد.

۴-۹-۲- مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار مالی

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

ابتدا محاسبات انجام شده برای فازی سازی میانگین دیدگاه کارشناسان جهت تعیین اولویت حوادث با در نظر گرفتن معیار مالی ارائه شده است. ماتریس مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار مالی در جدول ۴-۳۰ ارائه شده است.

جدول ۴-۳۰- ماتریس مقایسه زوجی مالی

S24			S23			S22			S21			
۱,۱۸۷	۱,۴۰۳	۱,۶۲۶	۰,۳۹۰	۰,۸۱۰	۰,۹۶۱	۲,۳۷۵	۲,۷۸۰	۳,۱۹۳	۱	۱	۱	S21
۰,۴۹۶	۰,۵۸۶	۰,۶۹۴	۰,۲۳۸	۰,۳۰۵	۰,۳۵۶	۱	۱	۱	۰,۳۱۳	۰,۳۶۰	۰,۴۲۱	S22
۱,۰۹۵	۱,۳۰۲	۱,۵۰۷	۱	۱	۱	۰,۴۳۳	۳,۲۷۸	۰,۷۲۶	۱,۰۴۰	۱,۲۳۴	۲,۵۶۵	S23
۱	۱	۱	۰,۶۶۴	۰,۷۶۸	۰,۹۱۳	۱,۴۴۱	۱,۷۰۶	۲,۰۱۶	۰,۶۱۵	۰,۷۱۳	۰,۸۴۲	S24

پس از تشکیل ماتریس مقایسه های زوجی بدست آمده، جمع فازی هر سطر محاسبه می شود. نظر به طولانی بودن عملیات فازی نتایج نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان مالی در جدول ۴-۳۱ ارائه شده است:

جدول ۴-۳۱- مقادیر فازی زدایی شده مالی

Normal	Deffuzy	X3max	X2max	X1max	Crisp
۰,۳۲۷	۰,۳۴۵	۰,۳۲۸	۰,۳۳۷	۰,۳۴۵	سقوط از ارتفاع
۰,۱۲۴	۰,۱۳۱	۰,۱۲۴	۰,۱۲۸	۰,۱۳۱	سقوط اشیاء
۰,۳۱۶	۰,۳۳۴	۰,۳۳۴	۰,۳۲۳	۰,۳۱۳	برخورد شیء
۰,۲۳۳	۰,۲۴۶	۰,۲۳۲	۰,۲۳۹	۰,۲۴۶	گیر کردن بین دو شیء

S1	<div></div>	0.32700
S2	<div></div>	0.12400
S3	<div></div>	0.31600
S4	<div></div>	0.23300

شکل ۴-۱۱- مقادیر فازی زدایی شده اوزان مالی

براساس بردار ویژه بدست آمده با در نظر گرفتن معیار مالی:
 سقوط از ارتفاع با وزن نرمال ۰/۳۲۷ از بیشترین اولویت برخوردار است.
 برخورد اشیاء با وزن نرمال ۰/۳۱۶ در اولویت دوم قرار دارد.
 گیر کردن بین دو شیء با وزن نرمال ۰/۲۳۳ در اولویت سوم قرار دارد.

سقوط اشیاء با وزن نرمال ۰/۱۲۴ از کمترین اولویت برخوردار است.

نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۰۶ بدست آمده است که کوچکتر از ۰/۱ می‌باشد و بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

۴-۹-۲-۳- مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار زیست محیطی

ابتدا محاسبات انجام شده برای فازی سازی میانگین دیدگاه کارشناسان جهت تعیین اولویت حوادث با در نظر گرفتن معیار زیست محیطی ارائه شده است. ماتریس مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار زیست محیطی در جدول ۴-۳۲ ارائه شده است.

جدول ۴-۳۲- ماتریس مقایسه زوجی زیست محیطی

S34			S33			S32			S31			
۲,۴۹۱	۳,۱۲۶	۳,۷۱۶	۲,۰۰۱	۲,۵۷۶	۳,۱۴۵	۲,۵۲۱	۳,۰۴۱	۳,۵۹۸	۱	۱	۱	S31
۰,۸۶۰	۱,۰۱۴	۱,۲۲۳	۰,۹۲۶	۱,۱۰۰	۱,۳۰۱	۱	۱	۱	۰,۲۷۸	۰,۳۲۹	۰,۳۹۷	S32
۱,۴۲۹	۱,۵۹۸	۱,۷۷۵	۱	۱	۱	۰,۴۳۳	۰,۹۰۹	۰,۷۲۶	۰,۳۱۸	۰,۳۸۸	۰,۵۰۰	S33
۱	۱	۱	۰,۵۶۳	۰,۶۲۶	۰,۷۰۰	۰,۸۱۷	۰,۹۸۶	۱,۱۶۳	۰,۲۶۹	۰,۳۲۰	۰,۴۰۱	S34

پس از تشکیل ماتریس مقایسه‌های زوجی بدست آمده، جمع فازی هر سطر محاسبه می‌شود. نظر به طولانی بودن عملیات فازی نتایج نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان زیست محیطی در جدول ۴-۳۳ ارائه شده است:

جدول ۴-۳۳- مقادیر فازی زدایی شده زیست محیطی

Normal	Deffuzy	X3max	X2max	X1max	Crisp
۰,۴۹۱	۰,۵۰۶	۰,۴۹۶	۰,۵۰۱	۰,۵۰۶	سقوط از ارتفاع
۰,۱۷۴	۰,۱۸۰	۰,۱۷۶	۰,۱۷۸	۰,۱۸۰	سقوط اشیاء
۰,۱۸۷	۰,۱۹۳	۰,۱۹۳	۰,۱۹۲	۰,۱۹۱	برخورد شیء
۰,۱۴۸	۰,۱۵۲	۰,۱۴۹	۰,۱۵۱	۰,۱۵۲	گیر کردن بین دو شیء

S1		0.49000
S2		0.17200
S3		0.19100
S4		0.14700

شکل ۴-۱۲- مقادیر فازی زدایی شده اوزان زیست محیطی

براساس بردار ویژه بدست آمده با در نظر گرفتن معیار زیست محیطی:

سقوط از ارتفاع با وزن نرمال ۰/۴۹۱ از بیشترین اولویت برخوردار است.

برخورد شیء با وزن نرمال ۰/۱۸۷ در اولویت دوم قرار دارد.

سقوط اشیاء با وزن نرمال ۰/۱۷۴ در اولویت سوم قرار دارد.

گیر کردن بین دو شیء با وزن نرمال ۰/۱۴۸ از کمترین اولویت برخوردار است.

نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده ۰/۰۱۱ بدست آمده است که کوچکتر از ۰/۱ می‌باشد و بنابراین

می‌توان به مقایسه‌های انجام شده اعتماد کرد.

۴-۹-۲-۳- مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن معیار اعتبار یا وجهه سازمانی

ابتدا محاسبات انجام شده برای فازی سازی میانگین دیدگاه کارشناسان جهت تعیین اولویت حوادث با در

نظر گرفتن معیار اعتبار یا وجهه سازمانی ارائه شده است. ماتریس مقایسه زوجی حوادث با در نظر گرفتن

معیار اعتبار یا وجهه سازمانی در جدول ۴-۳۴ ارائه شده است.

جدول ۴-۳۴- ماتریس مقایسه زوجی اعتبار یا وجهه سازمانی

S44			S43			S42			S41			
۲,۰۲۰	۳,۰۲۰	۲,۵۵۷	۱,۷۵۶	۲,۰۸۶	۲,۵۲۹	۱,۷۷۲	۲,۴۳۴	۲,۸۵۲	۱	۱	۱	S41
۰,۶۱۶	۰,۶۹۸	۰,۷۹۸	۰,۵۱۲	۰,۶۲۲	۰,۷۶۲	۱	۱	۱	۰,۳۵۱	۰,۴۱۱	۰,۵۶۴	S42
۰,۸۳۵	۰,۹۳۸	۱,۰۴۹	۱	۱	۱	۰,۴۳۳	۱,۶۰۹	۰,۷۲۶	۰,۳۹۵	۰,۴۷۹	۰,۵۷۰	S43
۱	۱	۱	۰,۹۵۳	۱,۰۶۶	۱,۱۹۸	۱,۲۵۴	۱,۴۳۲	۱,۶۲۴	۰,۳۹۱	۰,۳۳۱	۰,۴۹۵	S44

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

پس از تشکیل ماتریس مقایسه های زوجی بدست آمده، جمع فازی هر سطر محاسبه می شود. نظر به طولانی بودن عملیات فازی نتایج نتایج محاسبه مقادیر فازی زدایی شده اوزان اعتبار/ وجهه سازمانی در جدول ۴-۳۵ ارائه شده است:

جدول ۴-۳۵- مقادیر فازی زدایی شده اعتبار یا وجهه سازمانی

Normal	Deffuzy	X3max	X2max	X1max	Crisp
۰,۴۴۰	۰,۴۵۴	۰,۴۵۰	۰,۴۵۲	۰,۴۵۴	سقوط از ارتفاع
۰,۱۵۳	۰,۱۵۸	۰,۱۵۰	۰,۱۵۴	۰,۱۵۸	سقوط اشیاء
۰,۱۹۳	۰,۱۹۹	۰,۱۹۹	۰,۱۹۴	۰,۱۸۸	برخورد شیء
۰,۲۱۵	۰,۲۲۲	۰,۲۱۱	۰,۲۱۶	۰,۲۲۲	گیر کردن بین دو شیء

S1		0.43956
S2		0.15285
S3		0.19281
S4		0.21479

شکل ۴-۱۳- مقادیر فازی زدایی شده اوزان اعتبار یا وجهه سازمانی

براساس بردار ویژه بدست آمده با در نظر گرفتن معیار اعتبار یا وجهه سازمانی:

سقوط از ارتفاع با وزن نرمال ۰/۴۴۰ از بیشترین اولویت برخوردار است.

