



مؤسسه آموزش عالی غیر دولتی غیر انتفاعی انرژی

ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA

مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره

مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی سیمان آبیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی شیمی گرایش ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست (HSE)

استاد راهنما:

دکتر مصطفی عادل‌زاده

استاد مشاور:

دکتر مجتبی میرزایی

پژوهشگر:

حمیدرضا منصور

زمستان ۱۳۹۷



تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانب حمیدرضا منصور به شماره دانشجویی ۱۸۲۹ دانشجوی رشته مهندسی شیمی - ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تأیید می‌نمایم که کلیه‌ی نتایج این پایان‌نامه/رساله حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداری‌شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده‌ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی ...) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسئولیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذی‌صلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسئولیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی:

امضا و تاریخ:

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط

استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- ☐ بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضا:

سپاسگزاری

با سپاس از سه وجود مقدس:

آن‌که ناتوان شد تا من به توانایی برسم.....

موهایش سپید شد تا من روسفید شوم.....

و عاشقانه سوخت تا گرمابخش وجود من و روشنگر راهم باشد.....

پدرم

مادرم

استادم

تقدیم به:

پدرم به استواری کوه، مادرم به زلالی چشمه، همسرم به صمیمیت باران، پسر و
دخترم به طراوت شبنم و تمامی پویندگان طریق علم و معرفت.

چکیده:

با وجود این واقعیت که پیشرفت زیادی در حوزه ایمنی در دهه اخیر حاصل شده است، حوادث و آسیب‌ها هنوز در سایت‌ها اتفاق می‌افتد و این نشان‌دهنده این است که پیشرفت و ارتقاء ساختار ایمنی محدوده وسیعی را در برمی‌گیرد. با توجه به اهمیت ارزیابی ریسک ایمنی در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیک، کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیک مورد بررسی قرار می‌گیرد. این تحقیق باهدف ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک TOPSIS مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیک صورت گرفته است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از دو رویکرد FMEA-TOPSIS و AHP-TOPSIS و مقایسه نتایج آن با یکدیگر صورت گرفته است. جامعه آماری تحقیق برای پرسشنامه تعداد ۱۰ نفر از خبرگان کارخانه سیمان آبیک مورد مطالعه را شامل شده است که پرسشنامه خبرگان در میان آن‌ها پخش شد. بر اساس مطالعات صورت گرفته معیارهای اصلی تحقیق شامل بلوورها / کمپرسورها، تعمیرات نوسازی، گیربکس‌ها، ماشین کار، فرزکار و مکانیک هیدرولیک می‌باشد، که هر یک به نوبه خود از تعدادی زیر معیار تشکیل شده‌اند؛ این معیارها و زیرمعیارها از طریق روش FMEA و ارزیابی ریسک دقیق کارخانه به دست آمدند. بر اساس نتایج تحقیق اثبات شد، بهترین راهکار، بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص است. کاربرد این تحقیق شناسایی و اولویت‌بندی ریسک‌های موجود به منظور کاهش ریسک و اتخاذ بهترین راهکارها می‌باشد.

کلید واژگان : ریسک ایمنی، FMEA، رویکرد MCDM

فهرست مطالب

..... فصل اول: کلیات تحقیق	
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- بیان مسئله	۱
۳-۱- ضرورت تحقیق	۳
۴-۱- اهداف تحقیق	۴
۵-۱- سؤالات تحقیق	۴
۶-۱- فرضیات تحقیق	۴
۷-۱- روش تحقیق	۵
۸-۱- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات فنی و تخصصی	۵
..... فصل دوم: ادبیات پژوهش	
۱-۲- مقدمه	۶
۲-۲- مبانی نظری پژوهش	۷
۱-۲-۲- تعریف ایمنی	۷
۲-۲-۲- تاریخچه ایمنی	۸
۳-۲-۲- گستره و کاربردهای ایمنی و بهداشت حرفه ای	۸
۴-۲-۲- ویژگی های سیستم های موفق ایمنی	۹
۵-۲-۲- مخاطرات ایمنی سیمان	۱۰
۲-۵-۲-۲- تماس سیمان با پوست	۱۱
۳-۵-۲-۲- تماس سیمان با چشم	۱۲
۴-۵-۲-۲- تنفس سیمان	۱۲

۱۲.....	۶-۲-۲- ریسک
۱۳.....	۷-۲-۲- خصوصیات ریسک
۱۴.....	۸-۲-۲- ریسک قابل قبول
۱۵.....	۹-۲-۲- ارزیابی ریسک
۱۵.....	۱-۹-۲-۲- شناسایی ریسک
۱۶.....	۲-۹-۲-۲- شناسایی افراد در معرض خطر
۱۶.....	۳-۹-۲-۲- ارزیابی اقدامات احتیاطی و پیشگیرانه موجود
۱۷.....	۴-۹-۲-۲- ثبت یافته ها
۱۷.....	۵-۹-۲-۲- حذف خطرات
۱۸.....	۱۰-۲-۲- اصول و قوانین هفت گانه جهت رفع ریسک ها و بهبود عملکرد ایمنی
۲۰.....	۱۱-۲-۲- مدیریت ریسک
۲۳.....	۱۲-۲-۲- معرفی تکنیک های ارزیابی ریسک
۲۴.....	۱۳-۲-۲- روش حالات شکست و تحلیل اثرات آن (FMEA)
۲۵.....	۱۴-۲-۲- تاریخچه FMEA
۲۵.....	۱۵-۲-۲- مراحل اجرای روش ارزیابی ریسک FMEA
۲۶.....	۱۶-۲-۲- محدودیت های روش ارزیابی ریسک FMEA
۲۷.....	۱۷-۲-۲- اهداف روش ارزیابی ریسک FMEA
۲۷.....	۱۸-۲-۲- حوادث ناشی از کار
۲۸.....	۱۹-۲-۲- عامل ودلائل وقوع حادثه کاری
۳۰.....	۲۰-۲-۲- شاخص های پایش میزان موفقیت ارزیابی ریسک در کاهش حوادث
۳۰.....	۱-۲۰-۲-۲- ضریب تکرار حوادث (AFR)

۳۰	۲-۲۰-۲-۲- ضریب شدت حوادث (ASR)
۳۱	۲-۲۰-۳- شاخص شدت - تکرار حادثه (FSI)
۳۱	۲-۲۰-۴- ضریب وفور حوادث مرگبار (FAFR)
۳۱	۲-۲۱- نقش انگیزه کارکنان در همکاری با برنامه های ارزیابی ریسک و ایجاد رضایت شغلی
۳۲	۲-۲۲- نقش اقدامات کنترلی در اثربخشی ارزیابی ریسک
۳۳	۲-۲۳- اولویت بندی اقدامات کنترلی بر اساس ارزیابی ریسک
۳۵	۲-۳- معرفی سازمان
۳۵	۲-۳-۱- اقدامات HSE کارخانه سیمان آبیک
۳۶	۲-۳-۲- تاریخچه کارخانه سیمان آبیک
۳۶	۲-۳-۳- توسعه و افزایش ظرفیت کارخانه سیمان آبیک
۳۶	۲-۳-۴- خط مشی، مأموریت و چشم انداز کارخانه سیمان آبیک
۳۶	۲-۳-۱- خط مشی
۳۸	۲-۳-۲- مأموریت
۳۸	۲-۳-۳- چشم انداز
۳۹	۲-۴- پیشینه پژوهش
۳۹	۲-۴-۱- مطالعات داخلی
۴۳	۲-۴-۲- مطالعات خارجی
	فصل سوم: روش تحقیق
۴۷	۳-۱- مقدمه
۴۷	۳-۲- نوع پژوهش

- ۳-۳- روش تحقیق..... ۴۸
- ۳-۴- روش گردآوری داده‌ها..... ۴۹
- ۳-۵- روش و ابزار گردآوری اطلاعات..... ۵۲
- ۳-۶- روایی و پایایی ابزار گردآوری داده‌ها..... ۵۲
- ۳-۷- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات..... ۵۳
- ۳-۷-۱- تکنیک FMEA..... ۵۳
- ۳-۷-۱-۱- عملکرد..... ۵۵
- ۳-۷-۱-۲- حالات خطا (بیان مشکلات)..... ۵۵
- ۳-۷-۱-۳- علل پیدایش مشکلات..... ۵۶
- ۳-۷-۱-۴- اثرات..... ۵۶
- ۳-۷-۱-۵- وخامت اثرات..... ۵۷
- ۳-۷-۱-۶- رخداد..... ۵۸
- ۳-۷-۱-۷- کنترل‌های جاری..... ۵۹
- ۳-۷-۱-۸- احتمال کشف..... ۵۹
- ۳-۷-۱-۹- محاسبه RPN (اختصاص نمره اولویت خطرپذیری برای هر شکل)..... ۶۰
- ۳-۷-۱-۱۰- تفسیر FMEA به کمک نمودار ناحیه بندی شده..... ۶۱
- ۳-۷-۱-۱۱- آیا اصلاح نیاز است؟..... ۶۱
- ۳-۷-۱-۱۲- اقدامات اصلاحی و پیشنهادی..... ۶۱
- ۳-۷-۱-۱۳- تعیین مسئولیت و وظایف..... ۶۲
- ۳-۷-۱-۱۴- تصحیح فرایند طبق اقدامات اصلاحی..... ۶۲
- ۳-۷-۲- الگوریتم استفاده از AHP..... ۶۲

۳-۷-۳- تکنیک TOPSIS.....	۶۶
..... فصل چهارم : یافته‌ها	
۱-۴- مقدمه.....	۶۸
۲-۴- طراحی مدل فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP).....	۶۸
۳-۴- حالات شکست و تجزیه تحلیل اثرات آن (FMEA).....	۷۰
۱-۳-۴- بلوورها / کمپرسورها.....	۷۰
۲-۳-۴- تعمیرات نوسازی.....	۷۴
۳-۳-۴- گیربکس‌ها.....	۷۶
۴-۳-۴- ماشین کار، فرزکار.....	۸۰
۵-۳-۴- مکانیک هیدرولیک.....	۸۱
۴-۴- مقایسه زوجی معیارهای اصلی بر اساس هدف (W21).....	۸۵
۵-۴- مقایسه زوجی زیرمعیارها (W32).....	۸۶
۱-۵-۴- مقایسه زوجی زیر معیارهای بلوورها / کمپرسورها.....	۸۷
۲-۵-۴- مقایسه زوجی زیر معیارهای تعمیرات نوسازی.....	۸۹
۳-۵-۴- مقایسه زوجی زیر معیارهای گیربکس‌ها.....	۹۱
۴-۵-۴- مقایسه زوجی زیر معیارهای ماشین کار/ فرزکار.....	۹۳
۵-۵-۴- مقایسه زوجی زیر معیارهای مکانیک هیدرولیک.....	۹۵
۶-۴- اولویت نهائی شاخص‌ها با تکنیک AHP.....	۹۶
۷-۴- انتخاب راهکار (هدف) با تکنیک AHP-TOPSIS.....	۹۹
۸-۴- انتخاب راهکار (هدف) با تکنیک FMEA-TOPSIS.....	۱۱۰
..... فصل پنجم بحث و نتیجه‌گیری	۱۱۷

۱۱۸.....	۱-۵- مقدمه
۱۱۹.....	۲-۵- خلاصه پژوهش
۱۲۰.....	۳-۵- نتایج پژوهش
۱۲۴.....	۴-۵- محدودیت‌های پژوهش
۱۲۵.....	۵-۵- پیشنهادها
۱۲۵.....	۱-۵-۵- پیشنهادهای کاربردی
۱۲۷.....	۲-۵-۵- پیشنهادها به پژوهشگران دیگر
۱۲۸.....	منابع
۱۳۵.....	پرسشنامه خبره

فهرست جداول

- جدول ۳-۱- ارزش گذاری شاخص ها نسبت به هم، مقیاس نه درجه ساعتی ۵۰
- جدول ۳-۲- مقیاس امتیازدهی ۹ درجه تحلیل زوجی ۵۰
- جدول ۳-۳- ریسک های مؤثر شناسایی شده در کارگاه های تخصصی کارخانه سیمان آبیک ۵۰
- جدول ۳-۴- راهکارهای کاهش ریسک ۵۱
- جدول ۳-۵- نمونه جدول FMEA ۵۵
- جدول ۳-۶- درجه بندی و تفسیر عدد وخامت ۵۷
- جدول ۳-۷- درجه بندی و تفسیر احتمال رخداد ۵۸
- جدول ۳-۸- امتیازدهی احتمال کشف ۶۰
- جدول ۳-۹- شاخص تصادفی بودن ۶۵
- جدول ۴-۱- معیارها و زیر معیارهای مدل و نمادهای مورد استفاده ۶۹
- جدول ۴-۲- ارزیابی ریسک بلوورها / کمپرسورها ۷۱
- جدول ۴-۳- ارزیابی ریسک تعمیرات نوسازی ۷۴
- جدول ۴-۴- ارزیابی ریسک گیربکس ها ۷۷
- جدول ۴-۵- ارزیابی ریسک ماشین کار، فرزکار ۸۰
- جدول ۴-۶- ارزیابی ریسک مکانیک هیدرولیک ۸۱
- جدول ۴-۷- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی ۸۵
- جدول ۴-۸- تعیین اولویت زیرمعیارهای بلوورها / کمپرسورها ۸۷
- جدول ۴-۹- تعیین اولویت زیرمعیارهای تعمیرات نوسازی ۸۹
- جدول ۴-۱۰- تعیین اولویت زیرمعیارهای گیربکس ها ۹۱

جدول ۴-۱۱- تعیین اولویت زیرمعیارهای ماشین کار/ فرزکار	۹۴
جدول ۴-۱۲- تعیین اولویت زیرمعیارهای مکانیک هیدرولیک	۹۵
جدول ۴-۱۳- اولویت بندی نهایی شاخص های تحقیق	۹۶
جدول ۴-۱۴- اهداف (گزینه ها) مدل و نماد آنها	۱۰۰
جدول ۴-۱۵- ماتریس تصمیم گیری تکنیک TOPSIS	۱۰۰
جدول ۴-۱۶- ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس شده	۱۰۲
جدول ۴-۱۷- ماتریس بی مقیاس شده موزون	۱۰۴
جدول ۴-۱۸- ایده آل مثبت و منفی	۱۰۶
جدول ۴-۱۹- مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت و منفی	۱۰۷
جدول ۴-۲۰- محاسبات d^+ و d^-	۱۰۸
جدول ۴-۲۱- مقادیر CL محاسبه شده	۱۰۸
جدول ۴-۲۲- ماتریس بی مقیاس شده موزون	۱۱۰
جدول ۴-۲۳- ایده آل مثبت و منفی	۱۱۲
جدول ۴-۲۴- مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت و منفی	۱۱۴
جدول ۴-۲۵- محاسبات d^+ و d^-	۱۱۴
جدول ۴-۲۶- مقادیر CL محاسبه شده	۱۱۵
جدول ۴-۲۷- مقایسه نتایج دو آزمون AHP-TOPSIS و FMEA-TOPSIS	۱۱۶

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲- چرخه دمینگ، منبع..... ۱۰
- شکل ۲-۲- نمودار فرآیند مدیریت ریسک ۲۲
- شکل ۱-۳- الگوریتم اجرای پژوهش ۴۹
- شکل ۲-۳- شرح پیاده‌سازی تکنیک FMEA..... ۵۴
- شکل ۳-۳- سلسله‌مراتب مسئله تصمیم ۶۳
- شکل ۱-۴- اولویت‌بندی معیارهای اصلی بر اساس هدف پژوهش..... ۸۶
- شکل ۲-۴- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای بلوورها / کمپرسورها ۸۸
- شکل ۳-۴- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای تعمیرات نوسازی ۹۰
- شکل ۴-۴- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای گیربکس‌ها ۹۲
- شکل ۵-۴- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای ماشین کار/ فرزکار ۹۴
- شکل ۶-۴- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای مکانیک هیدرولیک ۹۵
- شکل ۷-۴- تعیین اولویت نهائی زیرمعیارهای نهایی ۹۸
- شکل ۸-۴- اولویت نهایی راهکارها با استفاده از تکنیک AHP-TOPSIS..... ۱۰۹
- شکل ۹-۴- اولویت نهایی راهکارها با استفاده از تکنیک FMEA-TOPSIS ۱۱۶

فصل اول

کلیات تحقیق

۱-۱- مقدمه

با توجه به اهمیت ارزیابی ریسک ایمنی در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ، در این فصل کلیات مربوط به پژوهش بررسی ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA^۱ مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ مورد بررسی قرار می‌گیرد. به این ترتیب که در ابتدا به شرح و بیان مسئله پژوهشی پرداخته می‌شود تا مبانی لازم جهت توجیه چرایی انجام پژوهش حاضر فراهم آید. در ادامه اهداف پژوهش بیان می‌شود. سپس قلمرو پژوهش به لحاظ زمانی و مکانی معین می‌شود و روش مورد استفاده در پژوهش حاضر به اختصار توضیح داده می‌شود. در نهایت نیز به تعریف کاربردی واژه‌های پژوهش پرداخته می‌شود تا مطالعه پژوهش حاضر به صورتی ساده و قابل فهم میسر شود.