گیر کردن بین دو شیء با وزن نرمال ۰/۲۱۵ در اولویت دوم قرار دارد.

برخورد اشیاء با وزن نرمال ۰/۱۹۳ در اولویت سوم قرار دارد.

سقوط اشیاء با وزن نرمال ۰/۱۵۳ از کمترین اولویت برخوردار است.

نرخ ناسازگاری مقایسه های انجام شده ۰/۰۰۶ بدست آمده است که کوچکتر از ۰/۱ می باشد و بنابراین

می توان به مقایسه های انجام شده اعتماد کرد.

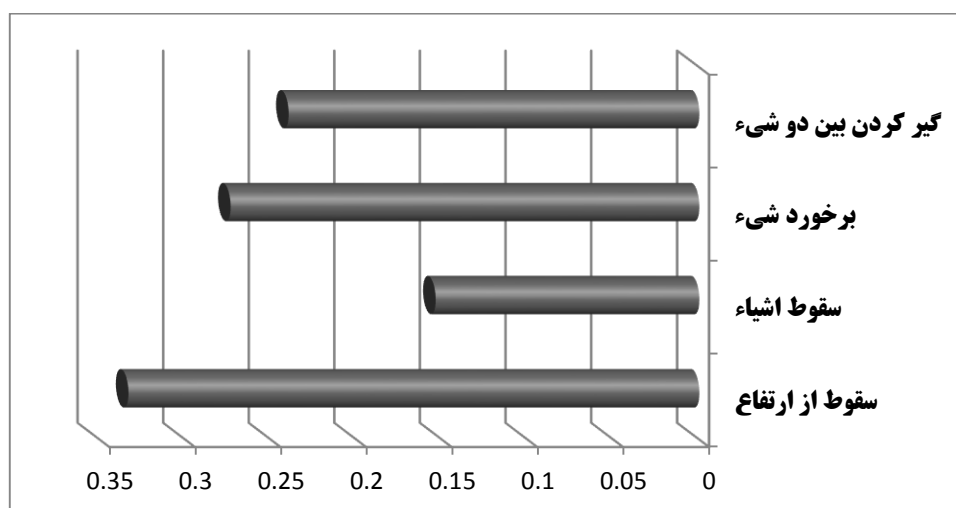
۴-۱۰- مهمترین حوادث براساس معیارهای شدت پیامد با استفاده از تحلیل

سلسله مراتبی فازی کدامند؟

در این گام اولویت نهائی حوادث بر اساس شدت پیامد با استفاده از نرم افزار سوپردسیژن محاسبه می شود. نتایج مقایسه حوادث بر اساس معیارهای تحقیق و اوزان مربوط به آنها ماتریس W2 را تشکیل می دهد و وزن معیارها W1 را تشکیل می دهد. نتایج محاسبه انجام شده و اوزان مربوط به حوادث در جدول ۴-۳۶ آمده است:

جدول ۴-۳۶- اولویت نهائی حوادث بر اساس شدت پیامد

رتبه بندی	وزن نهایی	نماد	
۱	۰,۳۳۳۲	S1	سقوط از ارتفاع
۴	۰,۱۵۳۷	S2	سقوط اشیاء
۲	۰,۲۷۳۵	S3	برخورد شیء
۳	۰,۲۳۹۶	S4	گیر کردن بین دو شیء



شکل ۴-۱۴- نمودار اولویت نهائی حوادث بر اساس شدت پیامد

بنابراین بر اساس نتایج حاصل از تکنیک AHP فازی رتبه بندی حوادث با توجه به شدت پیامد به صورت زیر است:

- حادثه "سقوط از ارتفاع" با وزن نهایی ۰/۳۳۳ در اولویت اول قرار دارد.
- حادثه "برخورد شیء" با وزن نهایی ۰/۲۷۳۵ در اولویت دوم قرار دارد.
- حادثه "گیر کردن بین دو شیء" با وزن نهایی ۰/۲۳۹۶ در اولویت سوم قرار دارد.
- حادثه "سقوط اشیاء" با وزن نهایی ۰/۱۵۳۷ در اولویت آخر قرار دارد.

۴-۱۱- مقدار RPN فازی برای هر حادثه چقدر است؟

مقدار RPN برای هر حادثه از ضرب احتمال وقوع در احتمال شناسایی/ کشف در شدت پیامد به صورت جدول ۴-۳۷ بدست می آید.

جدول ۴-۳۷- مقدار RPN

حادثه	احتمال وقوع	احتمال شناسایی/ کشف	شدت پیامد	RPN
سقوط از ارتفاع	۰,۹۹۲۳	۰,۹۸۶۹	۰,۳۳۳۲	۰,۳۲۶۳
سقوط اشیاء	۰,۹۸۸۲	۰,۹۷	۰,۱۵۳۷	۰,۱۴۷۳
برخورد شیء	۰,۲۸۹۱	۰,۳۲۶۵	۰,۲۷۳۵	۰,۰۲۵۸
گیر کردن بین دو شیء	۰,۹۵۲۸	۰,۹۳۶	۰,۲۳۹۶	۰,۲۱۳۷

۴-۱۲- مهمترین حوادث صنایع فولاد از نظر مقادیر RPN فازی کدامند؟

بر اساس RPN بدست آمده مهمترین حادثه صنعت فولاد از نظر RPN حادثه سقوط از ارتفاع می باشد.

جدول ۴-۳۸- اولویت بندی حوادث با در نظر گرفتن RPN حوادث

حادثه	RPN	اولویت بندی
سقوط از ارتفاع	۰,۳۲۶۳	۱
سقوط اشیاء	۰,۱۴۷۳	۳
برخورد شیء	۰,۰۲۵۸	۴
گیر کردن بین دو شیء	۰,۲۱۳۷	۲

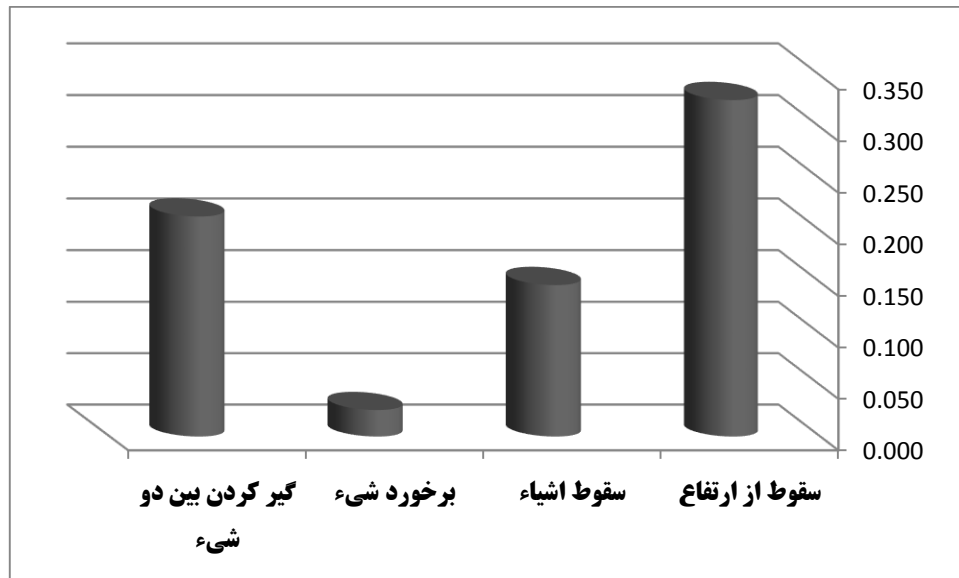
با توجه به RPN بدست آمده در جدول ۴-۳۸ اولویت بندی حوادث مشخص شده است.

حادثه " سقوط از ارتفاع " با RPN برابر ۰/۳۲۶۳ در اولویت اول قرار دارد.

حادثه " گیر کردن بین دو شیء " با RPN برابر ۰/۲۱۳۷ در اولویت دوم قرار دارد.

حادثه " سقوط اشیاء " با RPN برابر ۰/۱۴۷۳ در اولویت سوم قرار دارد.

حادثه " برخورد شیء " با RPN برابر ۰/۰۲۵۸ در اولویت آخر قرار دارد.



شکل ۴-۱۵- اولویت بندی حوادث صنایع فولاد بر اساس RPN بدست آمده

فصل پنجم:

جمع‌بندی و پیشنهادها

۱-۵- مقدمه

هدف تحقیق حاضر ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی در فاز بهره برداری صنایع فولاد می باشد. مدیریت ریسک شامل کلیه اقدامات برای شناسایی، تحلیل، ارزیابی، نظارت و کنترل ریسک ها می باشد. استراتژی مدیریت ریسک شامل فرآیند تحلیل سیستماتیک و مستمر ریسک می شود. جمع آوری اطلاعات سخت ترین مرحله در فرآیند مدیریت ریسک است و تجزیه و تحلیل ریسک و ارزیابی آن با استفاده از روش های ویژه انجام می شود. FTA فازی در سیستم های پیچیده باداده های ذهنی، کمی و کیفی غیر قابل اطمینان یک روش مناسب برای تعیین احتمال شکست ریداد پایه بااستفاده از نظر خبرگان است. FMEA یکی از تکنیک های مهم برای شناسایی و برطرف کردن نقص هایی با پتانسیل بالا به منظور افزایش اطمینان و ایمنی سیستم های پیچیده استفاده می شد و عدد الویت ریسک (RPN) ترکیبی از سه پارامتر احتمال (O)، شدت (S) و احتمال کشف (D) است که در این تحقیق پارامتر احتمال وقوع و کشف با استفاده از پرسشنامه طیف لیکرت با تحلیل فازی با در نظر گرفتن روابط بدست آمده از درخت خطا محاسبه شد و پارامتر شدت نیز با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی بدست آمده و با ضرب این سه عدد مقدار RPN حوادث محاسبه شده و بر اساس آن حوادث رتبه بندی شدند. بنابراین به دلیل اهمیت وجود مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی در فاز بهره برداری صنایع فولاد به این موضوع پرداخته شده است. پس از انجام تجزیه و تحلیل داده های گردآوری شده در فصل چهارم، در این فصل مروری اجمالی بر کلیه اقدامات انجام گرفته و گام های طی شده در پژوهش حاضر صورت می گیرد و نتایج و دستاوردهای حاصل از پژوهش و استنتاجات پژوهشگر از محاسبات صورت گرفته بیان خواهد شد. به این ترتیب که در ابتدا خلاصه ای از فصول چهارگانه پیشین ارائه می شود و سپس دستاوردهای آماری و محاسبات و پردازش های صورت گرفته روی داده های بدست آمده از پژوهش در غالب نتایج پژوهش بیان می شود. در ادامه محدودیت های پژوهش حاضر عنوان می شود و در نهایت با توجه به دستاوردهای پژوهش، مطالعات صورت گرفته و محدودیت های موجود، پیشنهاد های کاربردی برای سازمان مورد مطالعه و پژوهشگران دیگر ارائه می گردد.

۲-۵- خلاصه پژوهش

این پژوهش با هدف ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی در فاز بهره برداری صنایع فولاد صورت گرفته است. بنابراین در ابتدا به بررسی عمیق ادبیات موضوع و پژوهش های انجام شده داخلی و خارجی پرداخته شد تا مبانی اولیه در تدوین پیش فرض های لازم برای شناسایی مؤلفه های ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی در فاز بهره برداری صنایع فولاد فراهم آید.

با توجه به هدف این تحقیق پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی می باشد. از سوی دیگر با توجه به اینکه در این پژوهش از روش های مطالعه کتابخانه ای و نیز روش های میدانی نظیر پرسشنامه استفاده شده است، می توان بیان کرد که پژوهش حاضر بر اساس ماهیت و روش، یک پژوهش توصیفی از نوع پیمایشی است. روش های گردآوری اطلاعات در این پژوهش به دو دسته کتابخانه ای و میدانی تقسیم شد. در خصوص گردآوری اطلاعات مربوط به ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش از روش های کتابخانه ای و جهت گردآوری اطلاعات برای پاسخ به سوالات پژوهش از روش میدانی استفاده شد. در این پژوهش برای جمع آوری داده های پژوهش از مصاحبه و ابزار پرسشنامه استفاده گردیده است.

جامعه مورد بررسی این تحقیق را خبرگان فاز بهره برداری صنایع فولاد تشکیل دادند. در این تحقیق از ۴ دسته پرسشنامه استفاده شد که هر یک از پرسشنامه ها دارای بخش های مختلفی بودند. در پرسشنامه اول جهت غربال گری عوامل شناسایی شده، پرسشنامه ی دوم و سوم با طیف لیکرت برای محاسبه احتمال وقوع و کشف رویدادهای اصلی بود و پرسشنامه چهارم جهت اولویت بندی معیارهای اصلی و حوادث بودند از نظرات ۱۶ خبره حوزه مورد نظر جهت مقایسه زوجی استفاده شد و سپس حوادث مربوط به هر معیار به صورت زوجی مقایسه شدند.

بعد از حصول اطمینان از پایایی و روائی پرسشنامه موجود به عنوان ابزار اصلی گرد آوری داده ها، به توزیع پرسشنامه در بین خبرگان حوزه مورد مطالعه پرداخته شد و به این ترتیب داده های خام اولیه جهت پردازش، تجزیه و تحلیل و سنجش سوالات پژوهش گرد آوری شد. خلاصه نتایج حاصل از این آزمون ها در ادامه آورده شده است.

برای انجام این تحقیق در ابتدا حوادثی که در صنایع فولاد رخ داده و تعداد روزهای از دست رفته در اثر حوادث رخ داده مورد بررسی قرار گرفت، سپس با در نظر داشتن آن از خبرگان خواسته شد با استفاده از پرسشنامه دلفی به اهمیت هر یک از حوادث رخ داده در صنعت فولاد از ۱ تا ۱۰ نمره ای داده شود و بر اساس نظر خبرگان تنها ۴ حادثه گیر کردن بین دو شیء، سقوط از ارتفاع، برخورد شیء و سقوط اشیاء مورد بررسی قرار گرفتند.

در گام بعدی با مشخص کردن رویدادهای اصلی، میانی و پایه و اختصاص کد به آن ها به ترسیم علل اصلی بروز حوادث منتخب به صورت درخت واره پرداخته شد. در ادامه پرسشنامه هایی برای هر یک از حوادث طراحی شد و با بکارگیری منطق فازی به محاسبه میزان احتمال وقوع و کشف هر حادثه پرداخته شد.

در گام بعدی نمودار سلسه مراتبی شدت پیامد حوادث تهیه شده و میزان آن محاسبه شد. با داشتن سه مقدار احتمال وقوع، احتمال شناسایی/ کشف و شدت پیامد آن ها در هم ضرب شدند و مقدار RPN بدست آمد و مهمترین حوادث صنایع فولاد تعیین گردید و مشخص گردید حادثه " سقوط از ارتفاع " در اولویت اول حوادث قرار دارد.

۳-۵- مقایسه با تحقیقات پیشین

- نیک پیشه کوه جهری و همکاران (۱۳۹۸)، در مطالعه ای درباره ی " ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی صنایع فولاد به روش EFMEA (مطالعه موردی: کارخانه ذوب و فولاد اردکان) " متفاوت با تحقیق حاضر تنها به بررسی ریسک های زیست محیطی پرداختند و نظرات خبرگان را در محیط قطعی مورد بررسی قرار دادند. (۹).

- مؤمنی و همکاران (۱۳۹۷)، پژوهشی پیرامون " مدیریت ریسک فرایندهای نگهداری و تعمیرات با استفاده از تکنیک تحلیل درخت خطا و تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره " همانند برای ارزیابی ریسک خود از روش تحلیل درخت (FTA) خطای فازی به منظور ریشه یابی خطرات موجود بهره گرفتند (۴۸).

- بک بکی و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله ای با عنوان "ارزیابی ریسک احتمالی به روش آنالیز درخت خطای فازی بر پایه دو نوع توزیع امکان وقوع نقص در صنایع فرآیندی" همانند برای ارزیابی ریسک خود از روش تحلیل درخت (FTA) خطای فازی به منظور ریشه‌یابی خطرات موجود بهره گرفتند ولی متفاوت با تحقیق حاضر به صورت کلی شدت وقایع را مورد بررسی قرار ندادند (۴۹).

- امیدوار و نیرومند (۱۳۹۶)، در مطالعه ای با موضوع "ارزیابی ریسک با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، منطق فازی و تئوری خاکستری- مطالعه موردی جرثقیل‌های سقفی" روند تحقیق حاضر را در جرثقیل‌های سقفی مورد بررسی قرار دادند، با این تفاوت که علاوه بر روشی که در این تحقیق انجام شد از تئوری خاکستری نیز برای بررسی خود بهره گرفتند (۵۰).

- رنوا و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیق خود با عنوان "شناسایی و مدیریت مسائل خودرو انعطاف پذیر بر پایه دانش FMEA" با هدف توسعه یک رویکرد مبتنی بر دانش FMEA برای قطعات خودرو قابل انعطاف، از توسعه یک مجموعه قوانین مبتنی بر فرایند سه مرحله‌ای کشف دانش و داده استفاده کرده است، بدین صورت که در مرحله اول تجزیه و تحلیل FMEA سنتی صورت گرفته است، در مرحله دوم از یک الگوریتم درخت تصمیم برای استخراج قواعد اطلاعات جمع‌آوری شده استفاده شده است و در مرحله سوم داده‌ها را پردازش نموده است و در پی این تجزیه و تحلیل ده مسئله برای ارزیابی دقیق طراحی و مدیریت تولید خودروهای انعطاف پذیر شناسایی شد (۵۶).

- مانگلا و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهشی با عنوان "روشی یکپارچه از FTA و AHP فازی برای ارزیابی ریسک در زنجیره تامین سبز" همانند تحقیق حاضر برای ارزیابی ریسک از ترکیب دو روش FTA و AHP فازی بهره گرفتند (۵۷).