۱-۲- بیان مسئله

با وجود این واقعیت که پیشرفت زیادی در حوزه ایمنی در دهه اخیر حاصل شده است، حوادث و آسیب‌ها هنوز در سایت‌ها اتفاق می‌افتد و این نشان‌دهنده این است که پیشرفت و ارتقاء ساختار ایمنی محدوده وسیعی را در برمی‌گیرد. این حوادث و آسیب‌ها هزینه بسیار زیادی را به نیروی انسانی، شرایط اجتماعی و مالی شرکت‌ها وارد می‌کند.

طی سالان اخیر، روش‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک توسعه یافته‌اند. یکی از این روش‌ها، شیوه حالت‌های شکست و تجزیه و تحلیل پیامدمی باشد (FMEA). این روش اولین بار، برای تجزیه و تحلیل سیستماتیک حالت‌های شکست و پیامدهای متعاقب آن‌ها در

^۱Failure mode and effects analysis

محصولات نظامی، به ویژه در صنعت هوانوردی مورد استفاده قرار گرفت شناسایی، مهم ترین هدف کاربرد روش FMEA حالت های شکست بالقوه در اجزای سیستم، تعیین علل، ارزیابی اثرات آنها بر روی عمل کرد سیستم و نهایتاً تعیین راه هایی است که بتوان شانس وقوع و پیامدها را کاهش و قابلیت تشخیص حالت های شکست را افزایش داد. در روش سستی متداول (FMEA) از عدد اولویت ریسک (RPN)، برای محاسبه ریسک حالات مختلف شکست سیستم استفاده می شود که خود RPN حاصل ضرب سه ریسک فاکتور احتمال وقوع (O) شدت پیامد (S) و قابلیت تشخیص (D) می باشد. بدیهی است هرچه مقدار RPN بالاتر باشد، میزان ریسک مرتبط باحالت شکست مدنظر نیز بیش تر می گردد. هدف محاسبه RPN اولویت بندی حالت های شکست می باشد. علیرغم کاربرد وسیع FMEA، که کاربرد این روش را به خصوص زمانی که این روش به منظور آنالیز بحرانیّت در محاسبه $RPNs$ استفاده شود محدود می کند.

از جمله محدودیت های FMEA سستی را می توان به صورت زیر بیان نمود:

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

(۲) ترکیب ریسک فاکتورهای مختلف می تواند یکسان شود، درحالی که ماهیت RPN منجر به ریسک های ایجاد شده متفاوت می باشد.

(۳) تعیین دقیق ریسک فاکتورها (S,O,D) اغلب مشکل می باشد. اعضای تیم FMEA ممکن است برای ریسک فاکتورهای مشابه، ارزیابی های متفاوتی داشته باشند که برخی از آنها ممکن است غیردقیق، نامطمئن و ناقص باشند که به دلیل محدودیت زمانی، فقدان تجربه و داده های کافی ایجاد می شوند.

¹Risk Priority Number

²Occurrence

³Severity

⁴Detection

۴) فرمول محاسباتی RPN موردتردید بوده و دارای یک بنیه علمی قوی نمی‌باشد منطق خاصی در مورد علت ضرب نمودن S,O,D برای محاسبه RPN وجود ندارد.

۵) ریسک فاکتورهای S,O,D بر اساس مقیاس‌های ترتیبی گسسته ارزیابی می‌شوند. این در حالی است که استفاده از عملیات ضرب برای مقیاس‌های ترتیبی بی‌معنی می‌باشد. بنابراین نتایج به‌دست‌آمده، نه تنها بی‌معنی، بلکه گمراه‌کننده نیز می‌باشند.

۶) RPN های به‌دست‌آمده پیوسته نبوده و دارای فواصل خالی زیادی در مقیاس ۱ تا ۱۰۰۰ می‌باشند.

علاوه بر این، میزان توزیع آن‌ها در قسمت‌های پایینی مقیاس ۱ تا ۱۰۰۰ شدیدتر می‌باشد. این موضوع می‌تواند باعث ایجاد مشکل در تفسیر نمودن اختلاف‌های بین RPN های متفاوت گردد.

۷) FMEA یک روش ارزیابی ریسک گروهی می‌باشد که تنها بر پایه نظرات شخصی یک نفر ارزیابی نمی‌شود. بنابراین گزارش استخراج مقدار واقعی هر یک از ریسک فاکتورها بر اساس نظر گروهی مشکل می‌باشد.

بر همین اساس در این پژوهش سعی شده است به‌منظور حل محدودیت‌های فوق‌الذکر، از روش اولویت‌بندی بر اساس شباهت به راه‌حل ایده آل TOPSIS^۱ استفاده می‌شود. این مطالعه به‌منظور بررسی کارایی و اثربخشی استقرار مدیریت ریسک موجود در سازمان انجام خواهد شد.

۱-۳- ضرورت تحقیق

با توجه به ضرورت مسئله ایمنی کارخانه‌های کشور، این موضوع برای کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ در این پژوهش موردبررسی قرارگرفته است.

از طرفی، علی‌رغم مطالعات صورت گرفته بر روی بحث ریسک‌های ایمنی و مفاهیم مربوط به آن، اما به‌صورت مشخص در رابطه با شناسایی ریسک‌های ایمنی کارگاه‌های تخصصی کارخانه

^۱The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

سیمان آبیک با استفاده از تکنیک FMEA و مقایسه آن با روش دیگری از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و مقایسه دو روش تحقیقی صورت نگرفته است. بنابراین این تحقیق به دنبال شناسایی ریسک‌ها و پیشنهاد راهکارهای مناسب برای پیشگیری و کمینه‌سازی وقوع مشکلات ایمنی در کارخانه سیمان آبیک با استفاده از تکنیک FMEA و روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشد.

۴-۱- اهداف تحقیق

- شناسایی ریسک‌های ایمنی در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیک
- رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیک
- ارائه راهکارهایی برای ریسک‌های ایمنی در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیک

۵-۱- سؤالات تحقیق

- چگونه می‌توان با ترکیب تکنیک‌های FMEA و MCDM^۱ نسبت به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های ایمنی در کارگاه‌های تخصصی اقدام کرد؟
- چه ریسک‌های ایمنی در کارگاه‌های تخصصی وجود دارد؟
- چگونه ریسک‌های ایمنی در کارگاه‌های تخصصی رتبه‌بندی شوند؟

۶-۱- فرضیات تحقیق

- ریسک‌های کارگاه‌های تخصصی با ترکیب تکنیک‌های FMEA و MCDM قابل ارزیابی می‌باشند.
- ریسک‌های کارگاه‌های تخصصی قابل شناسایی می‌باشند.
- ریسک‌های کارگاه‌های تخصصی را می‌توان الویت بندی کرد.

^۱Multiple-criteria decision-making

۱-۷- روش تحقیق

نظر به اینکه هدف اصلی از انجام این پژوهش ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ می‌باشد، می‌توان گفت پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی می‌باشد. این تحقیق، از نظر نحوه گردآوری داده‌ها توصیفی- غیرآزمایشی است و در میان انواع روش‌های تحقیق توصیفی در زمره مطالعه موردی قرار می‌گیرد.

۱-۸- تعریف واژه‌ها و اصطلاحات فنی و تخصصی

تعریف واژه‌ها و اصطلاحات فنی و تخصصی (به صورت مفهومی و عملیاتی):

ایمنی:

تعریف ایمنی عبارت است از "میزان درجه دور بودن از خطرات" و رسیدن به حدود و میزان خطر قابل قبول در محیط‌های مختلف را گویند [۱].

خطر:

واژه "Hazard" شرایطی است که دارای پتانسیل رساندن صدمه به افراد، تجهیزات و ساختمان‌ها، از بین بردن مواد یا کاهش کارایی در اجرای یک وظیفه از پیش تعیین شده می‌باشد [۱].

تکنیک FMEA:

یک وسیله سودمند برای برنامه‌ریزی و اجرای سیستم نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه است. به نحوی که در صنایع گوناگونی از آن استفاده می‌شود [۲].

۱-۹- قلمرو مکانی و زمانی تحقیق

الف: قلمرو موضوعی: این مطالعه در زمینه ارزیابی ریسک ایمنی انجام شده است.

ب: قلمرو مکانی تحقیق: تحقیق حاضر در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ انجام شده است.

ج: قلمرو زمانی تحقیق: تحقیق حاضر سال در سال ۹۷ صورت پذیرفته است.

فصل دوم

ادبیات پژوهش

۲-۱- مقدمه

توسعه روزافزون صنایع جدید جهت عرضه محصولات مورد نیاز جوامع انسانی، حاصل تغییر تکنیک‌ها و پیشرفت در ماشین‌آلات جدید است که عدم شناسایی دقیق این موارد (تغییر روش، ماشین‌آلات، مواد، سرعت تولید و...) می‌تواند بشر و محیط‌زیست را در معرض آسیب و خطرات جدی قرار دهد. از طرفی توسعه تکنولوژی در قرن ۲۱ و ریشه‌یابی بروز حوادث در صنایع، نقش نیروی انسانی در ایجاد خسارات سنگین انسانی، اقتصادی و زیست‌محیطی در صنایع را پررنگ‌تر نموده است [۳].

سازمان‌ها هر ساله با میلیاردها دلار خسارات انسانی، تجهیزاتی و حیثیتی به علت حوادث و بیماری‌های ناشی از کار و رفع آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از فعالیت‌های خود مواجه می‌باشند. این خسارات از موانع مهم توسعه محسوب می‌شوند و لذا منطقی است که مدیریت سازمان‌ها به موازات توجه به سایر جنبه‌های مدیریتی از قبیل کیفیت، اقتصادی و مالی، فن‌آوری، تولید و امثال آن، مدیریت بر جنبه‌های بهداشت حرفه‌ای، ایمنی و زیست‌محیطی را نیز مدنظر داشته باشند، چراکه بهبود در عملکرد کلی سازمان بدون پرداختن به این جنبه‌ها امکان‌پذیر نمی‌باشد [۴].

امروزه ثابت شده که اغلب حوادث به علت اعمال نایمن و یا شرایط نایمن به وقوع می‌پیوندند. کنترل و بهبود شرایط نایمن از راه فرآیندهای شناسایی و ارزیابی خطر و صدور اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی پیگیری می‌شود. در مورد کنترل اعمال نایمن یا رفتار نایمن پیشنهاد می‌شود تا افراد، تحت آموزش ایمنی و بهداشت قرار گیرند [۵].

اجرای صحیح ارزیابی ریسک شغلی می‌تواند ضمن پیشگیری از بسیاری از آسیب‌ها، نیازهای آموزشی کارگران را مشخص و در تدوین دستورالعمل‌های آموزشی ایمنی هر فعالیت و برنامه مدیریت ایمنی سیستم نقش بارزی ایفا کند [۶]. به منظور حفظ و صیانت نیروی انسانی نیاز

است که سیستم مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست که متکی بر اصل "پیشگیری قبل از وقوع" می‌باشد، در پروژه‌ها اعمال شود. چراکه با توجه به نرخ بالای بروز حوادث و وجود ریسک‌های غیرقابل قبول در پروژه‌ها به نظر می‌رسد لازم است که هرچه سریع‌تر نسبت به بررسی دقیق مغایرت‌های ایمنی و رفع آن اقدام گردد [۷].

طی سالیان اخیر، روش‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک توسعه یافته‌اند. یکی از این روش‌ها، شیوه حالت‌های شکست و تجزیه و تحلیل پیامد (FMEA) می‌باشد [۸]؛ که در تحقیق حاضر به آن پرداخته خواهد شد.

بنابراین ادبیات پژوهش مطالعه حاضر در سه بخش ارائه خواهد شد. در بخش اول مبانی نظری و مفاهیم ارزیابی ریسک ایمنی مورد بررسی قرار می‌گیرد، در بخش دوم به بیان توضیحاتی در زمینه مطالعه موردی پرداخته شده و در بخش سوم بر اساس مطالعات و مقالات موجود، مروری بر مطالعات انجام گرفته پیشین صورت خواهد گرفت.

۲-۲- مبانی نظری پژوهش

۲-۲-۱- تعریف ایمنی

ایمنی در لغت به معنی شرایط آزاد بودن از مشکلات یا آزاد بودن از شرایطی که موجب آسیب، صدمه یا خسارت می‌شود. درواقع ایمنی دربرگیرنده مجموعه تمهیداتی که جهت جلوگیری از بروز یا تخفیف آثار و عوارض نامساعد جانی و مالی حوادث طبیعی و غیرطبیعی نظیر سیل، طوفان، آتش‌سوزی، تصادف رانندگی و غیره صورت می‌گیرد است [۹]. ایمنی در یک سیستم ممکن است به عنوان کیفیتی از سیستم تعریف شود که اجازه می‌دهد سیستم تحت شرایط از پیش تعیین شده با حداقل خسارت ناشی از حادثه عمل کند [۱۰].

شورای ملی ایمنی ایالات متحده نیز در گزارش سالیانه (۱۹۸۹) ایمنی را کنترل خطرات برای دستیابی 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 برخلاف مفهوم ریسک مورد استفاده در محاورات روزمره و تجاری، مفهوم بردوباخت

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 غیرطبیعی (انسان‌ساخت) معنا کرد [۱۱].

۲-۲-۲- تاریخچه ایمنی

اساساً تئوری‌ها و ایده‌های مرتبط به ایمنی پس از قرن نوزدهم به‌منظور بهبود شرایط محیطی و اجتماعی و از طریق سیاست‌گذاری‌هایی در اسکان، بهداشت، شرایط شغلی، مراقبت‌های بهداشتی و مواردی از این دست به وجود آمدند [۹].