۵-۴- محدودیت‌های پژوهش

محدودیت‌های پژوهش، عواملی هستند که ممکن است قابلیت تعمیم‌پذیری یافته‌های پژوهش را کاهش داده باشند، این پژوهش نیز از این قاعده مستثنی نبوده است:

- ۱- نقش پیشینه ی حوادث رخ داده در انتخاب حوادث مورد بررسی بسیار پر رنگ بوده، بنابراین تنها چهار حادثه مورد بررسی قرار گرفت، در صورتی که می توان سایر حوادث را نیز مورد بررسی قرار داد.
- ۲- ریسک های شناسائی شده جهت سنجش حوادث عموماً ریشه در مطالعات میدانی صورت گرفته در بررسی اجمالی در فاز بهره برداری صنایع فولاد دارد و مشکلات بومی ساختن این مطالعات در یک مرکز خاص، قاعدتاً کاستی ها و دشواری های دارد.
- ۳- استفاده از ابزار پرسشنامه به عنوان ابزار اصلی گرد آوری داده ها همیشه با انتقاداتی مانند پاسخ گوئی مغرضانه و یا بی توجهی مواجه بوده است.
- ۴- این تحقیق تنها در فاز بهره برداری صنایع فولاد صورت گرفته است حال آنکه می توانست در سایر صنایع و یا سایر قازهای صنعت فولاد هم بررسی شود.
- ۵- محدودیت زمانی تحقیق
- ۶- هر صنعتی دارای فرهنگ و جو منحصر به فرد می باشد، لذا یافته های این پژوهش به سادگی قابل تعمیم برای هر صنایع دیگری نمی باشد.

۵-۵- پیشنهادات پژوهش

پیشنهادهای تحقیق حاضر به دو دسته پیشنهادات کاربردی و تحقیقات آتی تقسیم می شوند که در این قسمت بیان می شوند:

۵-۵-۱- پیشنهادات کاربردی

- حادثه " سقوط از ارتفاع " در اولویت اول قرار دارد. بنابراین پیشنهاد می شود: سقوط از ارتفاع یکی از پرتکرارترین حوادث در صنایع مختلف می باشد. لذا به دست اندرکاران صنایع فولاد توصیه می گردد تا ضمن استخدام نیروهای متخصص در زمینه ایمنی، با وضع دستورالعمل ها و روش های اجرایی برای انجام کار ایمن، با آموزش نکات ایمنی کار در ارتفاع، از شدت و تکرارپذیری این

گونه حوادث بکاهد. ضمن آنکه مداخلات فنی از قبیل نصب حفاظ های استاندارد و ایمن سازی پله ها و بازشوها نیز کمک شایانی در کاهش حوادث این چینی خواهد کرد. همچنین ضروری است لوازم حفاظت فردی مناسب برای کار در ارتفاع از قبیل کمربندهای ایمنی تمام بدن و ... در اختیار کارگران قرار گیرد و نحوه صحیح استفاده از آنها آموزش داده شود. از سویی ضروری است تا تیم های تعمیر و نگهداری چنین صنایعی بازرسی از پلت فرم ها و داربست های کار در ارتفاع را در برنامه های بازرسی دوره ای خود جای دهند و با نصب تگ هایی اطلاعات لازم در خصوص مجاز و یا غیر مجاز بودن استفاده از این مکان ها را تعیین نمایند.

- **حادثه " گیر کردن بین دو شیء " در اولویت دوم قرار دارد. بنابراین پیشنهاد می شود:**
گیر کردن بین دو شیء می تواند ناشی از شرایط ارگونومیکی نامناسب، عدم تفکیک مناطق پرخطر از نقاط امن، بی احتیاطی و یا عدم مهارت روی دهد. در همین راستا توصیه می گردد در صنایع فولاد ضمن محصور سازی مناطق پرخطر در دستگاه هایی که ریسک گیر کردن را به همراه دارند از سیستم های ایمنی هوشمند از قبیل کلید قطع اضطراری و یا فوتوسل استفاده نمایند تا در صورت قرار گرفتن هر یک از اعضای بدن در محل پرخطر، دستگاه از کار بیافتد. همچنین برخی از گیر افتادن ها در صنایع مختلف از قبیل صنایع فولاد مربوط به گیر کردن بین وسایل نقلیه و اجسام سخت است که این مشکل را نیز می توان با نصب آلام ها و چراغ های هشداردهنده روی ماشین آلات سنگین و کارگاهی از قبیل جرثقیل ها، لیفتراک ها و لودرها کاهش داد؛ ضمن آنکه استخدام افراد مجرب و با مهارت به ایجاد جو ایمنی مثبت در این خصوص کمک خواهد نمود. از طرفی هشیاری کارگران تا حد زیادی به شرایط ارگونومیکی و عوامل فیزیکی محیط کار دارد. خستگی و گرمای زیاد محیط کار در صنایع فولاد، باعث کاهش تمرکز کارگران و بروز حوادث متعددی از قبیل گیر کردن بین اشیاء خواهد شد که لازم است مدیریت با کمک واحد ایمنی و بهداشت و منابع انسانی، نسبت به تنظیم ساعات کاری مجاز و ایجاد رفاه نسبی در محیط کار برای کارگران تمهیدات لازم را در نظر بگیرند.

- **حادثه " سقوط اشیاء " در اولویت سوم قرار دارد. بنابراین پیشنهاد می شود:**

خطرات ناشی از سقوط اشیاء از جمله علل بروز حوادث در صنایع فولاد هستند. در این باره باید با اجرای اقدامات مناسب، احتمال سقوط اشیاء و ابزار آلات و شدت صدمات و خسارات احتمالی وارده ناشی از آن، مورد ارزیابی قرار بگیرد و اولویت های اصلاحی تعیین شود. یکی از اقدامات اصلاحی که به مسئولین ایمنی و بهداشت صنایع فولاد توصیه می گردد، استفاده از پاخور در پلت فرم ها و سکوهای کاری است تا از سقوط ابزار آلات به پایین جلوگیری نماید. همچنین هر یک از کارگران فنی و تأسیساتی که در ارتفاع کار می کنند لازم است از کیف و کمربند ابزار استاندارد استفاده نمایند تا خطر سقوط ابزار به پایین کاهش یابد. اما به طور کلی مهم ترین مسأله در کنترل چنین حوادثی، آموزش صحیح افراد در خصوص آشنایی با آسیب های احتمالی بروز چنین حوادثی و مرور حوادث پیشین است. نصب تابلوهای هشدار دهنده در پایین سکوهای کاری نیز می تواند در این خصوص کمک به سزایی نماید. نهایتاً مسئولین صنایع فولاد موظف به تهیه و توزیع وسایل حفاظت فردی از قبیل کلاه ایمنی استاندارد و آموزش استفاده صحیح از آن به کارگران هستند. در این خصوص استخدام افسرهای ایمنی به منظور پایش و کنترل استفاده مداوم از کلاه ایمنی و سایر لوازم ایمنی الزامی است.

• حادثه "برخورد شیء" در اولویت چهارم قرار دارد. بنابراین پیشنهاد می شود:

صنایع فولاد به لحاظ فعالیت های پرخطری از قبیل برشکاری، پرسکاری، لبه زنی، نورد، قیچی کردن ورق و ...؛ همواره ممکن است با حوادث ناشی از پرتاب قطعات ریز و درشت همراه باشد. در این خصوص پیشنهاد می گردد حتی الامکان مکان های فعالیت های این چنینی محصور گردد و با استفاده از تابلوها و علائم هشدار دهنده از تردد افراد غیر ضرور در هنگام فعالیت چنین دستگاه هایی خودداری گردد. ضمن آنکه در هنگام به کارگیری اپراتورها، ابتدا باید با برگزاری آزمون های تئوریک و عملی از مهارت و تخصص ایشان اطمینان حاصل گردد و با نیازسنجی آموزشی، نقص های فنی هر اپراتور را برطرف نمود؛ چرا که بسیاری از حوادث این چنینی ناشی از خطاهای فردی و یا عدم هماهنگی اپراتورها می باشد. از طرفی برخی از موارد نقص فنی دستگاه ها و یا شکستن یک قطعه منجر به پرتاب قطعات به سوی کارگران می گردد که این امر لزوم بازرسی دوره ای و برنامه ریزی شده دستگاه ها و ماشین آلات را نمایان می سازد. در کنار تمام موارد ذکر شده، تهیه PPE مناسب از قبیل عینک و کلاه ایمنی و همچنین توجه به مسائل رفاهی کارگران به منظور حفظ شادابی ایشان در محیط کار، می تواند به کاهش خطرات این چنینی کمک نماید.

۵-۶- پیشنهاداتی برای تحقیقات بعدی

در این مطالعه کوشش شده است تا تمامی ریسک ها، رویدادهای اصلی و پایه و حوادث مورد اهمیت در صنایع فولاد مورد تحلیل قرار گیرد اما از آنجا که هر صنعت و مطالعه موردی شرایط خاص خود را دارد، لذا پژوهشگران آتی می توانند با افزایش طیف مطالعات میدانی خود به بهبود مقیاس طراحی شده از طریق شناسائی و تعدیل آیتم ها و عامل ها اقدام نمایند. زمینه های زیر جهت مورد کاوی و بهبود تحقیقات بعدی توصیه می شود:

۱. مقوله ی ریسک در سایر صنایع فلزی چون صنایع خودرو سازی، پیچ و مهره، اتصالات قابل انعطاف فلزی، هوایی، آهن آلات و فلزی، بلبرینگ، پروفیل های آلومینیومی و کشتیرانی می تواند دامنه نتایج را افزایش داده و توان تعمیم و طراحی الگوسازی را افزایش داده و به عنوان ابزاری، مطالعات آینده را ارتقا دهند.