۲-۲-۳- گستره و کاربردهای ایمنی و بهداشت حرفه‌ای

اصول ایمنی و بهداشت در تمام مراحل فعالیت‌های عمرانی به کار گرفته شده و مورد توجه قرار می‌گیرند. مراحل مربوط به فعالیت‌های عمرانی عبارت‌اند از:

۱. ایمنی در طراحی و توسعه
۲. ایمنی در مرحله اجرایی پروژه
۳. ایمنی در عملیات بهره‌برداری و نگهداری: ایمنی در عملیات بهره‌برداری و نگهداری شامل موارد زیر می‌گردد:
 - شناسایی خطرات
 - ارزیابی ریسک
 - آنالیز فعالیت‌ها
 - برنامه‌ریزی برای موارد اضطراری
 - تهیه برنامه‌های اضطراری
 - تجهیزات اضطراری
 - ارتباطات و شرایط اضطراری
 - تمرینات اضطراری

- حفظ سازمان
 - مشاوره و تشکیل کمیته‌های ایمنی
 - نشست‌های مدیریتی
 - مستندسازی ایمنی
 - روش‌ها و دستورالعمل‌های کاری
 - مستندسازی مراجع
 - مجوزهای کاری
 - تعمیرات پیشگیرانه
 - تجهیزات و وسایل ایمنی افراد
 - خطرات بهداشتی و بهداشت صنعتی
 - تغییرات در فرآیندها
 - کنترل کار پیمانکاران
 - استفاده از علائم ایمنی
 - استفاده از رنگ‌ها 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 [۱۲].

۲-۲-۴- ویژگی‌های سیستم‌های موفق ایمنی

سیستم موفق ایمنی سیستمی است که بر مبنای چرخه دمینگ^۱ (PDCA)^۲ طرح‌ریزی شده باشد. این سیستم دارای پنج مرحله‌ی است که اجرای آن موجب بهبود مستمر سیستم ایمنی در سازمان خواهد شد که این مراحل به شرح ذیل می‌باشند:

✓ طراحی : (۱) خط‌مشی (۲) سازمان‌دهی

✓ اجرا : (۳) برنامه‌ریزی و اجرا

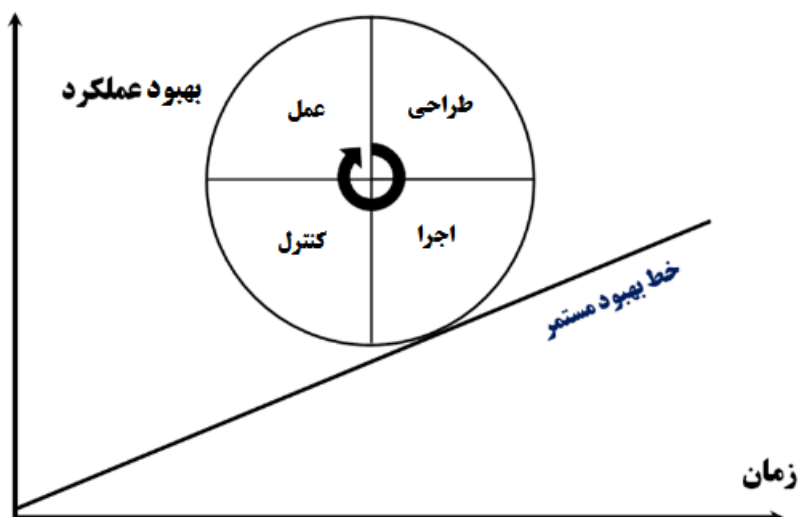
^۱DEMING CIRCLE

^۲PLAN-DO-CHECK-ACTION

✓ کنترل : (۴) ارزیابی عملکرد

✓ عمل : (۵) بازنگری عملکرد

به‌طورکلی این سیستم شرایطی که سازمان اکنون در آن قرار دارد و شرایطی که سازمان برای رسیدن به آن تلاش می‌کند و چگونگی رسیدن به این وضعیت را ترسیم می‌کند [۱۳].



شکل ۲-۱- چرخه دمیگ، منبع [۱۳].

۲-۲-۵- مخاطرات ایمنی سیمان

به‌طورکلی مخاطرات معمول سیمان شامل موارد ذیل است:

۱- اثرات کلی سیمان بر سلامتی

۲- تماس سیمان با پوست

۳- تماس سیمان با چشم

۴- تنفس سیمان

۲-۲-۵-۱- اثرات کلی سیمان بر سلامتی

سیمان در اثر تماس با پوست، چشم و یا تنفس گردوغبار ناشی از آن می‌تواند ایجاد بیماری نماید. احتمال وارد آمدن آسیب بستگی به مدت‌زمان، میزان تماس با سیمان و یا میزان حساسیت انسان نسبت به سیمان دارد. مواد خطرناکی که در آن وجود دارند، عبارت‌اند از:

- ترکیبات قلیایی نظیر آهک (اکسید کلسیم) که خورنده | بافت و نسوج بدن انسان است.
- مقادیر بسیار اندک سیلیس بلوری که باعث آسیب به پوست و شش‌های انسان می‌گردد.
- مقادیر بسیار اندک کروم که می‌تواند موجب حساسیت‌های آلرژیک شود [۱۴].

۲-۲-۵-۲- تماس سیمان با پوست

خطرات سیمان ناشی از وجود خواص سوزانندگی، ساینندگی و خشک‌کنندگی می‌باشد. تماس کوتاه‌مدت پوست با بتن و سپس شستشوی کامل از میزان سوزش پوست تا حد زیادی می‌کاهد؛ اما تماس دائم پوست باعث می‌شود که ترکیبات قلیایی در پوست نفوذ کنند و آن را بسوزانند. در صورتی که بتن خیس همراه با دوغاب در تماس دائم با پوست قرار گیرد، به‌عنوان مثال زمانی که به داخل کفش یا دستکش کارگر نفوذ کرده و یا از طریق لباس کار جذب شود، منجر به سوختگی درجه یک، دو، سه و یا ایجاد زخم در پوست می‌شود که بهبود این صدمات ماه‌ها به طول می‌انجامد و حتی ممکن است مستلزم بستری شدن در بیمارستان و پیوند پوست باشد. گردوغبار سیمان نیز می‌تواند پوست انسان را تحریک نماید. بعضی از کارگران نسبت به کروم شش ظرفیتی موجود در سیمان حساسیت دارند. درصد کمی از تمام کارگرانی که با سیمان سروکار دارند، حساسیت نسبت به کروم در آن‌ها افزایش یافته و علائمی در حد کهیر تا زخم شدید در پوست آن‌ها پدیدار می‌گردد. این امکان وجود دارد که شخصی سالیان متمادی با سیمان سروکار داشته باشد، ولی هیچ‌گونه واکنش‌های آلرژیکی در پوست و ظاهر نشود؛ ولیکن به‌طور ناگهانی حساسیت‌های آلرژیک در فرد پدیدار گردد. حساسیت

معمولاً برای مدت طولانی ادامه پیدا می کند و شخص نمی تواند با بتن خیس یا پودر سیمان کار نماید [۱۵].

۲-۲-۵-۳- تماس سیمان با چشم

تماس چشم با ذرات سیمان که در هوا معلق می باشد، می تواند سبب تحریک فوری یا تحریک تأخیری چشم ها شود. بسته به میزان تماس با سیمان، مشکلاتی برای شخص به وجود می آید که دامنه آن از قرمزی چشم تا سوختگی شیمیایی و کوری، متغیر می باشد.

۲-۲-۵-۴- تنفس سیمان

کارگران هنگام کار، مقدار زیادی از گردوغبار سیمان را تنفس می نمایند. در کوتاه مدت چنین تماسی بینی و گلوی شخصی را تحریک می کند و سبب بسته شدن لوله های تنفس و مشکل شدن تنفس می شود. تماس طولانی مدت و مکرر با گردوغبار سیمان می تواند منجر به از کارافتادگی و حتی بیماری مهلک ریوی سیلیکوزیس گردد. بعضی از مطالعات نشانگر ارتباط بین تماس با سیلیس کریستالین و سرطان ریه می باشد. کروم شش ظرفیتی موجود در سیمان می تواند در سیستم تنفسی انسان نیز حساسیت خاصی بنام آسم شغلی ایجاد نماید که علائم آن شامل تنگی نفس و وجود صدای خس خس هنگام تنفس می باشد. حساسیت در کارگران نسبت به کروم شش ظرفیتی ممکن است به مرور زمان افزایش یابد. موضوع اصلی در جلوگیری از بروز مخاطرات ناشی از گردوغبار سیمان داشتن اطلاعات دقیق از مواد تشکیل دهنده و مخصوصاً میزان سیلیس آزاد در مواد مصرفی است. آشنایی با ترکیبات سیمان های جدید بسیار حائز اهمیت است [۱۶].

۲-۲-۶- ریسک

امروزه هرچند 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 $P1 = 0/4$ و رویداد دوم دارای احتمال وقوع $P2 = 0/3$ 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 می‌شود، 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 برعکس باشد! بنابراین از آنجایی که اثر رویدادها به هیچ عنوان تأثیری در اندازه احتمال وقوع آن‌ها ندارد، نتیجه می‌گیریم که فقط احتمال رخداد یک رویداد، شاخص مناسبی جهت ارزیابی درجه ناگواری یا اهمیت یک رویداد نمی‌باشد. بنابراین در این زمینه از شاخص دیگری به نام ریسک استفاده می‌کنیم. ریسک مفهومی کامل‌تر از احتمال وقوع یک خطا بوده و علاوه بر احتمال رخداد دربرگیرنده شدت اثر آن نیز می‌باشد.

ریسک عبارت است از میزان درصد پذیرش هم‌زمان 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 می‌باشد. یکی از عوامل مهم دیگر تأثیرگذار در ریسک، پیش‌بینی و آشکارسازی رویداد، به معنای کشف و پیشگیری از وقوع یک رویداد ناگوار قبل از رخداد و تبدیل شدن آن به حادثه می‌باشد [۱۷].

۲-۲-۷- خصوصیات ریسک

ریسک در ذات هر کار و فعالیتی وجود دارد. می‌توان به وسیله یک سری استراتژی‌های خاص آن را کاهش داد یا آن را به گروه دیگری که توانایی بالاتری برای مقابله با آن رادارند انتقال داد. ولی در عمل تقریباً محال است که بتوان از تمام ریسک‌ها اجتناب کرد. یکی از مهم‌ترین خصوصیات ریسک ارزش‌مدار بودن آن است. هر کس با توجه به نوع تفکر خاص خود دیدگاه خاصی در مورد ریسک دارد و هرکسی حاضر به پذیرش سطح مشخصی از ریسک می‌باشد [۱۸].

۲-۲-۸- ریسک قابل قبول

با توجه به این حقیقت که ریسک همه خطرات و خرابی‌ها را نمی‌توان به‌طور کامل از بین برد، لذا پذیرش ریسک امری ناگزیر می‌باشد. بنابراین پس از شناخت و ارزیابی ریسک، مسئله پذیرش ریسک مطرح می‌شود، که یک تصمیم‌گیری مدیریتی است. در این زمینه ابتدا باید محدوده‌ها یا سطوح قابل پذیرش ریسک تعریف شوند.

ریسک قابل قبول^۱ ریسکی است که میزان آن، با در نظر گرفتن الزامات قانونی و خط‌مشی موجود، تا حد قابل قبول برای هر سیستم یا سازمان کاهش یافته باشد. پس از مشخص شدن لیست خطراتی که ریسک آن‌ها غیرقابل پذیرش است، باید اقدامات اصلاحی باهدف حذف یا کاهش ریسک آن‌ها انجام شود. اقدامات اصلاحی باهدف بهبود ایمنی و کاهش ریسک، باید با اولویت زیر انجام شوند:

- ✓ اصلاح طرح : با به‌کارگیری فناوری‌های نوآورانه مناسب برای بهبود شرایط.
- ✓ استفاده از وسایل ایمنی^۲: برای خطراتی که نمی‌توان آن‌ها را با اصلاح طرح کنترل نمود.
- ✓ استفاده از وسایل هشداردهنده^۳: برای خطراتی که نمی‌توان از رخداد آن‌ها جلوگیری کرد.
- ✓ تعریف رویه‌های ویژه و برنامه‌های آموزش و یادگیری : وقتی که هیچ‌یک از موارد فوق میسر یا کارساز نباشد از رویه‌های ویژه استفاده می‌شود. رویه‌های ویژه ممکن است شامل رویه‌های اضطراری، رویه‌های غیرمترقبه، الزامات کاری ارتقائی و یا نگهداری برنامه‌ریزی شده باشند [۱۹].

^۱Tolerable Risk

^۲Safety Devices

^۳Warning Devices

۲-۲-۹- ارزیابی ریسک

پس از شناسایی خطرات موجود در محیط کار، ارزیابی ریسک آغاز می‌شود که شامل مراحل زیر است:

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

۲-۲-۹-۱- شناسایی ریسک

شناسایی ریسک بیانی برای شناسایی عدم قطعیت‌هایی است که سازمان ممکن است با آن‌ها مواجه باشد. این امر نیازمند داشتن دانش نسبت به سازمان، نحوه‌ی عملکرد تأمین‌کنندگان 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، فرصت‌ها و تهدیدها تأثیرگذار هستند، افزایش یابد. برای این‌که بتوان اطمینان حاصل کرد که تمام فعالیت‌های اصلی سازمان شناسایی شده و ریسک‌های این فعالیت‌ها مشخص شده است، شناسایی ریسک باید از طریق یک روش نظام‌مند اصولی انجام شود، به‌طوری‌که بر اساس آن، جوانب مختلف فعالیت‌ها شناسایی و ریسک‌های آن‌ها طبقه‌بندی شده باشند. در شناسایی ریسک شناسایی افراد، تجهیزات و منابع در معرض خطر و چگونگی وارد آمدن خسارت به آن‌ها اهمیت زیادی دارد. به‌منظور شناسایی ریسک سه بخش عمده باید در نظر گرفته شود.

✓ محیط کار باید به‌طور کامل و با دقت مورد بازرسی قرار گرفته و کلیه عوامل مخاطره‌آمیز شناسایی و دسته‌بندی شوند.

✓ برای هر خطر و یا عمل مخاطره‌آمیز 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 مخاطره‌آمیز باید مشخص گردد.

در امر شناسایی خطرات باید تمهیدات لازم در خصوص جلب مشارکت کارکنان برای شناخت هرچه بهتر محیط فراهم گردد و همچنین از مراجع، مراکز و مشاورین ذی‌صلاح در این رابطه باید استفاده شود.

برخی از فعالیت‌ها دارای الزامات خاصی هستند که ممکن است در معرض خطر ویژه‌ای قرار داشته باشند. این‌گونه خطرات باید موردتوجه خاص بوده و باید کنترل گردد. در شناسایی و کنترل خطرات، همسایگان و مراکزی که از حیطه سازمان خارج هستند، باید موردتوجه قرار گیرند [۵].

۲-۲-۹-۲-۲- شناسایی افراد در معرض خطر

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

الف) پرسنل جوان، پرسنل جدید الاستخدام و کارآموزان

ب) پرسنل نظافتچی، ارباب‌رجوع، پیمانکاران، پرسنل بخش تعمیرات و به‌طورکلی افرادی که به‌طور دائمی در محیط کار حاضر نیستند، به دلیل شناخت کمترشان از محیط کار و خطرات آن، در معرض حوادث بیشتری قرار دارند [۲۰].

۲-۲-۹-۳- ارزیابی اقدامات احتیاطی و پیشگیرانه موجود

در این مرحله، باید در نظر بگیریم که چگونه هر خطری ممکن است سبب آسیب‌دیدگی افراد شود. به‌این‌ترتیب برای ما مشخص خواهد شد که آیا برای کاهش ریسک به انجام اقدامات اساسی‌تری نیاز است یا خیر. همچنین باید تعیین کنیم که ریسک‌های موجود بعد از انجام اعمال احتیاطی، تا چه حد باقی می‌مانند [۲۰].

۲-۲-۹-۴- ثبت یافته‌ها

یافته‌های مهم حاصل از ارزیابی باید ثبت گردند که این یافته‌ها شامل خطرات عمده و همچنین خطرات مهمی که افراد بیشتری در معرض آن‌ها قرار دارند و نیاز نتایج ارزیابی‌های صورت گرفته بر روی آن‌ها می‌باشد [۵].

۲-۲-۹-۵- حذف خطرات

آخرین مرحله در ارزیابی و تجزیه و تحلیل خطرات، تعیین روش‌هایی جهت حذف و یا کنترل مخاطرات شناسایی شده می‌باشد. جهت حذف خطرات می‌توان تکنیک‌های 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 کم‌خطر.

د) اصلاح و یا تغییر ابزار و تجهیزات مصرفی خطرناک با ابزار و تجهیزات بی‌خطر و کم‌خطر. در این مرحله، هدف حذف کامل خطرات موجود می‌باشد. اما در مواردی که چنین امری غیرممکن به نظر می‌رسد، باید سعی در کنترل خطرات و به حداقل رساندن احتمال آسیب دیدگی افراد شود. در این مورد می‌توان از روش‌هایی نظیر گذاشتن حصار در محل‌های خطرساز، نصب علائم خطر، حفاظ گذاری ماشین‌آلات، استفاده از لوازم حفاظت فردی، کاهش زمان تماس و مواجهه با عوامل خطرساز اشاره نمود.

و به‌طور 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. کنترل‌های فنی و مهندسی : کنترل ریسک در منبع ، جداسازی تجهیزات ،

عایق کاری، تهویه.

۵. نظم و انضباط کارگاهی.
۶. سیستم‌های کاری (ارائه دستورالعمل‌های 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 [۲۰].

۲-۲-۱۰- اصول و قوانین هفت‌گانه جهت رفع ریسک‌ها و بهبود عملکرد

ایمنی

قوانین هفت‌گانه جهت رفع ریسک‌های ایمنی عبارت‌اند از :

- ۱) تنها یک علت ریشه‌ای وجود ندارد.
- متفکران سعی دارند تنها یک علت ریشه‌ای 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 می‌گردد. رفتارهای نایمن در ۹۵ درصد و یا بیشتر از صدمات دخیل‌اند، خواه ارادی یا غیرارادی. اما این به آن معنی نیست که تنها رفتار نایمن افراد علت ریشه‌ای صدمات است.
- ۲) صدمات توسط محیط، رفتار و فاکتورهای فردی ایجاد می‌شوند.
- فاکتورهایی که به شبه حوادث یا صدمه منجر می‌شوند را می‌توان در سه دسته جای داد:
- محیطی (شامل ابزارها، تجهیزات و شرایط جوی محل کار)
 - فردی (شامل نگرش‌ها، اعتقادات و شخصیت افراد)
 - رفتاری (شامل رفتارهای ایمن و نایمن).
- فاکتورها درون و بین این سه دسته دارای تعامل می‌باشند، پویا و دوجانبه هستند. تغییر یک فاکتور در یک دسته بر دیگر فاکتورهای آن دسته تأثیر گذاشته و درنهایت بر فاکتورهای دیگر دسته نیز تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان نمونه تغییر در رفتار منجر به تغییر در محیط می‌شود. سیستم

مدیریت سازمان، یک فاکتور محیطی است که تأثیر به سزایی بر فاکتورهای انسانی و رفتار افراد می‌گذارد.

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

سنجش پیشگیرانه مداوم ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست سازمانی باید شامل ارزیابی‌های 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 ریسک‌های ایمنی در محیط کار هر سه دسته فاکتور را باهم بررسی کرد.

۴) بازرسی حوادث و صدمات، حقیقت‌یابی 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 جمع‌آوری اطاعات گشت، زیرا دید افراد منفی شده است. برای موفقیت بیشتر نباید بیش‌ازحد بر خروجی متمرکز شد بلکه باید وقت بیشتری بر روی تحلیل فرآیند صرف کرد.

۵) بازخور هم هدایت می‌کند، هم انگیزه می‌بخشد.

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

۶) اصل ثبات، تعهد را بیشتر می‌کند.

محققان سه‌راه برای ایجاد تعهد اولیه جهت انجام چیزی که به مشارکت جامع ختم می‌گردد، یافتند. اول، اگر افراد بدانند چه چیزی را متعهد می‌شوند، و در مورد تعهدشان سؤال کنند، مؤثرتر خواهند بود. دوم، تعهدات عمومی (اجتماعی) احتمال تغییر رفتار و نگرش مربوطه را بیشتر می‌کند، شاید به دلیل اینکه فشارهای اجتماعی بر فشارهای فردی در مورد

کردار فرد اضافه می‌گردد. سوم، شاید با احتمال بیشتر، هنگامی که افراد آن چیز را که عقیده و نظرشان است متعهد می‌شوند، اصل ثبات فعال‌تر می‌گردد.

۷) پذیرش اصل تقابل

این اصل در مورد ایمنی به دلیل اینکه می‌تواند 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 می‌داند برای شما احترام متقابلی قائل شود. آنانی که به‌طور سیستمی عمل می‌کنند، از این اصل استفاده می‌نمایند 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 سازمان‌ها می‌توان افراد را به‌گونه‌ای پیش برد که به‌طور آگاهانه و از روی میل باطنی به ایمنی خود و دیگران توجه نمایند [۲۱].

۲-۲-۱۱- مدیریت ریسک

یکی دیگر از شاخه‌های مدیریت که در دهه‌های اخیر جایگاه بااهمیتی در نظام مدیریت به دست آورده مدیریت ریسک است. تحولات عمده در محیط کسب‌وکار، مثل جهانی شدن کسب‌وکار و سرعت بالای تغییرات در فناوری، باعث افزایش رقابت و دشواری مدیریت در سازمان‌ها گردیده است. در محیط کسب‌وکار امروز، مدیریت و کارکنان می‌بایست توانایی برخورد با روابط درونی و وابستگی‌های مبهم و بغرنج میان فناوری، داده‌ها، وظایف، فعالیت‌ها، فرآیندها و افراد را دارا باشند. در چنین محیط‌های پیچیده‌ای، سازمان‌ها نیازمند مدیرانی هستند که این پیچیدگی‌های ذاتی را در زمان تصمیم‌گیری‌های مهمشان لحاظ و تفکیک کنند. مدیریت ریسک مؤثر که بر مبنای اصول مفهومی معتبر قرار دارد بخش مهمی از این فرآیند تصمیم‌گیری را تشکیل می‌دهد [۲۲].

هدف مدیریت ریسک عبارت است از تحقق اهداف از پیش تعیین شده مربوط به امور ریسک. این موضوع بدین معنا است که در یک سازمان، اعم از اینکه انتفاعی یا غیرانتفاعی باشد، باید شاخص‌های معینی وجود داشته باشد تا بتوان تأثیرات مالی نامطلوب فعالیت‌های

سازمان (اگر نتوانیم کاملاً حذف کنیم) کنترل کنیم. لذا فرایند شناسایی، اندازه‌گیری، نظارت و کنترل فعالیت‌های سازمان تحت مدیریت ریسک از اهمیت خاصی برخوردار است [۲۳].

سیستم مدیریت ریسک مجموعه‌ای از اصول ساده است که باید توسط مدیریت نهادها پیاده‌سازی و نهاد متضمن ایمنی آن‌ها را چک نماید. درواقع هدف مدیریت ریسک، حصول اطمینان از درستی خط‌مشی برای محدود کردن ریسک جانی و مالی در سطحی قابل قبول است. از این نگرش می‌توان دریافت که برای رسیدن به سطح ایمنی دلخواه بایستی بهای فراوانی پرداخت نمود [۲۴].

مدیریت ریسک نظامی است که سازمان ضمن شناسایی و تحلیل ریسک‌ها، مجموعه فنون و استراتژی‌های را برای رویارویی با آن‌ها اتخاذ می‌کند و میزان موفقیت مدیریت ریسک به میزان توانمندی در ارزیابی ریسک‌ها، به‌کارگیری ترکیب بهینه از استراتژی و وجود یک بازخور مناسب بستگی دارد. مدیریت ریسک به مدیران کمک می‌کند تا بتوانند هزینه‌های عملیاتی و اقتصادی خود را تعدیل کرده و آن‌ها را در اتخاذ بهترین تصمیمات یاری می‌دهد. یک شیوه مناسب مدیریت ریسک، چنانچه به‌خوبی پیاده‌سازی شود؛ می‌تواند به مدیران در شناسایی عوامل کنترلی مناسب کمک کند تا بتوانند امنیت لازم را در تحقق مأموریت سازمان پیاده کنند و درنتیجه می‌تواند بقای سازمان را تضمین کرده و سازمان را از خطر ریسک‌های کوچک و بزرگ موجود مصون بدارد. می‌توان به‌طور خلاصه فواید مدیریت ریسک را به شرح زیر برشمرد:

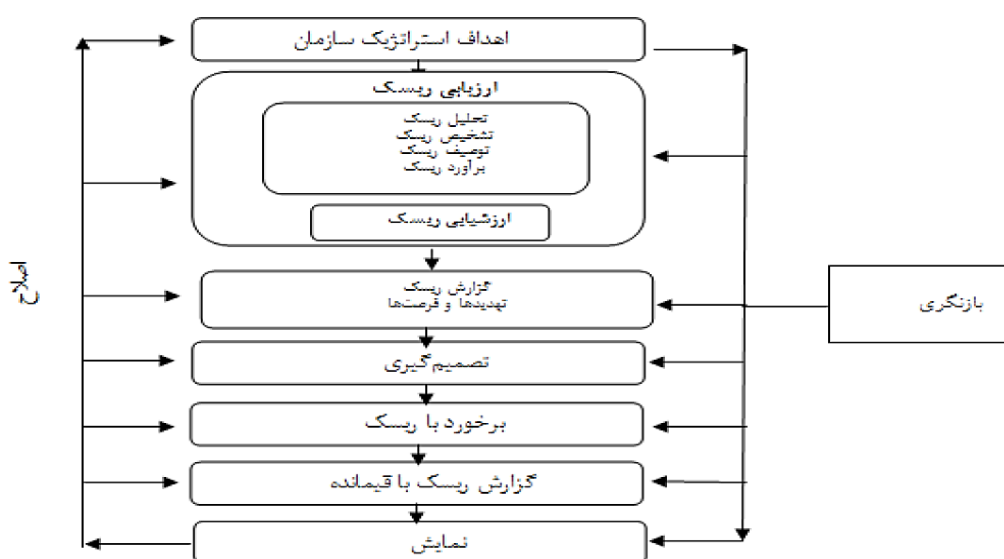
افزایش کارایی و اثربخشی، تسهیلات و روان‌سازی، کاهش هزینه، سرعت عمل و کاهش زمان انجام عملیات، بهبود ارتباطات، اطمینان از کنترل روی سیستم، شناسایی تهدیدات مربوط به پروژه یا سیستم و کمک در تحقق به‌موقع اهداف. مدیریت ریسک، ایجاد فرهنگ و زیرساخت به‌صورت منطقی و سیستماتیک است که سازمان را قادر به کمینه کردن خسارت و بیشینه کردن منافع می‌نماید. مدیریت ریسک شامل فرآیندهای برنامه‌ریزی، شناسایی، ارزیابی، پاسخگویی و کنترل و پایش ریسک است [۲۵].

مدیریت ریسک عبارت است از شناسایی، تحلیل، تدبیر و برنامه‌ریزی مدرن برای مواجه‌شدن با آثار مطالعه‌ی آئین و استقبال از اثرات ثبت آن. فرآیند مدیریت ریسک عبارت است از:

- برنامه‌ریزی مدیریت ریسک
- شناسایی ریسک و بررسی کیفی آن
- بررسی کمکی ریسک
- برنامه‌ریزی واکنشی و کنترل ریسک

ریسک در همه‌ی مؤسسات و سازمان‌ها وجود دارد و در صورت عدم مدیریت صحیح آن زیان‌های متعددی را وارد می‌سازد که این خسارت ممکن است به‌طور مستقیم و از طریق زمان‌های درآمدی و سرمایه‌ای ایجاد گردد، یا به‌صورت غیرمستقیم و از محدودیت‌ها جهت دستیابی به اهداف تجاری و مالی به وجود آید [۲۶].

از دیدگاه نظری، هر فعالیت توأم با درجه‌ای از ریسک است. ریسک را نمی‌توان کاملاً حذف کرد، بنابراین نگرش علمی به مسئله ریسک چیزی جز مدیریت آن نیست. ضرورت مدیریت و کنترل بهینه ریسک موجب شده است که مطالعات گسترده‌ای در این زمینه صورت گیرد که به‌سرعت در حال رشد و شکوفایی است. نمودار فرایند مدیریت ریسک در شکل (۲-۱) نمایش داده‌شده است:



شکل ۲-۲- نمودار فرآیند مدیریت ریسک [۲۷].

۲-۲-۱۲- معرفی تکنیک‌های ارزیابی ریسک

تجزیه و تحلیل ریسک و تکنیک‌های ارزیابی به سه دسته اصلی طبقه‌بندی می‌شوند :

الف- کیفی : تکنیک کیفی بر مبنای فرآیند تخمین تحلیلی و اطمینان توانایی مهندسان و مدیران می‌باشد و غالباً با روش‌های توضیحی منتج به حکم مهندسی و کارشناسانه می‌گردد. قضاوت کارشناسانه یا اجتهاد مهندسی را می‌توان برون‌داد این نوع تکنیک ارزیابی ریسک قلمداد نمود.

ب- کمی : ریسک‌هایی به صورت کمی مدنظر قرار می‌گیرند که بتوانند توسط روابط ریاضی تخمین زده شده و به کمک داده‌های تصادفی ثبت شده در محل کار، بیان گردند.

ج- تکنیک‌های پیوندی (کیفی، کمی، نیمه کمی) [۵].

برخی از روش‌های ارزیابی ریسک که غالباً مورد استفاده قرار می‌گیرند در ذیل اشاره شده است:

- 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 می‌شود اگر ؟ (WHAT IF?)
- تحلیل درخت خطا^۵ (FTA)
- ویلیام فاین (WILLIAM FINE)
- آنالیز ایمنی شغلی^۶ (JSA)
- ارزیابی مخاطرات شغلی^۷ (JHA)

^۱Failure Mode and Effect Analysis

^۲Preliminary Hazard Analysis

^۳Preliminary Hazard List

^۴Hazard and Operability Studies

^۵Fault Tree Analysis

^۷Job Safety Analysis

- ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم^۲ (DMRA)

- روش آنالیز لایه‌های حفاظتی^۳ (LOPA)

۲-۲-۱۳- 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 می‌رود. ملاحظه می‌شود اولین کاربرد این روش برای شناسایی ریسک (خطا) در یک سیستم است [۲۸].

یکی از مزیت‌های این روش نسبت به سایر روش‌های نیمه کمی ارزیابی ریسک، توجه به عوامل خطا (شکست) علاوه بر اثرات و پیامدهای حاصل از خطا است. درحالی‌که این مهم در روش درخت رویداد و درخت تصمیم در نظر گرفته نمی‌شود. در این روش‌ها، پیامدهای خروجی بعد از وقوع، برای هر یک از رخدادهای انتخابی نمایش داده شده و تجزیه و تحلیل می‌شوند. همچنین در مقایسه با روش درخت خطا که برای کشف خطا و یافتن علت رخداد خطا بسیار مفید است و به لحاظ محاسباتی روشی ساده‌تر است [۲۹].