۲. برای رتبه بندی معیارها در این مطالعه از تکنیک AHP فازی استفاده شده است. استفاده از آزمون فریدمن، ANP برای رتبه بندی معیارها و مقایسه نتایج با یافته های این تحقیق پیشنهاد می شود.

۳. یکی دیگر از راه کارهای مشابه استفاده از تحلیل رابطه خاکستری که از پیچیدگی کمتری برخوردار است. پیشنهاد می شود برای تعیین وزن معیارها از تکنیک تحلیل روابط خاکستری استفاده شود.

مراجع

- [1]. Jonas, S. and K. Balog "Risk Management and safety analysis of the gas turbine and its operability." *Journal of environmental protection, safety, education and management* 1: 1339-5270. (2013).
- [2]. Shi, L., J. Shuai, et al. "Fuzzy fault tree assessment based on improved AHP for fire and explosion accidents for steel oil storage tanks." *Journal of Hazardous Materials* 278: 529-538, (2014).
- [3]. Rajakurukaran, S., A. Maniram Kumar, et al. "Applications of fuzzy faulty tree analysis and expert elicitation for evaluation of risks in LPG refuelling station." *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 33: 109-123, (2015).
- [4]. Wessiani, N. A. and S. O. Sarwoko. "Risk Analysis of Poultry Feed Production Using Fuzzy FMEA." *Procedia Manufacturing* 4: 270-281, (2015).
- [5]. Kutlu, Ahmet Can, and Mehmet Ekmekçioğlu. "Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP." *Expert Systems with Applications* 39.1, 61-67, (2012).
- [6]. Chanamool, N. and T. Naenna. "Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department." *Applied Soft Computing* 43: 441-453, (2016).
- [7]. Hu, C. H., Liu, L., & Liu, N., Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review. 2013;40: 828-838, (2013).
- [۸]. خوشنویس مریم، پژویان جمشید؛ بررسی مقایسه‌ای اثر آلودگی زیست محیطی بر شاخص توسعه انسانی در کشورها با سطوح مختلف توسعه یافتگی. فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی. ۱۲ (۴۸): ۳۳-۶۱؛ سال ۱۳۹۵.
- [۹]. نیک پیشه کوه جهری، فاطمه؛ مروتی، مریم؛ صادقی نیا، مجید؛ امانت یزدی، لیلا؛ ارزیابی و مدیریت ریسک زیست محیطی صنایع فولاد به روش EFMEA (مطالعه موردی: کارخانه ذوب و فولاد اردکان)؛ مجله مهندسی بهداشت محیط، ویژه نامه ۱۳۹۸، سال هفتم، صص ۷۶ تا ۸۸؛ شهریور ۱۳۹۸.
- [۱۰]. قاسمی، حامد؛ احمدی جیردهی، مهدی؛ زمانی موسوی، سیدآرش؛ پخش بار اقتصادی در نیروگاههای حرارتی با استفاده از الگوریتم جدید بهینه سازی Active Set با در نظر گرفتن کمینه سازی آلودگی زیست محیطی، کنفرانس بین المللی پژوهش در علوم و تکنولوژی، آبان ۱۳۹۵.
- [۱۱]. یزدی، محمد؛ "ارزیابی و مدیریت ریسک واحد سندیلاست نیروگاه شهید سلیمی نکه با استفاده از متد FMEA" ماهنامه پیام ایمنی، سال ۱۲، شماره ۵۳، سال ۱۳۹۴.
- [۱۲]. بهرپر، سجاد؛ "تدوین الگوریتم پیش بینی خرابی سیستم خنک کننده راکتور تحقیقاتی تهران" پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی هسته ای، دانشکده فنی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، سال ۱۳۹۲.
- [۱۳]. هویدی، حسن؛ محسنی، مهسا؛ کردی کریم آبادی، حسین؛ "توسعه پایدار و نظام مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط زیست" ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، سال ۱۳۹۱.
- [۱۴]. احمدی آسور، اکبر؛ "ایمنی" مجله صنعت و ایمنی، شماره ۶۹، سال ۱۳۸۷.
- [۱۵]. اصغری زاده، عزت اله؛ قاسمی، احمد رضا؛ جعفرزاده، محمد تقی؛ بهروز، محمد صادق؛ "تبیین سیستم مطلوب مدیریت ایمنی" مطالعات مدیریت راهبردی، شماره ۱۳، صص ۱۵-۴۱، سال ۱۳۹۲.
- [۱۶]. عباسپور، مجید؛ نصیری، پروین؛ دانا، تورج؛ توتونچیان، ساناز؛ "بررسی خطرها و ارزیابی ریسک HSE فازهای ساخت تا تولید پروژه های صنعت نفت و گاز (مطالعه موردی شرکت پتروپارس)" علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره یازدهم، شماره سه، سال ۱۳۸۸.
- [۱۷]. معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور؛ "راهنمای بهره برداری و نگهداری از شبکه های جمع آوری فاضلاب" نشریه شماره ۵۲۰، سال ۱۳۸۸.
- [۱۸]. غلام نیا، رضا؛ "حوادث ناشی از کار" مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار، سال ۱۳۹۲.

- [19]. Toy, V. M. "The SyStemS apprOaCh tO maNagINg OCCUPatIONal health aND Safety". Handbook of Occupational Safety and Health, 701-715 (2019).
- [20]. Badri, A., Nadeau, S., & Gbodossou, A. "Proposal of a risk-factor-based analytical approach for integrating occupational health and safety into project risk evaluation". Accident Analysis & Prevention, 48, 223-234 (2012).
- [۲۱]. حبیبی، احسان الله؛ علیزاده، مجید؛ "ایمنی کاربردی و شاخصهای عملکرد در صنعت" چاپ چهارم، تهران: انتشارات فناوران، ۳۳۲ صفحه، سال ۱۳۹۲.
- [۲۲]. بهرپر، سجاد؛ رستایش، سیما؛ سپانلو، کامران؛ "آموخته های مدیریتی حادثه فوکوشیما دایچی ژاپن در مدیریت ریسک نیروگاه های هسته ای جهان" کنفرانس بین المللی مدیریت، اقتصاد و مهندسی صنایع، سال ۱۳۹۴.
- [۲۳]. پورتقی، غلامحسین؛ "اصول پیشگیری و کنترل حوادث در محیط کار" فصل نامه علمی آموزشی دفتر توسعه آموزش دانشکده بهداشت، سال سیزدهم، شماره ۷، صص ۲۹-۳۵، سال ۱۳۹۲.
- [۲۴]. محمدفام، ایرج؛ ذکایی، حمیدرضا؛ سیمائی، نوا؛ "بررسی اپیدمیولوژیکی حوادث شغلی منجر به مرگ و محاسبه هزینه های انسانی مرتبط در استان تهران" طبیب شرق، ۱، صص ۳۶-۴۰، سال ۱۳۹۰.
- [۲۵]. سهرابی، مجتبی؛ "روش های ارزیابی ریسک بررسی و تحلیل مدل های FTA & FMEA". دومین همایش بیمه و مدیریت ریسک در نفت، گاز و پتروشیمی تهران، سال ۱۳۸۸.
- [26]. AIRMIC, ALARM, IRM, "A Risk Management Standard is Extracts from the Document PD" ISO/IEC Guide 73, (2002).
- [۲۷]. مختاری، قاسم؛ "مقدمه ای بر تفکر سیستمی" انتشارات سمت : ویرایش پنجم، سال ۱۳۸۷.
- [28]. Rausand, M. "Risk assessment: theory, methods, and applications" (Vol. 115). John Wiley & Sons, (2013).
- [29]. Liu, Hu-Chen., Lui, Long., Liu, Nan. "Risk Evaluation Approaches in Failure Mode and Effects Analysis: A Literature Review". Expert Systems with Applications 40: 828-838, (2013)..
- [۳۰]. لاری بقال، سید محمد؛ جعفرزاده حقیقی فرد، نعمت اله؛ رفیعی، مسعود؛ "کاربرد FMEA در ارزیابی ریسک زیست محیطی: مورد کاوی لایروبی اسکله های بندر امام خمینی" فصلنامه علمی- پژوهشی تالاب/ دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، صص ۳-۱۴، سال ۱۳۹۰.
- [31]. Mikulak RJ, McDermott R, Beauregard M. "The basics of FMEA". CRC Press; 2017 Aug 9.
- [۳۲]. بختیار، مصطفی؛ خسروی، شهرزاد؛ مسلمی، لیل؛ "استفاده از روش FMEA در ارزیابی ریسک خطرات ایمنی و بهداشت حرفه ای در یک شرکت تولید لوازم خانگی" ماهنامه پیام ایمنی، سال ۱۲، شماره ۵۳، سال ۱۳۹۴.
- [33]. Chanamool N, Naenna T. "Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department". Applied Soft Computing;43:441-53, (2016).
- [34]. Zhang X, Jin F, Liu P. "A grey relational projection method for multi-attribute decision making based on intuitionistic trapezoidal fuzzy number". Applied Mathematical Modelling;37(5):3467-77, (2013).
- [35]. Liu H-C, Liu L, Liu N, Mao L-X. "Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment". Expert Systems with Applications,39(17):12926-34, (2012).
- [36]. Kutlu AC, Ekmekçioğlu M. "Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP". Expert Systems with Applications;39(1):61-7, (2012).
- [37]. Lavasani M.R., Wang J., Yang Z. and Finlay J., "Application of Fuzzy Fault Tree Analysis on Oil and Gas Offshore Pipelines", Int. J. Mar. Sci. Eng, pp. 29-42, (2011).
- [38]. Wang Y-M, Chin K-S, Poon GKK, Yang J-B. "Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean". Expert systems with applications;36(2):1195-207, (2009).