در این روش ابتدا بر اساس جداول موجود برای روش تجزیه و تحلیل عوامل شکست، احتمال وقوع^۴ (O)، شدت^۵ (S) و احتمال کشف^۶ (D) ریسک‌ها استخراج و سپس با استفاده از فرمول زیر مقادیر عددی هر ریسک محاسبه می‌شود:

$$RPN = (S) \times (O) \times (D) \quad (۲-۱)$$

این سه عامل با مقیاسی از یک تا ۱۰ درجه‌بندی می‌شوند. در این فرمول شدت، رتبه نشان‌دهنده میزان جدی بودن اثر خرابی بر روی محصول و یا مشتری است. احتمال وقوع، رتبه‌ای است در ارتباط با احتمال رخ دادن یک علت خرابی و احتمال کشف، برآوردی از

^۱Job Hazard Assessment

^۲Decision Matrix Risk Assessment

^۳Layers of protection analysis

^۴Occurrence

^۵Severity

^۶Detection

شانس اینکه کنترل و یا کنترل‌های جاری بتواند حالت خرابی و یا علت خرابی را قبل از اینکه قطعه فرآیند تولید یا مونتاژ را ترک کند. همچنین درجه ریسک یک اندازه‌گیری از میزان خطرپذیر است که از حاصل ضرب شدت، وقوع و احتمال کشف به دست می‌آید [۳۰].

۲-۲-۱۴- تاریخچه FMEA

روش‌های تجزیه و تحلیل عوامل شکست و آثار آن سابقه‌ای 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 سال‌های اخیر به دلیل توسعه صنعت خودرو در امریکا و وضع استانداردهای QS9000 برای تهیه‌کنندگان قطعات، روش FMEA رواج بیشتری یافت. امروزه حتی این تکنیک نه تنها در انتخاب تجهیزات و ماشین‌آلات به عنوان یک وسیله کارآمد، بلکه به عنوان وسیله مناسبی برای انتخاب تکنولوژی تولید یک محصول نیز مطرح است (علی محمدی و عدل، ۱۳۸۷). علاوه بر این FMEA یک وسیله سودمند برای برنامه‌ریزی و اجرای سیستم‌های ایمنی پیشگیرانه نیز می‌باشد [۳۱].

۲-۲-۱۵- 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 منعکس‌کننده 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 ارزیابی‌شده می‌باشد تا بدین‌وسیله بتوان منابع مادی و انسانی سازمان را (متناسب با درجه بزرگی ریسک‌ها) صرف تعیین تکلیف و کاهش ریسک به حد قابل‌تحمل سازمان نمود. لازم است این سطح در روش ارزیابی ریسک شرکت تعریف‌شده باشد [۳۲].

۲-۲-۱۶- محدودیت‌های 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 می‌تواند منجر به RPN‌های یکسان شود، درحالی‌که ماهیت ریسک‌های ایجادشده متفاوت می‌باشد [۳۴].

۳. تعیین دقیق ریسک فاکتورها احتمال وقوع، شدت و احتمال کشف اغلب مشکل می‌باشد. اعضای تیم FMEA ممکن است برای ریسک فاکتورهای مشابه، ارزیابی‌های متفاوتی داشته باشند که برخی از آن‌ها ممکن است غیردقیق، نامطمئن و ناقص باشند که به دلیل محدودیت زمانی، فقدان تجربه و داده‌های کافی ایجاد می‌شوند [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 به دست 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].

۲-۲-۱۷- اهداف روش ارزیابی ریسک FMEA

اهداف FMEA عبارت اند 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 [۳۹].

۲-۲-۱۸- 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 غیر کشنده 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 می‌توانند منتج به ناتوانی، کاهش درآمد و تغییر در کیفیت زندگی کارگران و خانواده آن‌ها شوند، تأثیرات درخور توجهی را نیز بر میزان تولیدات و اقتصاد کشورها می‌گذارند [۴۰].

۲-۲-۱۹- عامل و دلایل وقوع حادثه کاری

حوادث معمولاً پیچیده‌اند. ممکن است عوامل به وجود آورنده حادثه ۱۰ مورد یا حتی بیشتر باشد. با تجزیه و تحلیل جزئیات حادثه مشخص می‌شود که عوامل به وجود آورنده آن شامل ۳ دسته عوامل پایه، عوامل مستقیم و عوامل غیرمستقیم می‌باشد [۴۱].

• علل پایه وقوع حوادث:

علل پایه یا اساسی مربوط به عوامل انسانی، فشارهای اجتماعی، شرایط کاری یا ساختار مدیریت می‌باشد و شامل عللی از قبیل فقدان دانش، فقدان دستورالعمل یا سرپرستی، عوامل انگیزشی و نگرش اجتماعی می‌باشد [۴۲].

• علل مستقیم وقوع حوادث

منظور از علل مستقیم عللی است که در به وجود آمدن حادثه سهم اصلی را دارا بوده و به دودسته اعمال ناایمن و شرایط ناایمن تقسیم می‌شوند.

✓ اعمال ناایمن^۱:

شامل توجه نکردن به علائم و هشدارهای ایمنی، عدم استفاده از وسایل ایمنی، انجام کارهای خطرناک مثل شوخی کردن در محیط کار، استفاده نکردن از امکانات موجود، دخالت در کار دیگران، اشتباه بلند کردن بار و ... می‌باشد.

✓ شرایط ناایمن^۲:

^۱Unsafe Action

^۲Unsafe Condition

شامل در دسترس نبودن وسایل ایمنی، بی‌نظمی در محیط کار، برطرف نکردن شرایط خطرناک، عدم وجود وسایل و تجهیزات سالم، لغزنده بودن کف محل کار، فقدان حفاظ و ... می‌باشد [۴۲].

• علل غیرمستقیم وقوع حوادث:

این علل مستقیماً سبب به وجود آمدن حادثه نگردیده بلکه در صورت وجود علل مستقیم، شانس به وجود آمدن حادثه را بیشتر می‌کنند. سرپرستی شرکت، شرایط روحی و روانی کارکنان و شرایط جسمانی کارکنان از عوامل غیرمستقیم بروز حادثه هستند. ممکن است حادثه ناشی از مواد خطرناک یا انرژی‌های مهار نشده باشد. این انرژی و مواد خطرناک جزء عوامل مستقیم هستند. عوامل مستقیم خود در نتیجه اعمال نایمن و یا شرایط نایمن یا هردوی آنها به وجود می‌آیند که این اعمال و شرایط نایمن را عوامل غیرمستقیم می‌نامند. و به همین ترتیب عوامل غیرمستقیم نیز در نتیجه تصمیمات و سیاست‌های ضعیف مدیریت و یا فاکتورهای محیطی و فردی به وجود می‌آیند که به این عوامل، عوامل اصلی می‌گویند. علیرغم پیچیدگی حوادث بیشتر آنها با حذف یکی از عوامل فوق قابل‌پیشگیری هستند. با بررسی حادثه می‌توان مشخص نمود که علت و نحوه به وقوع پیوستن آن به چه صورت بوده است. به کمک اطلاعات به‌دست‌آمده از این بررسی‌ها می‌توان از بروز سوانح مشابه یا خطرناک‌تر ممانعت به عمل آورد. نوع حادثه برای بررسی‌کنندگان آن مهم است. اگر یک نوع از حادثه مرتب تکرار می‌شود نشانگر این مطلب است که باید جهت جلوگیری از به وقوع پیوستن آن نوع حادثه خاص در آن محیط تدابیر لازم بکار برده شود [۴۱].

۲-۲-۲۰- شاخص‌های پایش میزان موفقیت ارزیابی ریسک در کاهش

حوادث

۲-۲-۲۰-۱- ضریب تکرار حوادث (AFR)

ضریب تکرار حادثه عبارت است از تعداد حوادث ناتوان‌کننده (که منجر به زمان از دست‌رفته کاری گردیده) در یک تعداد معین ساعات کاری. این ضریب معمولاً سالیانه حساب می‌شود. تعداد ساعات معین کاری که در این ضریب بکار می‌رود 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 سال‌های 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 می‌گیرد. فرمول محاسبه ضریب تکرار حادثه به‌قرار زیر است:

$$AFR = \frac{\text{تعداد حوادث ناتوان‌کننده} \times ۲۰۰,۰۰۰}{\text{تعداد کارگران در هر شیفت} \times \text{تعداد شیفت در روز} \times ۴۰ \times ۵۰} \quad (۲-۲)$$

۲-۲-۲۰-۲- ضریب شدت حوادث (ASR)

این ضریب عبارت است از تعداد روزهای از دست‌رفته کاری در اثر بروز حوادث در دویست هزار ساعت کاری. فرمول محاسبه ضریب شدت حادثه به‌قرار زیر است:

$$ASR = \frac{\text{تعداد روزهای از دست‌رفته کاری در یک سال} \times ۲۰۰,۰۰۰}{\text{تعداد کارگران در هر شیفت} \times \text{تعداد شیفت در روز} \times ۴۰ \times ۵۰}$$

(۲-۳)

^۱Accident Frequency Rate

^۲American National Standards Institute

^۳Occupational Safety and Health Administration

^۴Accident Severity Rate

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 نموده‌اند 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 می‌گردد.

۲-۲۰-۲-۲- شاخص شدت - تکرار حادثه (FSI)

شاخصی است که از ترکیب دو شاخص فوق به دست می‌آید و اساس معتبرتری را نسبت به هر یک از این دو شاخص در ارتباط با عملکرد ایمنی فراهم می‌نماید. این شاخص از رابطه زیر حساب می‌شود:

$$FSI = \sqrt{\frac{AFR \times ASR}{1000}} \quad (2-4)$$

۲-۲۰-۲-۲- 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]:

$$FAFR = \frac{\text{تعداد حوادث منجر به مرگ در یک سال} \times 10^4}{\text{مجموع ساعات کاری در همان سال}} \quad (2-5)$$

۲-۲۱-۲- نقش انگیزه کارکنان در همکاری با برنامه‌های ارزیابی ریسک و ایجاد

رضایت شغلی

انگیزه عبارت است از میل و خواست فرد برای انجام کار. این انگیزه و میل می‌تواند از بیرون فرد بر او وارد شود و همچنین می‌تواند از درون، فرد را به سوی هدف خود یا سازمان

^۱Frequency-Severity Indicator

^۲Fatal Accident Frequency Ratey

هدایت کند. انگیزش در اثر دو عامل بیرونی و درونی ایجاد می‌شود، یکی عوامل بیرونی عوامل بهداشتی محیط کار است. طراحی محیط داخلی محل کار، امکانات، تجهیزات و لوازم انجام کار و.. تأثیر قابل توجهی در انگیزش فرد دارد [۴۴].

بسیاری محققان معتقدند انگیزش ایمنی بر عملکرد ایمنی تأثیر گذاشته و پیش‌بینی 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 درجه‌ی شوق کارکنان برای وفادار ماندن به قوانین ایمنی سازمانشان، زمانی که با قوانین آشنایی داشته باشند، تعریف کرده‌اند [۴۵]. پژوهش‌ها نشان داده‌اند 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 [۴۶].

نظریه دوعاملی (انگیزشی - بهداشتی) هرزبرگ یکی از جامع‌ترین نظریه‌های انگیزش است که عوامل مؤثر بر ایجاد انگیزه را به دودسته انگیزشی و بهداشتی تقسیم می‌کند. به عقیده او عوامل بهداشتی به از بین رفتن نارضایتی در افراد می‌انجامد، و عوامل انگیزشی موجب افزایش انگیزه کاری در آنان می‌شود [۴۷]. به‌طورکلی می‌توان گفت که رضایت شغلی، یکی از چالش‌برانگیزترین مفاهیم سازمانی و پایه بسیاری از سیاست‌ها و خط‌مشی‌های مدیریت برای افزایش بهره‌وری و کار آیی سازمان می‌باشد [۴۸].

۲-۲-۲- 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 به عمل 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.

۲-۲-۲- اولویت‌بندی 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 عبارت است 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 عمدتاً مواد شیمیایی توسط کارگر به صورت دستی حمل شود. در جریان این اختلاط کارگر در معرض سوختگی شدید شیمیایی قرار می‌گیرد. حال دو شرکت را باهم مقایسه کنید. در یکی از آن‌ها فرآیند را دوباره طراحی کرده‌اند و در نتیجه فرآیند کاملاً به حالت بسته انجام می‌گیرد و تمامی مراحل به صورت خودکار 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، تأمین‌کننده قبول کرده است تا مواد شیمیایی را پیش از حمل به کارخانه با یکدیگر مخلوط کند (جایگزینی). روش‌های

جایگزینی شامل استفاده از تجهیزات حمل خودکار مواد شیمیایی، تعبیه سیستم تغذیه خودکار برای کاهش خطرات ماشین، استفاده از مواد تمیزکننده کم خطر، کاهش سرعت، توان و آمپراژ ماشین، کاستن از دما و فشار، به کارگیری 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، آلارم های راه اندازی، تورهای ایمنی، سیستم های تهویه، سیستم های پیشگیری از سقوط، محفظه های ضد صدا، میزهای بالابرو تسمه نقاله ها هستند.

۴) به کارگیری سیستم های هشداردهنده:

اثر بخشی 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 آلارم های دود حریق. دکتورهای دود، سیستم های آلارم، 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. اگرچه 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 می‌شود. یکی از اهداف فرآیندهای طراحی کاهش سطح اتکا به وسایل حفاظت فردی است.

مدیران تصمیم‌گیرنده در خصوص کنترل‌ها باید آگاه باشند که از میان شش گروه گفته‌شده در سلسله‌مراتب 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 به‌طور 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 به‌عبارت‌دیگر این اقدامات بیشتر مهندسی است تا درخواست از کارگر برای رعایت ایمنی.

✓ کمتر توسط سرپرستان و کارگران نقض می‌شود [۴۹].

۲-۳- معرفی سازمان

در این قسمت کارخانه سیمان آبیگ موردبررسی قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است، مطالب مربوط به این بخش برگرفته از سایت این سازمان^۱ می‌باشد.

۲-۳-۱- اقدامات HSE کارخانه سیمان آبیگ

این شرکت با برخورداری از نیروهای کارآمد و با توجه به توان تحقیقاتی و آموزشی خود، با استقرار سیستم‌های نوین مدیریت و کنترل کیفیت بر مبنای استانداردهای ISO ۹۰۰۱، ISO 14001، OHSAS 18001 و مدل سرآمدی EFQM گام‌های مهمی در جهت حفظ محیط‌زیست ازجمله کاهش آلاینده‌های هوا از طریق بهینه‌سازی الکتروفیلترها و فیلترهای کیسه‌ای، بهینه‌سازی مصرف انرژی با طراحی و تولید سیمان‌های مخلوط،

^۱www.abyekcement.com

توسعه فضای سبز، کنترل نشتی‌ها و بازیافت تمامی ضایعات و جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب در راستای رسالت توسعه پایدار برداشته است.

۲-۳-۲- تاریخچه کارخانه سیمان آبیک

این مجموعه در سال ۱۳۴۸ تأسیس و واحد اول آن در سال ۱۳۵۲ با ظرفیت اسمی ۳۵۰۰ تن کلینکر در روز و واحد دوم با ظرفیت اسمی ۴۰۰۰ تن کلینکر در روز در سال ۱۳۵۸ به بهره‌برداری رسید. در نیمه دوم سال ۱۳۸۸ واحد اول با ظرفیت اسمی روزانه ۸۵۰۰ تن در روز بهینه‌سازی گردید. لذا این شرکت در حال حاضر با توان تحویل روزانه بیش از ۱۳۰۰۰ تن سیمان، در زمره بزرگ‌ترین کارخانه‌های سیمان کشور به شمار می‌آید.

۲-۳-۳- توسعه و افزایش ظرفیت کارخانه سیمان آبیک

شرکت سیمان آبیک به‌منظور برآورده نمودن نیاز بازار و نیز افزایش توان تولید سیمان در منطقه و کشور و صادرات به کشورهای مختلف اقدام به بهینه‌سازی و ارتقاء تکنولوژی خط ۱ و ۲ نموده است. طرح افزایش ظرفیت خط ۱ به‌عنوان بزرگ‌ترین طرح افزایش ظرفیت سیمان در ایران و جهان از ظرفیت پایه ۳۵۰۰ تن در روز به ظرفیت نهایی ۸۵۰۰ تن در روز در نیمه دوم سال ۱۳۸۸ به بهره‌برداری رسید. همچنین با اجرای فاز دوم بهینه‌سازی، این شرکت در آینده نزدیک با توان تولید ۱۶۵۰۰ تن در روز کلینکر و بیش از ۱۷۵۰۰ تن سیمان در روز، بزرگ‌ترین شرکت تولید سیمان در ایران و خاورمیانه خواهد بود.

۲-۳-۴- خط‌مشی، مأموریت و چشم‌انداز کارخانه سیمان آبیک

۲-۳-۴-۱- خط‌مشی

مدیریت سیمان آبیک با تکیه بر ارزش‌های انسانی و با اعتقاد بر کنترل کیفیت محصول، حفظ محیط‌زیست و کنترل و کاهش مصرف انرژی با شعار "تولید سبز، محصول برتر و محیط‌زیست سالم" در تمام مراحل فرآیند تأکید دارد و از طریق پیشگیری از مصدومیت و بیماری‌های شغلی ناشی از فعالیت‌های سازمان، بر بهبود مستمر سیستم

مدیریت یکپارچه، بر اساس استانداردهای معتبر ملی و جهانی اصرار ورزیده است. همچنین این شرکت به منظور رعایت اصول مشتری مداری، اقدام به استقرار سیستم‌های مدیریت کیفیت رضایت مشتریان نموده و همواره در تحقق اهداف زیر کوشش می‌کند:

- طراحی و تولید محصولات جدید طبق خواسته مشتری و منطبق با استانداردهای معتبر ملی و بین‌المللی.

- پیشگیری و کاهش مستمر آلودگی، ضایعات و احتمال بروز خطر.
- تعلیم و تربیت و توسعه دانش، مهارت و صلاحیت کارکنان.
- بهبود مستمر شاخص‌های کنترل فرآیندی در راستای بهینه‌سازی فرآیندها و کاهش هزینه‌های سازمان.

- بهینه‌سازی مصرف انرژی از طریق بررسی ارتقاء و یا جایگزین نمودن تجهیزات انرژی بر.

- سنجش و اندازه‌گیری مستمر تولید و مصارف حامل‌های انرژی در کارخانه و ارزیابی انطباق.

- حصول اطمینان از دسترسی آسان و مناسب مشتریان و سایر ذی‌نفعان به شناسه رفتاری و اجرای متعهدانه و اثربخش آن.

- پاسخگویی سریع و مناسب به شکایات و باز خورهای مشتریان و اجرای اثربخش فرآیند رسیدگی به شکایات مشتریان.

- قضاوت صادقانه - منصفانه و پرهیز از جانب‌داری در برخورد با مشتریان.
- بهبود مستمر فرآیندهای سیستم مدیریت کیفیت رضایت مشتریان و تلاش در جهت افزایش رضایت مشتریان.

کارکنان سیمان آبیگ مشتریان و طرف‌های ذینفع را بخشی از سازمان خود دانسته و با تعهد به پاسخگویی در قبال جامعه و کلیه ذینفعان، برای حفظ منافع مشترک به این شعار عمل می‌کنند که " ایمن کارکنیم، باکیفیت تولید کنیم و سالم تحویل دهیم". مدیریت و کارکنان شرکت سیمان آبیگ، خود را متعهد به رعایت سمت‌گیری این بیانیه و استقرار

سیستم مدیریت یکپارچه و نگهداری و بازنگری و ارزیابی اهداف آن در فواصل زمانی معین می‌دانند.

۲-۳-۴-۲- مأموریت

مأموریت شرکت سیمان آبیگ عبارت است از:

- (۱) تولید انواع سیمان منطبق با استاندارد و مورد نیاز بازار و یا توافق با مشتری و فروش به صورت بسته بندی و فله ای و با حفظ موازین محیط زیست و ایمنی در بازارهای داخلی و خارجی .
- (۲) حضور در عرصه های علمی- تحقیقاتی به منظور طراحی سیمان های جدید برای پاسخ به نیازهای بازار و خواسته های مشتریان.
- (۳) برنامه ریزی و اجرای آموزش های علمی - کاربردی، برای آماده سازی نیروی کار.
- (۴) ارائه مشاوره به مشتریان و مصرف کنندگان برای توسعه فرهنگ مقاوم سازی در ساخت و ساز کشور.
- (۵) استفاده از فناوری های پیشرفته در راستای افزایش بهره وری.
- (۶) توسعه شراکت های برون سازمانی به منظور پشتیبانی از سیاست ها و استراتژی شرکت.

۲-۳-۴-۳- چشم انداز

چشم انداز شرکت سیمان آبیگ عبارت است از :

- (۱) درخشیدن به عنوان تولیدکننده ی برتر سیمان از نظر کیفیت، تنوع و کمیت در کشور و منطقه.
- (۲) پیشگام در نوآوری، پژوهش و طراحی محصول جدید در کشور و منطقه.
- (۳) پیشرو در اشاعه علم عملی مرتبط با صنعت سیمان در سطح کشور.
- (۴) برتر در صادرات سیمان در کشور و منطقه.
- (۵) پاسخگو در قبال جامعه و کلیه ذینفعان.

۲-۴- پیشینه پژوهش

۲-۴-۱- مطالعات داخلی

امیدوار و نیرومند (۱۳۹۶)، در مطالعه‌ای 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" بیان کردند روش FMEA یکی از روش‌های پرکاربرد در ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک است؛ لیکن به چندین دلیل، کاربرد آن در عمل دچار محدودیت می‌باشد. مطالعه ایشان باهدف حذف این محدودیت‌ها، 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 به‌منظور اولویت‌بندی ریسک‌های جرثقیل سقفی انجام گردید و در آن یک تیم ۴ نفر متخصص برای این کار تعیین شدند. بر اساس یافته‌ها، از ۱۳ مورد حالت شکست شناسایی شده، روش FMEA سستی به ۷ مورد، اولویت یکسان داده و در نتیجه ۹ سطح ریسک تعیین شد. اما در روش پیشنهادی، محدودیت‌های FMEA حذف شده و در نتیجه ۱۳ اولویت به حالت‌های شکست اختصاص یافت. نهایتاً نتایج نشان می‌داد روش ارائه‌شده با اتکا به روش‌های AHP فازی، اعداد Z و GRP به ترتیب مشکل یکسان بودن وزن‌های مربوط به ریسک فاکتورها، عدم قطعیت موجود در داده‌ها (نظرات متخصصین) و اولویت‌بندی حالت‌های شکست را حذف نموده و نسبت به روش FMEA سستی از توانایی بالاتری در اولویت‌بندی ریسک‌ها برخوردار بوده است [۸].

کاووسی و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله‌ای با عنوان "بررسی خطاهای فرآیندهای اتاق عمل بیمارستان نمازی با روش تحلیل حالات و اثرات خطا (FMEA)" بیان کردند کاهش خطا در بیمارستان‌ها به‌عنوان ضرورتی برای بهبود کیفیت مراقبت‌های سلامت، بهبود ارتباط بین کارکنان بیمارستان و بیماران و کاهش شکایت بیماران شناخته می‌شود. به دلیل احتمال بالای وقوع خطا در اتاق عمل، پژوهش فوق باهدف 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 می‌داد. ابتدا تعداد فعالیت‌های اتاق عمل فهرست گردید و سپس حالات خطا شناسایی شد؛ سپس عدد اولویت ریسک (RPN) هریک از خطاها طبق امتیاز شاخص‌های 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 به‌عنوان خطر با ریسک بالا طبقه‌بندی شدند. بیشترین فراوانی علل ریشه‌ای 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 نشان‌دهنده جامعیت روش HFMEA^۱ در شناسایی، طبقه‌بندی، ارزیابی و تحلیل خطاهای نظام سلامت بود [۵۰].

سید نعمه و کریمی اورگانی (۱۳۹۴)، در تحقیق خود با عنوان "ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشت کارخانه‌های نفت و گاز" به بررسی فعالیت‌ها و شناسایی عوامل خطرناک مختلفی از نظر ایمنی، سلامت، بهداشت و محیط‌زیست کارخانه‌های نفت و گاز با استفاده از روش‌های AHP^۲ و FMEA^۳ پرداختند. پژوهش مذکور از نوع کاربردی بوده و با استفاده از بازدهی‌های میدانی، مطالعات کتابخانه و اینترنتی، مصاحبه، کارشناسان فنی و زیست‌محیطی و مروری بر سوابق گذشته حوادث در کارخانه‌های نفت و گاز مورد مطالعه عوامل ریسک و جنبه‌های مربوط به آن شناسایی شد و احتمال وقوع ریسک‌های محیط زیستی با کمک پرسشنامه و از طریق AHP^۴ به دست 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 نرم‌افزار^۴ spss مقایسه دوبه‌دو بین ریسک‌های کارخانه‌های نفت و گاز انجام شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده میزان و نوع خطر در هرکدام از کارخانه‌های نفت و گاز تفاوت داشت. این مطالعه نشان داد که در

^۱Healthcare Failure Mode and Effect Analysis

^۲Analytical Hierarchy process

^۳Failure modes and effects analysis

^۴Statistical package for social science

پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان از بین ۲۰ خطر زیست محیطی شناسایی شده ۱۵٪ خطرات با ریسک پایین ۷۵٪ خطرات با ریسک متوسط و ۱۰٪ خطرات با ریسک 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 فیزیک و شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی اجتماعی - فرهنگی ایمنی و بهداشت محیط شناسایی شد [۵۱].

ابو ترابی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیق خود با عنوان "ارائه مدلی جهت ارزیابی ریسک ایمنی در صنعت ساختمان با استفاده از تصمیم گیری چند معیاره خاکستری" با استفاده از روش تصمیم گیری چند معیاره خاکستری، روشی برای رتبه بندی ریسک های ایمنی در شرایط عدم قطعیت و کم بودن تعداد نمونه ها ارائه کردند. در این تحقیق ابتدا عوامل مؤثر در بروز مخاطرات صنعت ساختمان شناسایی، سپس معیارهایی مناسب جهت رتبه بندی ریسک های موجود تعیین و مسئله در قالب یک تصمیم گیری چند معیاره تعریف شده است. برای وزن دهی معیارها و ارزیابی گزینه ها از نظر هر یک از معیارها از اعداد خاکستری استفاده شده است. آنگاه مسئله با به کارگیری رابطه درجه امکان خاکستری حل شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که روش تصمیم گیری چند معیاره خاکستری در وضعیت کم بودن تعداد نمونه ها، نسبت به سایر روش های تصمیم گیری چند معیاره ابزاری مفید و مؤثر در رتبه بندی مخاطرات می باشد [۵۲].

علی محمدی و میرزایی (۱۳۹۳)، در تحقیقاتی تحت عنوان "شناسایی و ارزیابی مخاطرات کوره کارخانه سیمان با استفاده از رویکردهای RPN و ماتریس بحرانی آنالیز" کوره سیمان توسط دو رویکرد RPN و ماتریس بحرانی (تکنیک FMECA)، آنالیز و سپس نتایج به دست آمده از دو رویکرد مقایسه شدند. در این آنالیز اثرات نقص روی سیستم تولید، چگونگی ایجاد نقص و شدت نقص تعیین شد و اولویت بندی نقایص به منظور اقدامات اصلاحی و همچنین راهکارهای کنترل نقایص ارائه گردید. بر اساس یافته های به دست آمده، تعداد نقایص شناسایی شده ۱۰۰ مورد بود که بالاترین عدد اولویت ریسک مربوط به نقص پیچیدگی بدنه با $RPN = 270$ بود. در رویکرد کیفی، نقایص خلاصی بیش از حد و کمتر از حد

¹Failure mode, effects and criticality analysis

چرخ‌دنده اصلی و تماس بین رو تور و استاتور در موتور دارای بالاترین میزان بحرانیت (غیرقابل قبول) بودند. در پایان نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان می‌داد که آنالیز FMECA ابزار مناسبی برای شناسایی و اولویت‌بندی نقایص از نظر میزان بحرانیت آن‌ها به‌خصوص برای ماشین‌آلات و سیستم‌های پیچیده می‌باشد. همچنین مشخص شد که بین نتایج به‌دست‌آمده از رویکردهای RPN و FMECA تفاوت‌های معنی‌داری وجود دارد [۵۳].

علوی فر (۱۳۹۳)، پژوهشی با عنوان "تجزیه و تحلیل روش‌های کیفی ارزیابی ریسک و کیفیت استفاده از آن‌ها در مقالات علمی پژوهشی در سال‌های ۲۰۰۰ الی ۲۰۰۹" باهدف تعیین، بررسی، دسته‌بندی، طبقه‌بندی، مقایسه و تجزیه و تحلیل ریسک‌های اصلی و تکنیک‌ها و روش‌های کیفی ارزیابی ریسک انجام داد و تجزیه و تحلیل ریسک و تکنیک‌های ارزیابی را به سه دسته اصلی طبقه‌بندی نمود: الف) کیفی، ب) کمی، ج) تکنیک‌های پیوندی (کیفی، کمی، نیمه کمی). تجزیه و تحلیل‌های آماری مقالات منتشرشده نشان می‌داد که روش‌های کمی ارزیابی ریسک فراوانی نسبتی بیشتری را نسبت به دو نوع دیگر ایجاد کرده است [۵۴].

قلعه و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی با عنوان "مدیریت ریسک ایمنی بهداشت و محیط‌زیست کارخانه‌های سیمان" پس از بررسی فرآیند تولید سیمان در کارخانه سیمان فراز فیروزکوه و مطالعه مستندات و پرسش از مسئولین هر واحد، ۱۷۶ ریسک ایمنی بهداشت در ۳ واحد مکانیک، تولید و اداری و همچنین ۴۵ ریسک محیط زیستی را شناسایی کردند؛ ایشان جهت شناسایی خطرات از روش تجزیه و تحلیل مقدماتی خطر و به‌منظور ارزیابی ریسک‌های شناسایی‌شده از روش ویلیام فاین استفاده کردند و در انتها پیشنهادها و اقدامات اصلاحی برای تقلیل سطح ریسک‌های بالا به سطح ریسک‌های متوسط و سطح ریسک‌های متوسط به سطح ریسک‌های پایین ارائه شد و راهکارهای مدیریتی جهت کنترل مخاطرات ایمنی و بهداشت و سایر مشکلات کارخانه‌های سیمان داده شد [۵۵].