- [39]. Guo L, Kang J. "An extended HAZOP analysis approach with dynamic fault tree". J Loss Prev Proc Indust;38:224-32, (2015).
- [40]. Abdelgawad, M., & Fayek, A. R. "Fuzzy reliability analyzer: quantitative assessment of risk events in the construction industry using fuzzy fault-tree analysis". Journal of Construction Engineering and Management, 137(4), 294-302, (2011).
- [۴۱]. عبدالله زاده، غ، راستگو، س؛ "ارزیابی ریسک در پروژه های پل سازی با استفاده از آنالیز درخت خطای فازی"، پژوهشنامه حمل و نقل، سال یازدهم، شماره اول، صص ۸۵-۱۰۰، سال ۱۳۹۳.
- [۴۲]. بختیاری، محمود؛ آقایی، عباس؛ دل پیشه، علی؛ اکبرپور، سمانه؛ زایری، فرید؛ سوری، حمید؛ صالحی، مسعود؛ ارجی، مصطفی؛ بررسی اپیدمیولوژیک حوادث ناشی از کار ثبت شده در سازمان تأمین اجتماعی ایران (۱۳۸۴-۱۳۸۰)، مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، دوره ۱۱، شماره ۳، صص ۲۳۱-۲۴۶، تابستان ۱۳۹۱.
- [۴۳]. مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار؛ "آموزش عمومی ایمنی و بهداشت کار (ویژه مسئولین ایمنی کارگاه ها)" مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت فنی و بهداشت کار، سال ۱۳۹۶.
- [۴۴]. فیروزی چاهک علی، برخورداری فیروزآبادی ابوالفضل، میرزایی علویجه مهدی "ارزیابی جو ایمنی در یکی از معادن استان یزد" طلوع بهداشت، دوره ۱۳، شماره ۴، مسلسل ۴۶، صص ۱۶۴-۱۷۲، سال ۱۳۹۳.
- [۴۵]. برداران کاظم زاده رضا، هاشمی مه سیمما "بررسی عوامل انگیزش شغلی در سازمان بر اساس نظریه هرزبرگ و ارایه دو مدل اندازه گیری پیشنهادی برای عوامل انگیزشی و بهداشتی (مطالعه موردی: شرکت توسعه صنایع نفت و انرژی)" شریف ویژه علوم مهندسی، دوره ۲۵، شماره ۴۹، صص ۲۵-۳۷، سال ۱۳۸۸.
- [46]. Neissi A, Hashemi Sheykhshabani E, Rahimi Pordanjani T, Arshadi N, Beshlideh K. "Investigating personal, cognitive and organizational variables as predictors of unsafe behaviors among line workers in an industrial company". Journal of Health and Safety at Work; 3(1): 13-26, (2013).
- [۴۷]. اعلائی، ایرج؛ "نقش ریسک های شغلی در فرآیندهای طراحی" ماهنامه پیام ایمنی، سال ۱۲، شماره ۵۳، سال ۱۳۹۴.
- [۴۸]. مؤمنی، امیر؛ ثقه بی، احسان؛ غیاثوند، حسین؛ "مدیریت ریسک فرایندهای نگهداری و تعمیرات با استفاده از تکنیک تحلیل درخت خطا و تکنیک های تصمیم گیری چندمعیاره" دوازدهمین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، سال ۱۳۹۷.
- [۴۹]. بک بکی، عباس؛ نبهانی، نادر؛ انوری پور، باقر؛ شیرالی، غلامعباس؛ "ریزایی ریسک احتمالی به روش آنالیز درخت خطای فازی بر پایه دو نوع توزیع امکان وقوع نقص در صنایع فرآیندی" مجله مهندسی بهداشت حرفه ای، دوره ۲، شماره ۴، صص ۴۱-۵۲، سال ۱۳۹۶.
- [۵۰]. امیدوار، محسن؛ نیرومند، فرشته؛ "ارزیابی ریسک با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم گیری چند معیاره (MCDM)، منطق فازی و تئوری خاکستری- مطالعه موردی جرثقیل های سقفی" فصلنامه بهداشت و ایمنی کار، جلد ۷، شماره ۱، صص ۶۳-۷۷، سال ۱۳۹۶.
- [۵۱]. کاووسی، زهرا؛ ستوده زاده، فاطمه؛ فردید، مژگان؛ غلامی، مریم؛ خجسته فر، مرضیه؛ حاتم، محبوبه؛ تحیتی، زهرا؛ فرهادی، غلامرضا؛ "بررسی خطاهای فرآیندهای اتاق عمل بیمارستان نمازی با روش تحلیل حالات و اثرات خطا (FMEA)" نشریه بیمارستان، دوره ۱۶، شماره ۳، صص ۵۷-۷۰، سال ۱۳۹۶.
- [۵۲]. سید نعمه، سیده ابتسام؛ کریمی اورگانی، فاطمه؛ "ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشت کارخانجات نفت و گاز" اولین کنگره علمی پژوهشی توسعه و ترویج علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، سال ۱۳۹۴.
- [۵۳]. علوی فر، سید امیرحسین؛ "تجزیه و تحلیل روش های کیفی ارزیابی ریسک و کیفیت استفاده از آنها در مقالات علمی پژوهشی در سال های ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۹" اولین همایش بین المللی HSE در پروژه های عمرانی، معدن، نفت و گاز، سال ۱۳۹۳.
- [۵۴]. دری، بهروز؛ معزز، هاشم؛ سلامی، هادی؛ "رویکردی تلفیقی در تحلیل ریسک با استفاده از روش های تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA) و فرآیند تحلیل شبکه ای (ANP)" پژوهش های مدیریت در ایران، دوره ۱۴، شماره ۴، صص ۱۰۷-۱۳۶، سال ۱۳۸۹.

- [55]. Gul, M., Ak, M. F., & Guneri, A. F. Occupational health and safety risk assessment in hospitals: A case study using two-stage fuzzy multi-criteria approach. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 23(2), 187-202.
- [56]. Renua Rahul, Visotskya Darian, Knackstedta Stephan, Mockoa Gregory, Summersa Joshua D., Schulte Joerg "A Knowledge Based FMEA to Support Identification and Management of Vehicle Flexible Component Issues " *Procedia CIRP*, Volume 44, 2016, Pages 157–162, 6th CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems (CATS) (2016).
- [57]. Mangla, S. K., Kumar, P., & Barua, M. K. "An integrated methodology of FTA and fuzzy AHP for risk assessment in green supply chain". *International Journal of Operational Research*, 25(1), 77-99, (2016)..
- [58]. Lux Aurélien, De Bikond Johann Mawo, Etienne Alain & Quillerou-Grivot Edwige "FMEA and consideration of real work situations for safer design of production systems" *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, (2016).
- [59]. Silva, M. M., de Gusmão, A. P. H., Poletto, T., e Silva, L. C., & Costa, A. P. C. S. "A multidimensional approach to information security risk management using FMEA and fuzzy theory". *International Journal of Information Management*, 34(6), 733-740, (2014)..
- [60]. Liao, C. J., & Ho, C. C. "Risk management for outsourcing biomedical waste disposal–Using the failure mode and effects analysis". *Waste management*, 34(7), 1324-1329, (2014).
- [۶۱]. عزتی، مرتضی "روش تحقیق در علوم اجتماعی کاربرد در زمینه مسایل اقتصادی"، ناشر: نورعلم: تهران، سال ۱۳۹۶.
- [۶۲]. حافظ نیا، محمدرضا "روش تحقیق در علوم انسانی"، ناشر: انتشارات سمت، سال ۱۳۹۶.
- [63]. Saaty, T.L, (2002). How to make a decision: the analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, Vol 48, Page 9-26.
- [۶۴]. حبیبی، آرش؛ ایزدیار، صدیقه؛ سرافرازی، اعظم "تصمیم گیری چند معیاره فازی" انتشارات سیمای دانش: تهران، سال ۱۳۹۴.
- [65]. Saaty, T.L., (1980). Decision making, scaling, and number crunching, *Decision Sciences*, VOL 20, Page 404-409.
- [۶۶]. جویانی، یاسر؛ رعداآبادی، مهدی؛ کاووسی، زهرا؛ صادقی فرد، جمیل؛ مومنی، خلیل "ارتباط بین حوادث شغلی و غیبت از کارکنان در بیمارستان نمازی شیراز" دوره ۵، شماره ۳، صص ۷۰ تا ۷۹، آبان ۱۳۹۰.
- [۶۷]. دبیری، غلامرضا؛ "آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن (FMEA) مفاهیم و روش های پیاده سازی" مرکز اطلاع رسانی شهرداری اصفهان: اصفهان؛ سال ۱۳۸۸.
- [۶۸]. افتخاریان، سید ابوالفضل "ارزیابی ریسک به روش FTA" انتشارات تخصصی بهداشت حرفه ای: تهران، سال ۱۳۹۵.
- [۶۹]. دبیری، غلامرضا؛ "آنالیز حالات بالقوه خرابی و آثار آن (FMEA) مفاهیم و روش پیاده سازی" شرکت تهیه و توزیع قطعات لوازم یدکی ایران خودرو، صوفیان: تهران، ۱۳۹۵.
- [۷۰]. قادری، سپیده؛ رحیمی، آذرنوش؛ هدایتی فرد، محسن "ارزیابی و مدیریت ریسک محیط زیستی مترو تهران و حومه با استفاده از روش (EFMEA) مطالعه موردی: (پایانه صادقیه)" فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۷، شماره ۲، صص ۶۱ تا ۷۱، سال ۱۳۹۳.
- [۷۱]. مهرگان، محمد رضا (۱۳۹۵)، "پژوهش عملیاتی پیشرفته"، انتشارات کتاب دانشگاهی: تهران.
- [۷۲]. دهقانی، علی (۱۳۹۶) "تدوین و رتبه بندی شاخص های ارزیابی عملکرد ایمنی با استفاده از شبکه بیزی و تحلیل سلسله مراتبی: مطالعه موردی فعالیت کار در ارتفاع فاز ساخت پالایشگاه های نفت و گاز" دو ماهنامه سلامت کار ایران، دوره ۱۵، شماره ۳، صص ۱۷۲ تا ۱۸۵.
- [۷۳]. نصیریانی خدیجه، احمدی فضل اله، اباذری پروانه (۱۳۸۷) "تکنیک دلفی: ابزاری در تحقیق"، مجله ایرانی آموزش در علوم پزشکی، شماره ۸، دوره ۱، صفحه ۱۷۵ تا ۱۸۵.
- [۷۴]. آذر عادل، معماریانی عزیزاله (۱۳۷۳) AHP تکنیکی نوین برای تصمیم گیری گروهی، فصلنامه دانش مدیریت دانشگاه تهران، شماره ۲۷ و ۲۸، صفحه ۲۲ تا ۳۲.