دری و همکاران (۱۳۸۹)، در مقاله‌ای با عنوان "رویکردی تلفیقی در تحلیل ریسک با استفاده از روش‌های تجزیه و تحلیل شکست و آثار آن (FMEA) و فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)" بیان کردند مدیریت ریسک و ارتقای قابلیت اطمینان فرایندها، ازجمله موارد مهمی هستند که در ادبیات مدیریت تولید و عملیات اهمیت روزافزونی پیدا کرده‌اند و تجزیه و تحلیل شکست و

آثار آن (FMEA)، یکی از توانمندترین روش‌ها در این حوزه به شمار می‌آید که قابلیت اجرایی بالا و تحلیل‌پذیری مناسب، آن را در رده مهم‌ترین تکنیک‌های تحلیل مخاطره و تقویت ایمنی سیستم‌ها قرار داده است. در این مقاله فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، به‌عنوان یکی از روش‌های نوین و قدرتمند در زمینه تصمیم‌گیری باهدف 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 می‌داد. این روش، مفهوم ساده نمره اولویت ریسک را گسترش داده و برای پارامترهای FMEA در قالب توان، اهمیت‌های متفاوتی قائل بود. نتیجه استفاده از این روش این بود که مقدار RPN حاصل با شرایط سیستمی که در آن به کار گرفته می‌شد، سازگاری بهتری داشت و به‌کارگیری این روش تحلیل صحیح‌تری از ریسک فراهم می‌کرد که متعاقب آن، اقدامات کارا و اثربخش‌تر موجب دستیابی و حفظ ایمنی و درجه اطمینان مطلوب‌تری می‌شد [۵۶].

۲-۴-۲- مطالعات خارجی

گل و همکاران^۱ (۲۰۱۷)، در پژوهشی با موضوع "ارزیابی ریسک سلامت کار و ایمنی در بیمارستان‌ها: مطالعه موردی با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره فازی دومرحله‌ای" بیان کردند بهداشت و ایمنی شغلی، پایه‌ای برای کاهش حوادث شغلی در یک سطح قابل قبول است و شامل سلامت، ایمنی و رفاه کارکنان در محل کار می‌شود. مطالعه فوق در یکی از بیمارستان‌های ترکیه و با استفاده از یک رویکرد چند معیاره فازی دومرحله‌ای انجام شد. در فرآیند سلسله‌مراتب تحلیلی فازی (FAHP) برای رتبه‌بندی 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

^۱Gul et al

اولویت‌بندی انواع خطر در هر بخش از بیمارستان استفاده شد. نهایتاً بر پایه سلسله‌مراتب کنترل خطر، اقداماتی برای خطرات شناسایی شده ارائه گردید [۵۷].

رنوا و همکاران^۱ (۲۰۱۶) در تحقیق خود با عنوان "شناسایی و مدیریت مسائل خودرو انعطاف‌پذیر بر پایه دانش FMEA" باهدف توسعه یک رویکرد مبتنی بر دانش FMEA برای قطعات خودرو قابل‌انعطاف، از توسعه یک مجموعه قوانین مبتنی بر فرایند سه مرحله‌ای کشف دانش و داده استفاده کرده است، بدین‌صورت 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 انعطاف‌پذیر شناسایی شد [۵۸].

لوکس و همکاران^۲ (۲۰۱۶) در تحقیق خود با عنوان "FMEA و در نظر گرفتن شرایط کار واقعی برای طراحی امن‌تر سیستم‌های تولید" با توجه به تجزیه و تحلیل شیوه‌های طراحی صنعت خودرو به بررسی جزئیات حالات شکست با رویکرد FMEA پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که از نظر سلامت می‌توان عملکرد طراحی مسائل را به‌صورت جامعی موردبررسی قرارداد و حالات خطای آن را به دست آورد [۵۹].

ریورو و همکاران^۳ (۲۰۱۵) در تحقیق خود با عنوان "منطق فازی و روش RULA برای ارزیابی ریسک کار" بیان کردند بهره‌وری یکی از مهم‌ترین جنبه‌های یک کسب‌وکار است و مفهوم بهره‌وری نه تنها سود بیشتری را به همراه دارد، بلکه منابع خود را به‌طور مؤثر بر اساس اهداف یا اهداف سازمان استفاده می‌کند. یکی از مهم‌ترین منابع، منابع انسانی است، به همین دلیل است که هرگاه در مورد بهره‌وری صحبت می‌شود، محیط‌زیست و یا فضای کاری که اپراتورها در آن کار انجام می‌دهند، بحثی حیاتی است. روش Rula یک ابزار مفید برای ارزیابی موقعیت‌های کاری است که ممکن است یک ابزار خطر ایجاد کند، اما اگر تعداد زیادی

^۱Renua et al.

^۲Lux et al.

^۳Rivero et al

^۴Rapid Upper Limb Assessment

از کارگران را داشته باشید، این روند خسته‌کننده می‌شود. در این مطالعه از منطق فازی استفاده کردند. استفاده از منطق فازی در این مطالعه به منظور به حداقل رساندن کار ارزیابی برای هر اپراتور با روش Rula، نشان داد از طریق مجموعه‌های فازی، سطوح خطر که ممکن است در مناطق نمایندگی فروشگاه سخت‌افزاری که در آن کار مشابه انجام می‌شود به موقعیت‌ها یا منطقه‌ای که از آن می‌آید، صرف‌نظر کنند. با این کار، مقادیر را برای ارزیابی دقیق یا یک شاخص خطر تعیین کردند [۶۰].

رینهولد و همکاران^۱ (۲۰۱۵) در تحقیق خود با عنوان "ابزار عملی و روش برای ارزیابی ریسک محیط کار: شواهدی از شرکت‌های کوچک و متوسط در استونی" به بررسی یک روش ارزیابی موفقیت‌آمیز در شرکت‌های کوچک و متوسط (SMEs) که در آن منابع بهداشت و ایمنی شغلی ممکن است کمتر از شرکت‌های بزرگ با نیروی کار، زمان، دانش و تکنولوژی بیشتر باشد، پرداختند. در این تحقیق یک رویکرد اصلی برای ارزیابی آسان و یکپارچه از خطرات شغلی (فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی) و همچنین شواهد ۱۸ شرکت صنعتی از شاخه‌های مختلف صنایع ارائه شده است. برای ارزیابی نگرش و ادراکات کارفرمایان و کارکنان نسبت به سلامت و ایمنی، مصاحبه ایمنی در هشت شرکت انجام شد. نتایج نشان داد که در اغلب موارد نگرش شرکت‌کنندگان نسبت به مشارکت در ایمنی به‌طور کلی مثبت بود: توسعه رویه‌ها و شیوه‌های ایمنی، رویه‌های کار نوشته شده و دستورالعمل‌های ایمنی، ارائه تجهیزات حفاظتی شخصی و غیره. این مطالعه کمبودهای ایمنی مهم مانند فقدان یک سیاست ایمنی را مشخص کرد. آموزش ایمنی ناکافی و بارکاری روزانه مورد نیاز غیر واقعی. نتایج اندازه‌گیری نشان داد که شرایط محیط کاری بین شرکت‌ها و همچنین بین شاخه‌های صنایع متفاوت است. خطرات شناخته شده اصلی که بیش از حد قرار گرفتن در معرض شغلی هستند: گردوغبار چوب در صنعت پردازش چوب، مواد شیمیایی و سروصدا در صنایع چوب و صنایع مکانیکی و روشنایی در صنایع مکانیکی، پلاستیک و چاپ است. ابزار سنجش ریسک انعطاف‌پذیر توسعه یافته توسط نویسندگان با موفقیت در تمام SME های مورد بررسی اجرا شد و بازخورد

^۱Reinhold et al

^۲Small & Medium Enterprises

مثبت از شرکت‌ها به‌عنوان یک ابزار مناسب و مناسب برای SME ها، که مهارت‌ها و منابع محدود است، دریافت کرد [۶۱].

سیلوا و همکاران^۱ (۲۰۱۴)، تحقیق خود را با عنوان " رویکرد چندبعدی برای مدیریت ریسک با استفاده از FMEA و تئوری فازی " را موردبررسی قرار دادند. پس از تکامل و استفاده گسترده از اینترنت، امکان این وجود دارد که سازمان‌ها موردحمله سیستم‌های فناوری اطلاعات قرار بگیرند. در نتیجه این امر بسیاری از اطلاعات، داده‌ها و تغییرات و خدمات کسب‌وکار شناسایی می‌گردد. هدف از این تحقیق بررسی و شناسایی پنج بعد از امنیت اطلاعات، دسترسی به اطلاعات و سیستم‌ها- امنیت ارتباطات- زیرساخت‌ها- مدیریت امن و امنیت توسعه سیستم‌های اطلاعات می‌باشد. و نتایج نشان می‌دهد که مهم‌ترین جنبه از خطر امنیت اطلاعات، امنیت ارتباطات در جهت زیرساخت‌ها می‌باشد [۶۲].

¹Silva et al

فصل سوم

روش تحقیق

۳-۱- مقدمه

روش تحقیق مجموعه‌ای از قواعد، ابزار و راه‌های معتبر (قابل اطمینان) و نظام‌یافته برای بررسی واقعیت‌ها، کشف مجهولات و دستیابی به راه‌حل مشکلات است [۶۳]. اصولاً هدف تمامی علوم، شناخت و درک دنیای پیرامون است. به‌منظور آگاهی از مسائل 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 نظام‌اند جهت پاسخ دادن به پرسش‌های مطرح‌شده است. یکی از بخش‌های اصلی هر پژوهش علمی، جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها جهت سؤال‌های پژوهشی بیان‌شده توسط محقق است. انتخاب یک روش پژوهش مناسب، محقق را تا حد زیادی در پیشگیری از بروز اشتباهات یاری می‌رساند. به‌کارگیری آزمون‌ها و تکنیک‌های مناسب با روش پژوهش منجر به حصول اطمینان از دقت و صحت نتایج به‌دست‌آمده می‌گردد. لذا در این فصل پس از طرح مسئله پژوهش، تکنیک‌های تجزیه و تحلیل مناسب جهت پاسخ به سؤالات و دستیابی به اهداف تبیین شده پژوهش، ارائه خواهد شد.

۳-۲- نوع پژوهش

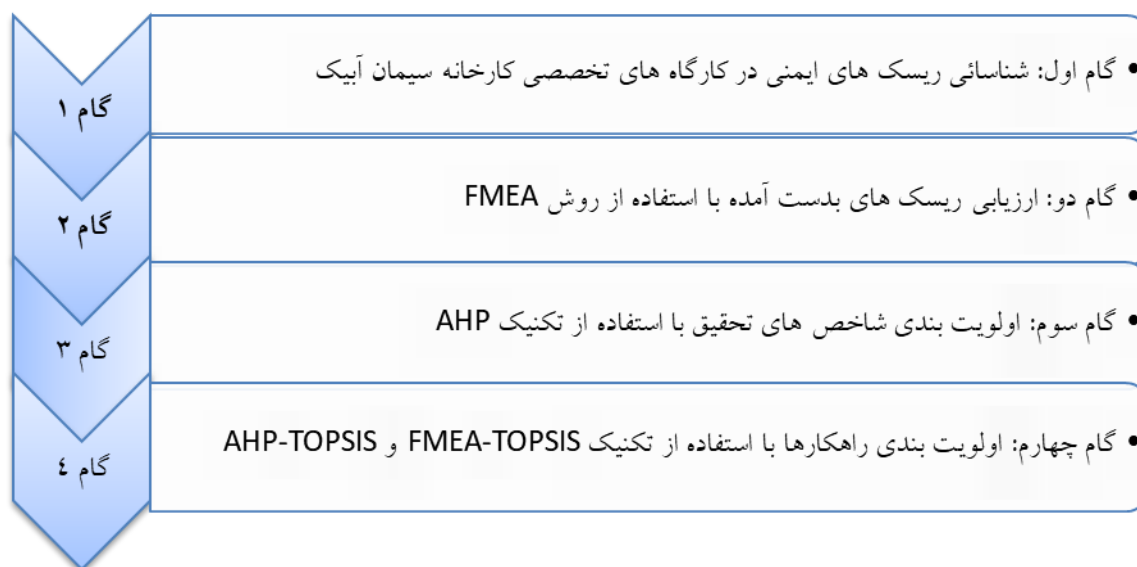
روش‌های پژوهش در علوم رفتاری را معمولاً با توجه به دو ملاک هدف و ماهیت تقسیم‌بندی می‌کنند. [۶۴]. جهت توضیح روش پژوهش نخست باید نوع پژوهش مشخص شود. به‌طورکلی روش‌های پژوهش در علوم رفتاری را می‌توان با توجه به دو ملاک هدف تحقیق و نحوه گردآوری داده‌ها تقسیم کرد تحقیقات بر اساس هدف به دودسته بنیادی و کاربردی تقسیم می‌شوند [۶۵].

نظر به اینکه هدف اصلی از انجام این پژوهش ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره در مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ است، می‌توان گفت پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی می‌باشد و با توجه به اینکه در این پژوهش از روش‌های مطالعه کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی نظیر پرسشنامه استفاده شده است، می‌توان بیان کرد که پژوهش حاضر بر اساس ماهیت و روش، یک پژوهش توصیفی-پیمایشی است.

۳-۳- روش تحقیق

این پژوهش از نظر هدف یک پژوهش کاربردی و از نظر روش، یک پژوهش توصیفی پیمایشی است. هدف از این پژوهش، ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ می‌باشد. این عوامل در بررسی میدانی از کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ شناسایی شده و به روش FMEA ارزیابی خواهد شد. از سوی دیگر این عوامل با استفاده از مقایسات زوجی توسط خبرگان مقایسه شده و به اولویت‌بندی ریسک‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی از نظر خبرگان دست‌یافته می‌شود. پس از تعیین حصول وزن ریسک‌ها از دو روش FMEA و AHP^۱، برای اولویت‌بندی راهکارهای مناسب از تکنیک TOPSIS بهره گرفته می‌شود.

^۱Analytic Hierarchy Process



شکل ۳-۱- الگوریتم اجرای پژوهش

۳-۴- روش گردآوری داده ها

در این پژوهش از دو روش کتابخانه ای و میدانی جهت گردآوری اطلاعات استفاده شده است. - روش کتابخانه ای: هر محقق قبل از شروع پژوهش و هنگامی که به موضوعی ویژه برای پژوهش علاقه مند شده است، ناگزیر از مراجعه به کتابخانه خواهد بود. بامطالعه کتاب ها، مقاله ها و تحقیقات دیگران که در حوزه موضوع موردعلاقه اوست، موضوع پژوهش خود را خالص تر و رساتر سازد. برای پیشینه و ادبیات پژوهش از کتابخانه و مراجعه به اینترنت استفاده شده است.

- روش میدانی: در این روش ابزار گردآوری داده های اولیه از طریق مشاهدات میدانی و مصاحبه با مسئولان کارخانه بوده است. در تحقیق حاضر با استفاده از نظر خبرگان و بازرسی میدانی در محل عوامل مرتبط با موضوع شناسایی شده و در جدول ۳-۱ نشان داده شده است. در این تحقیق از مدل مقایسه زوجی ساعتی برای طراحی پرسشنامه خبره استفاده می شود. با استفاده از این مدل اهمیت نسبی معیارها با استفاده از اعداد که اصول AHP است تخمین زده می شود در جدول ۳-۱ نشان داده شده است. برای امتیازدهی مقیاس نه درجه ساعتی به صورت زیر استفاده می شود:

جدول ۳-۱- ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم، مقیاس نه درجه ساعتی [۶۶].

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 قابل‌مقایسه با j نیست.
۶-۴-۲	بینابین	رزش‌های بینابین را نشان می‌دهد.