- [75]. Powell, C. (2003). The Delphi technique: Myths and realities. *Journal of Advanced Nursing*, 41(4), 376-382.
- [76]. Somerville, Jerry A (2008). Effective Use of the Delphi Process in Research: Its Characteristics, Strengths, and Limitations

پیوست

پرسش نامه سقوط از ارتفاع					احتمال کشف یا کنترل حادثه قبل از وقوع (با شرایط و امکانات کنونی با توجه به کنترل ها و آموزش های انجام شده)	
ردیف	سوالات (ریسک اصلی)	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
1	سقوط به داخل کانال به دلیل عدم نظارت واحد HSE					
2	سقوط به داخل کانال به دلیل عدم تعهد واحد آهنگری به الزامات واحد HSE					
3	سقوط به داخل کانال به دلیل عدم خرید حفاظ مناسب توسط مدیریت					
4	سقوط به داخل کانال به دلیل خطای اپراتور و عدم جاگذاری صحیح حفاظ					
5	سقوط به داخل کانال به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل					
6	سقوط از سطح کار به دلیل عدم دقت و تعهد در ساخت تجهیزات ایمن					
7	سقوط از سطح کار به دلیل عدم نظارت واحد HSE					
8	سقوط از سطح کار به دلیل عدم استفاده از سطوح ایمن و آجدار جهت ساخت پله					
9	سقوط از سطح کار به دلیل بی احتیاطی و عجله در هنگام تردد					
10	سقوط از سطح کار به دلیل عدم تعهد پرسنل در انجام کار اصولی					
11	سقوط از سطح کار به دلیل عدم استفاده از تجهیزات ایمن					
12	سقوط از سطح کار به دلیل ضعف مدیریتی و عدم اختصاص تایم مناسب جهت انجام تعمیرات و بازرسی های دوره ای					
13	سقوط از سطح کار به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل و به کارگیری نیروی غیر تخصصی در کارهای غیر مرتبط					
14	سقوط از سطح کار به دلیل نداشتن مهارت در انجام کار و طراحی نامناسب محیط کار					

پرسش نامه سقوط از ارتفاع					احتمال کشف یا کنترل حادثه قبل از وقوع (با شرایط و امکانات کنونی با توجه به کنترل ها و آموزش های انجام شده)	
ردیف	سوالات (ریسک اصلی)					
	خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	
15	سقوط از سطح کار به دلیل ضعف مدیریتی و کافی نبودن تعداد پرسنل جهت انجام کار					
16	سقوط از سطح کار به دلیل خستگی پرسنل به علت گرمزدگی و عجله در کار					
17	سقوط از روی وسائل نقلیه به دلیل عدم مهارت در انجام کار					
18	سقوط از روی وسائل نقلیه به دلیل عدم وجود مسیر ایمن جهت تردد بر روی ماشین آلات بارگیری					

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

احتمال کشف یا کنترل حادثه قبل از وقوع (با شرایط و امکانات کنونی با توجه به کنترل ها و آموزش های انجام شده)					پرسش نامه سقوط اشیا	
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	سوالات (ریسک اصلی)	ردیف
					سقوط اشیا به علت نامناسب قرار دادن روی سطح کار	1
					سقوط اشیا به علت آموزش ناکافی	2
					سقوط اشیا به دلیل بسته بندی نامناسب مواد اولیه	3
					سقوط اشیا به دلیل خطای اپراتور	4
					سقوط اشیا به دلیل نامناسب بودن وسایل باربرداری	5
					سقوط اشیا به دلیل سخت بودن شرایط کار	6
					سقوط اشیا به دلیل نامناسب بودن وسایل حفاظت فردی	7
					سقوط اشیا به دلیل عدم وجود محل مناسب جهت گرفتن قطعه و حمل آن	8
					سقوط اشیا به دلیل ضعف مدیریتی و انجام کار غیر ایمن	9
					سقوط اشیا به دلیل ضعف واحد HSE در آموزش ارگونومی	10

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با
رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

احتمال کشف یا کنترل حادثه قبل از وقوع(با شرایط و امکانات کنونی با توجه به کنترل ها و آموزش های انجام شده)					پرسش نامه برخورد شی	
خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	سوالات (ریسک اصلی)	ردیف
					برخورد شی به دلیل لیز بودن سطح کار	1
					برخورد شی به دلیل بی توجهی اپراتور	2
					برخورد شی به دلیل خستگی و فشار کاری بالا	3
					برخورد شی به دلیل قرا گرفتن در مکان نایمن	4
					برخورد شی به دلیل ضعف مدیریتی و عدم خرید مواد اولیه با کیفیت مناسب	5
					برخورد شی به دلیل عدم دقت اپراتور در برش ورق اولیه به ورق هایی با ضخامت پایین تر	6
					برخورد شی به دلیل عدم خط کشی و مشخص کردن مناطق خطر	7
					برخورد شی به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل	8
					برخورد شی به دلیل تنظیم نبودن دستگاه	9
					برخورد شی به دلیل عدم آموزش پرسنل پیمانکار	10
					برخورد شی به دلیل خطای اپراتور و برش تخته چوبی با سنگ فرز	11

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

پرسش نامه برخورد شی					احتمال کشف یا کنترل حادثه قبل از وقوع(با شرایط و امکانات کنونی با توجه به کنترل ها و آموزش های انجام شده)				
ردیف	سوالات (ریسک اصلی)				خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
12	برخورد شی به دلیل عدم دید کافی اپراتور اتاق کنترل و ناهماهنگی بین اپراتور اتاق کنترل و اپراتور تنظیم کننده خط تولید								
13	برخورد شی به دلیل قرار گرفتن در مکان نایمن								
14	برخورد شی به دلیل خستگی به علت گرما و تایم کاری زیاد								
15	برخورد شی به دلیل تنظیم نبودن و عدم بازرسی دوره ای دستگاه ها خط تولید								

احتمال کشف یا کنترل حادثه قبل از وقوع(با شرایط و امکانات کنونی با توجه به کنترل ها و آموزش های انجام شده)					پرسش نامه گیر کردن بین دو شی	
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	سوالات (ریسک اصلی)	ردیف
					گیر کردن بین دو شی به دلیل نداشتن تمرکز به علت گرما، خستگی، فشار کاری ، تایم کاری بالا و کمبود نیرو	1
					گیر کردن بین دو شی به دلیل کمبود مهارت و تجربه کاری	2
					گیر کردن بین دو شی به دلیل عدم وجود تجهیزات مناسب جهت آزاد کردن میلگرد	3
					گیر کردن بین دو شی به دلیل عدم توجه اپراتور به نکات ایمنی	4
					گیر کردن بین دو شی به دلیل بی احتیاطی اپراتور	5
					گیر کردن بین دو شی به دلیل انجام کار غیر مرتبط با تخصص فرد	6
					گیر کردن بین دو شی به دلیل عدم آموزش کافی پرسنل	7
					گیر کردن بین دو شی به دلیل شرایط کاری سخت و شرایط نامناسب ارگونومی	8
					گیر کردن بین دو شی به دلیل عجله و عدم هماهنگی بین پرسنل هنگام خارج کردن شمش فولادی	9
					گیر کردن بین دو شی به دلیل عبور از مسیر غیر ایمن	10
					گیر کردن بین دو شی به دلیل ضعف مدیریتی و عدم خط کشی مناطق ناایمن	11
					گیر کردن بین دو شی به دلیل قرار دادن دست در مکان ناایمن شاهین جرثقیل	12
					گیر کردن بین دو شی به دلیل نداشتن محل ایمن جهت گرفتن و هدایت شاهین جرثقیل	13
					گیر کردن بین دو شی به دلیل بی احتیاطی اپراتور و جابجایی ضایعات با دست	14

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

پرسش نامه گیر کردن بین دو شی		احتمال کشف یا کنترل حادثه قبل از وقوع(با شرایط و امکانات کنونی با توجه به کنترل ها و آموزش های انجام شده)								
ردیف	سوالات (ریسک اصلی)					خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
15	گیر کردن بین دو شی به دلیل بی نظمی در محیط کار									
16	گیر کردن بین دو شی به دلیل نداشتن حفاظ									
17	گیر کردن بین دو شی به دلیل ضعف مدیریتی و عدم تعهد به الزامات HSE									

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

احتمال					پرسش نامه سقوط از ارتفاع	
خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	سوالات	ردیف
					1 آیا عدم نظارت واحد HSE باعث حوادث سقوط به کانال شده است؟	
					2 آیا عدم تعهد واحد آهنگری به الزامات واحد HSE منجر به حوادث سقوط به کانال شده است؟	
					3 آیا عدم خرید حفاظ مناسب توسط مدیریت منجر به حوادث سقوط به کانال شده است؟	
					4 آیا خطای اپراتور و عدم جاگذاری صحیح حفاظ منجر به حوادث سقوط به کانال شده است؟	
					5 آیا عدم آموزش کافی پرسنل منجر به حوادث سقوط به کانال شده است؟	
					6 آیا عدم دقت و تعهد در ساخت تجهیزات ایمن منجر به حوادث سقوط از سطح کار شده است؟	
					7 آیا عدم نظارت واحد HSE باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					8 آیا عدم استفاده از سطوح ایمن و آجدار جهت ساخت پله باعث حوادث سقوط از سطح کار شده است؟	
					9 آیا بی احتیاطی و عجله در هنگام تردد باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					10 آیا عدم تعهد پرسنل در انجام کار اصولی باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					11 آیا عدم استفاده از تجهیزات ایمن باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					12 آیا ضعف مدیریتی و عدم اختصاص تایم مناسب جهت انجام تعمیرات و بازرسی های دوره ای باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					13 آیا عدم آموزش کافی پرسنل و به کارگیری نیروی غیر تخصصی در کارهای غیر مرتبط باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					14 آیا نداشتن مهارت در انجام کار و طراحی نامناسب محیط کار	

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

					باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					15 آیا ضعف مدیریتی و کافی نبودن تعداد پرسنل جهت انجام کار باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					16 آیا خستگی پرسنل به علت گرمای و عجله در کار باعث حوادث سقوط سقوط از سطح کار شده است؟	
					17 آیا عدم مهارت در انجام کار باعث حوادث سقوط از روی وسائل نقلیه شده است؟	
					18 آیا عدم آموزش کافی پرسنل منجر به حوادث سقوط از روی وسائل نقلیه شده است؟	
					19 آیا عدم وجود مسیر ایمن جهت تردد بر روی ماشین آلات بارگیری منجر به حوادث سقوط از روی وسائل نقلیه شده است؟	

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

احتمال					پرسش نامه سقوط اشیا	
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	سوالات	ردیف
					1 آیا نامناسب قرار دادن شی روی سطح کار باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					2 آیا عدم آموزش کافی اپراتور باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					3 آیا بسته بندی نامناسب مواد اولیه باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					4 آیا خطای اپراتور باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					5 آیا نامناسب بودن وسایل باربرداری باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					6 آیا سخت بودن شرایط کار باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					7 آیا نامناسب بودن وسایل حفاظت فردی باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					8 آیا عدم وجود محل مناسب جهت گرفتن قطعه و حمل آن باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					9 آیا ضعف مدیریتی و انجام کار غیر ایمن باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	
					10 آیا ضعف واحد HSE در آموزش ارگونومی باعث حوادث سقوط اشیا شده است؟	

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

احتمال					پرسش نامه برخورد شی	
خیلی کم	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد	سوالات	ردیف
					1 آیا لیز بودن سطح کار باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					2 آیا بی توجهی اپراتور باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					3 آیا خستگی و فشار کاری بالا باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					4 آیا قرا گرفتن در مکان ناایمن باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					5 آیا ضعف مدیریتی و عدم خرید مواد اولیه با کیفیت مناسب باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					6 آیا اعدم دقت اپراتور در برش ورق اولیه به ورق هایی با ضخامت پایین تر باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					7 آیا عدم خط کشی و مشخص کردن مناطق خطر باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					8 آیا عدم آموزش کافی پرسنل باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					9 آیا تنظیم نبودن دستگاه باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					10 آیا عدم انجام بازرسی های دوره ای باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					11 آیا عدم آموزش پرسنل پیمانکار باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					12 آیا خطای اپراتور و برش تخته چوبی با سنگ فرز باعث حوادث برخورد شی شده است؟	
					13 آیا عدم دید کافی اپراتور اتاق کنترل و ناهماهنگی بین اپراتور اتاق کنترل و اپراتور تنظیم کننده خط تولید باعث حوادث برخورد شی شده است؟	

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

14	آیا قرار گرفتن در مکان نایمن باعث حوادث برخورد شی شده است؟				
15	آیا قرار گرفتن در مکان نایمن باعث حوادث برخورد شی شده است؟				
16	آیا خستگی به علت گرما و تایم کاری زیاد باعث حوادث برخورد شی شده است؟				
17	آیا تنظیم نبودن و عدم بازرسی دوره ای دستگاه ها خط تولید باعث حوادث برخورد شی شده است؟				

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

احتمال					پرسش نامه گیر کردن بین دو شی	
خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم	سوالات	ردیف
					آیا نداشتن تمرکز به علت گرما، خستگی، فشار کاری، تایم کاری بالا و کمبود نیرو باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	۱
					آیا عدم آموزش مدیران، سرپرستان و پرسنل باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	۲
					آیا کمبود مهارت و تجربه کاری باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	3
					آیا عدم وجود تجهیزات مناسب جهت آزاد کردن میلگرد باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	4
					آیا عدم توجه اپراتور به نکات ایمنی باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	5
					آیا کمبود مهارت و تجربه کاری باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	6
					آیا بی احتیاطی اپراتور باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	7
					آیا انجام کار غیر مرتبط با تخصص فرد باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	8
					آیا عدم آموزش کافی پرسنل باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	9
					آیا شرایط کاری سخت و شرایط نامناسب ارگونومی باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	10
					آیا عجله و عدم هماهنگی بین پرسنل هنگام خارج کردن شمش فولادی باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	11
					آیا عدم آموزش کافی پرسنل باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	12
					آیا بی احتیاطی پرسنل باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	13
					آیا عبور از مسیر غیر ایمن باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟	14

ارائه یک مدل یکپارچه ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش های FTA،FMEA و AHP با رویکرد فازی. مطالعه موردی: فاز بهره برداری صنایع فولاد

15	آیا ضعف مدیریتی و عدم خط کشی مناطق ناایمن باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
16	آیا بی احتیاطی اپراتور و عبور از مسیر ناایمن باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
17	آیا قرار دادن دست در مکان ناایمن شاهین جرثقیل باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
18	آیا نداشتن محل ایمن جهت گرفتن و هدایت شاهین جرثقیل باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
19	آیا عدم آموزش تخصصی پرسنل باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
20	آیا بی احتیاطی اپراتور و جابجایی ضایعات با دست باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
21	آیا بی نظمی در محیط کار باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
22	آیا خستگی و تایم کاری زیاد در مشاغل سخت و زیان آور باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
23	آیا نداشتن حفاظ باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
24	آیا عدم آموزش کافی پرسنل باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				
25	آیا ضعف مدیریتی و عدم تعهد به الزامات HSE باعث حوادث گیر کردن بین دو شی شده است؟				

Abstract

This research aims to providing an integrated model of safety risk assessment using FMEA, FTA and AHP methods with a fuzzy approach in the operation phase of the steel industry. In terms of classification of research in terms of purpose, it is an applied research, in terms of data collection is descriptive-non-experimental and among the various descriptive research methods has been considered as a case study.

The statistical population of the research for the questionnaire included 16 steel industry experts in the study area, among whom the questionnaire of experts was distributed. According to studies, the main criteria of research include life, financial, environmental and organizational credibility or reputation. To analyze the data, events were first screened using Delphi technique and 4 incidents of falling from a height, falling objects, collision of an object and getting stuck between two objects were examined, then using the integration of error tree and fuzzy questionnaire. Numerical probability of occurrence and detection of accidents and also using fuzzy AHP, the numerical value of the severity of accidents was obtained and finally by multiplying these three numbers, the RPN for the FMEA method of each accident was obtained. "Falling from a height" with an RPN of 0.3233 is the first priority.

Keywords: Risk Assessment, Steel Industries, FMEA, FTA, Fuzzy AHP



Energy Institute of Higher Education

Thesis Title

Development of Integrating Risk Assessment Model by use the Fuzzy FMEA, FTA, AHP. Case study: production phase of Steel Industry.

By:

Jalal-Abbasi

Supervisor:

Dr.Mohsen-falahati

Dr.Mostafa-Adelizadeh

December 2020