در بیشتر مطالعات از طیف پنج نقطه زیر استفاده می‌شود که ساده‌تر بوده و نتایج یکسانی به

دست می‌دهد:

جدول ۳-۲- مقیاس امتیازدهی ۹ درجه تحلیل زوجی

ترجیح یکسان	کمی بهتر	بهرتر	خیلی بهتر	کاملاً بهتر
۱	۳	۵	۷	۹

جدول ۳-۳- ریسک‌های مؤثر شناسایی‌شده در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ

معیار (عنوان شغل)	زیر معیار (ریسک)
بلوورها / کمپرسورها	کار در محیط گردوغبار
	تماس با قسمت‌های متحرک
	تردد در مسیرها
	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال
	کار در مجاورت مواد قابل انفجار
	کار در ارتفاع
	استفاده از ابزارآلات ناایمن
	پرتاب براده به چشم
تعمیرات نوسازی	کار با جرثقیل
	کار با تجهیزات برقی

معیار (عنوان شغل)	زیر معیار (ریسک)
	کار با مواد قابل انفجار
	کار در ارتفاع
	تردد در مسیر ناایمن
گیربکس ها	تماس با مواد مذاب
	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری
	کار در مجاورت مواد قابل انفجار
	کار با تجهیزات برقی
	کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها
	استفاده از ابزارآلات جک ها و جیم باکس
	تماس با اجسام برنده
	کار در سطوح لغزنده
	گیرکردن در لای قطعات (چرخ دنده)
	کار با تجهیزات برقی
ماشین کار / فرز کار	کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست
	کار در مجاورت مواد قابل انفجار
	کار با تجهیزات برقی
مکانیک هیدرولیک	کار در ارتفاع
	تردد در مسیر ناایمن

جدول ۳-۴- راهکارهای کاهش ریسک

راهکارها
جاری سازی سیستم ۵S
صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
موکول سازی کارهای پرخطر به روز
تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها
ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
بهره گیری از نیروی کاری متخصص

۳-۵- روش و ابزار گردآوری اطلاعات

روش‌های گردآوری اطلاعات در این پژوهش به دودسته کتابخانه‌ای و میدانی تقسیم می‌شود. در خصوص گردآوری اطلاعات مربوط به ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای و جهت گردآوری اطلاعات برای پاسخ به سؤالات پژوهش از روش میدانی استفاده شده است. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌های پژوهش از مصاحبه^۱ و ابزار پرسشنامه^۲ استفاده گردیده است. در ابتدا با استفاده از روش میدانی با به‌کارگیری تکنیک FMEA به ارزیابی ریسک‌های ایمنی پرداخته‌شده، سپس با استفاده از پرسشنامه به ادامه ارزیابی پرداخته می‌شود. پرسشنامه اصلی مورداستفاده پرسشنامه خبره است. پرسشنامه خبره در تحقیق حاضر شامل پرسشنامه‌های AHP و TOPSIS می‌باشد.

۳-۶- روایی و پایایی ابزار گردآوری داده‌ها

ضروری است که محقق به‌طور عملی نسبت به قابل‌اعتماد بودن به‌کارگیری ابزار موردنظر و معتبر بودن آن‌ها اطمینان نسبی لازم را پیدا کند لذا باید روایی و پایایی ابزارهای مورداستفاده در تحقیق بررسی گردد.

مفهوم روایی^۳ به این پرسش پاسخ می‌دهد که ابزار اندازه‌گیری تا چه حد خصیصه موردنظر را می‌سنجد. بدون آگاهی از روایی ابزار اندازه‌گیری نمی‌توان به‌دقت داده‌های حاصل از آن اطمینان داشت. منظور از پایایی نیز این است که اگر ابزار اندازه‌گیری را در یک‌فاصله زمانی کوتاه چندین بار و برای گروه واحدی به‌کارگیریم نتایج حاصل نزدیک به هم باشند.

این تحقیق برای تعیین وزن متغیرهای مدل از فرآیند تحلیل شبکه گروهی با توجه به نتایج پرسشنامه مقایسات زوجی بر اساس طیف نه درجه ساعتی استفاده گردیده است که یک روش پذیرفته‌شده علمی توسط بسیاری از محققان است. این پرسشنامه در تعیین وزن‌های نسبی متغیرها دارای نوعی روایی منطقی و محتوایی می‌باشد.

^۱Interview
^۲Questionire
^۳Validity

به دلیل این که در پرسشنامه تمامی عوامل مدل در نظر گرفته شده و با یکدیگر مقایسه می گردند لذا تمام احتمالات مرتبط با در نظر نگرفتن یک متغیر از بین خواهد رفت. از طرفی چون پرسشنامه تمامی معیارها را به صورت دوه دو مقایسه و سنجش می کند لذا حداکثر سؤالات ممکن با ساختاری مطلوب از مخاطب پرسیده می شود و چون تمامی معیارها در این سنجش مورد توجه قرار گرفته است و طراح قادر به جهت گیری خاصی در طراحی سؤالات نمی باشد نیازی به سنجش پایایی وجود نخواهد داشت از طرفی با توجه به اینکه پرسشنامه بر اساس تحلیل سلسله مراتبی و از نوع مقیاس ساعتی می باشد لذا برای بررسی پرسشنامه از شاخصی به نام شاخص ناسازگاری استفاده می گردد. این شاخص ها بیان می کند که اگر میزان ناسازگاری مقایسات زوجی بیشتر از ۰/۱ باشد بهتر است در مقایسات تجدیدنظر گردد.

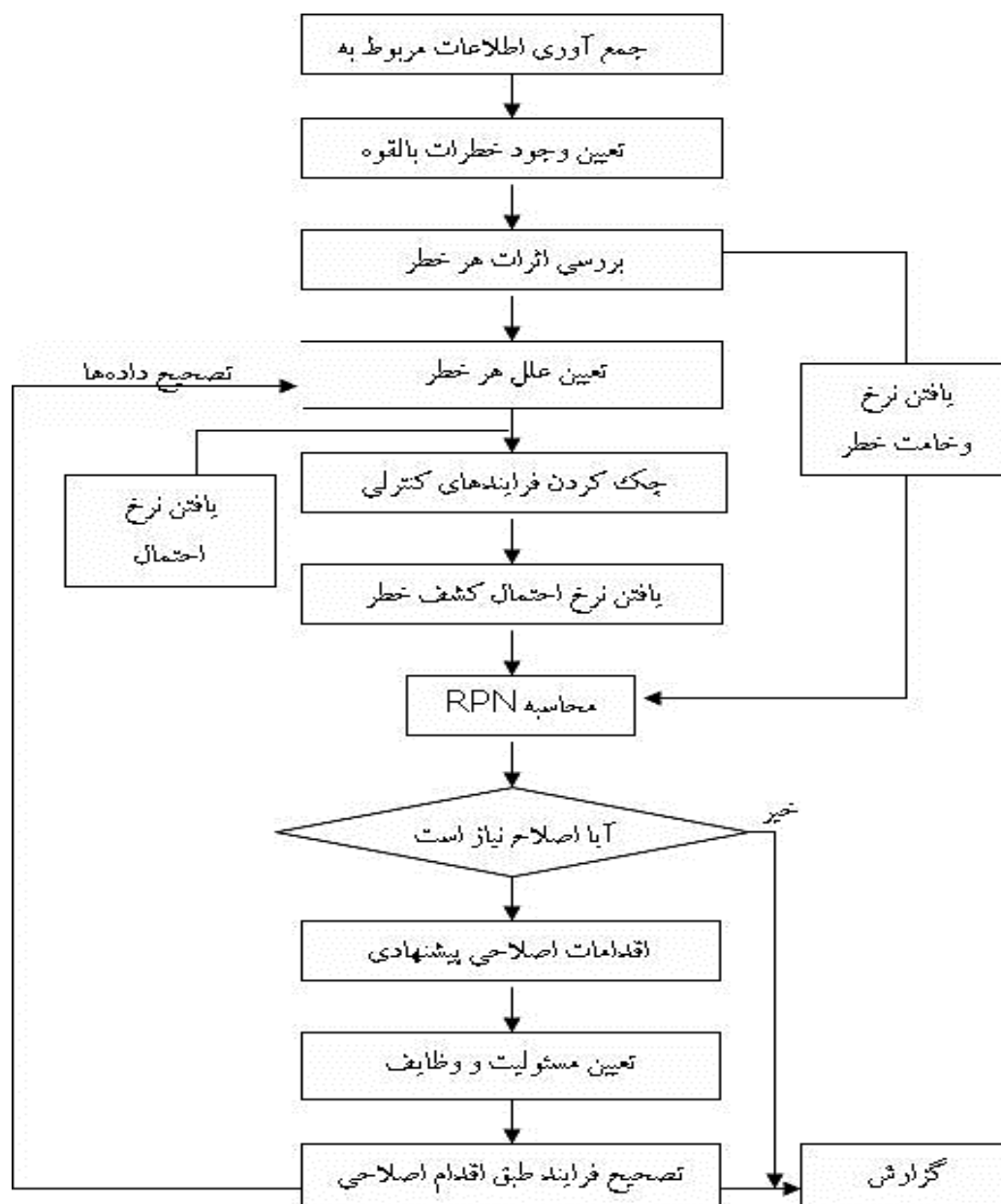
۳-۷- روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

در این پژوهش، از تکنیک FMEA، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و TOPSIS برای تعیین و اولویت بندی ریسک ها و اولویت بندی راهکارها استفاده شده است. به همین منظور از ماتریس مقایسه زوجی برای تعیین وزن معیارها استفاده شده است. پژوهش حاضر بر اساس طی چند مرحله و با استفاده از تکنیک های متعددی صورت گرفته است.

۳-۷-۱- تکنیک FMEA

پیاده سازی و اجرای تکنیک FMEA بدین صورت انجام خواهد شد که با توجه به موقعیت مکانی کارخانه و نیز همچنین حجم گسترده مراجعه کنندگان و با عنایت به وجود مشکلات و ناهنجاری های بسیار زیاد درون آن، به کارگیری 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 پیشنهادها و راهکارهای سازنده بپردازد، بسیار ضروری است.

FMEA در ارزیابی ریسک روش تحلیلی است که می کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه موجود در محدوده ای که در آن ارزیابی ریسک انجام می شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و رتبه بندی کند.



شکل ۳-۲- شرح پیاده‌سازی تکنیک FMEA

همان‌گونه که اشاره شد، فرم FMEA از یک سری عناصر و ستون‌هایی تشکیل می‌شود که تکمیل این ستون‌ها ما را در شناسایی هرچه بیشتر مشکلات و علل به وجود آورنده آن و در نتیجه انجام اقدامات اصلاحی در جهت رفع آن‌ها، رهنمون می‌سازد. جدول ۳-۲ زیر شمای کلی یک فرم FMEA را نشان می‌دهد:

جدول ۳-۵- نمونه جدول FMEA [۶۷].

توصیف مشارکت کنندگان در اجرای FMEA صفحه (اعضای تیم، سازمان‌ها، استفاده‌کنندگان و...)									
عملکرد	حالات خطا	اثرات	وخامت	علل	رخداد	کنترل‌ها	احتمال کشف	اقدامات پیشنهادی	وضعیت

بنابراین می‌توان شرح مختصری پیرامون ستون‌های جدول را بدین صورت ارائه داد:

۳-۷-۱-۱- عملکرد

برای اجرای FMEA سایت یا مکانی که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود باید کاملاً شناسایی و نحوه فعالیت‌ها و فرایندها به دقت بررسی شود. عملکرد یک کارگاه باید برگرفته از نیازهای آن فضا و توقعات و خواسته‌های کارکنان و استفاده‌کنندگان آن فضا باشد.

در این ستون همه آنچه از فضای مورد مطالعه انتظار می‌رود که داشته باشد تا رضایت کارکنان را جلب کند، نوشته می‌شود. به بیان بهتر همه عملکردهای مربوطه شرح داده می‌شود. به منظور تکمیل این ستون، در ابتدا باید فهرستی از مسائل و مشکلات موجود در کارگاه‌های تخصصی کارخانه تهیه شود و کلیه مواردی که یک فضا باید داشته باشد تا موفق و ایده آل شود؛ در یک جلسه طوفان فکری به بحث و مذاکره گذاشته شود. پس از خلاصه‌سازی، تمامی عملکردهایی که قطعاً باید در فضای مورد مطالعه وجود داشته باشد تا رضایت استفاده‌کنندگان را کسب نماید، انتخاب می‌شود.

۳-۷-۱-۲- حالات خطا (بیان مشکلات)

تمام خطراتی محیطی، تجهیزاتی، مواد، انسانی و... که ایمنی را تهدید می‌کند باید در نظر گرفته شود همچنین حالات هر خطر نیز می‌بایست مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

اثرات هر خطر، اثرات احتمالی هستند که خطر بر ایمنی افراد می گذارند. اثرات خطر می توانند مانند آتش سوزی، مسمومیت، شکستگی، آسیب های مفصلی و غیره باشد. هر نوع نقص، مشکل و یا حتی فرصت بهبود در فضای مورد مطالعه می تواند یک حالت خرابی باشد. برای هر عملکرد باید مشکلات مربوط به آن مشخص شود. در تعریف و تعیین مشکلات کارگاه های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ به بررسی چگونگی بروز مشکل در عملکردها و وظایف تعریف شده برای سازمان، متناسب با طرح آن پرداخته می شود.

۳-۷-۱-۳- علل پیدایش مشکلات

شناخت کافی از محدوده مورد ارزیابی می تواند کمک فراوانی برای شناسایی علل به وجود آمدن خطر باشد. اطلاعات فنی، زیست محیطی و ارگونومیک نیز در شناسایی بهتر علل مؤثر هستند.

در این ستون برای هر مشکلی که در ستون دوم ذکر گردیده است، همه علل و دلایلی که ممکن است پیدایش مشکل در کارگاه های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ به خاطر وجود آنها باشد را در پاسخ به سؤال چه چیزی باعث وقوع این مشکل می شود، باید لیست شود.

۳-۷-۱-۴- اثرات

به منظور ارزیابی بهتر خطرات صورت می گیرد. بررسی برگه ها عملیات استانداردها الزامات و قوانین حاکم بر محیط کار و عوامل مربوط از جمله این کارهاست. اثرات در واقع پیامدهایی هستند که در نتیجه وجود یک مشکل پدیدار می شوند. معمولاً اثرات از دیدگاه کارکنان و یا بر اساس تجربه آنها در استفاده از آن فضا مشخص می شود. هنگام تکمیل این ستون بایستی به طور مداوم به وسیله ابزارهایی نظیر مصاحبه از استفاده کنندگان اطلاعات کسب نمود و بازخورد گرفت.

۳-۷-۱-۵- وخامت اثرات

وخامت خطر یا میزان جدید بودن "اثر خطر بالقوه" بر افراد است. شدت یا وخامت خطر فقط در مورد "اثر" آن در نظر گرفته می‌شود، کاهش در وخامت خطر فقط از طریق اعمال تغییرات در فرایند و نحوه انجام فعالیت‌ها امکان‌پذیر است.

تکمیل این ستون، مستلزم امتیازدهی اثرات علل مشکلات در کارخانه به لحاظ میزان شدت و ضعف تأثیر آن بر استفاده‌کنندگان است؛ بدین معنا که وجود یک مشکل یا علل آن تا چه اندازه می‌تواند بر روی کاربران تأثیرگذار بوده و این تأثیر تا چه حد می‌تواند مهم و قابل تأمل باشد که این مهم نیز از طریق مصاحبه با مردم به دست می‌آید و وخامت اثر یک مشکل را معمولاً بین ۱ تا ۱۰ امتیازبندی می‌کنند که به صورت زیر است.

جدول ۳-۶- درجه‌بندی و تفسیر عدد وخامت [۶۷].

امتیاز	شرح درجه‌بندی وخامت
۱	مشکل هیچ تأثیری بر استفاده‌کنندگان ندارد.
۲	اثر خیلی ناچیز می‌باشد و فرد متوجه آن نشده و موجب ناراحتی وی نمی‌گردد.
۳	اثر ناچیز که باعث ناراحتی فرد می‌شود اما درصدد برطرف کردن آن بر نمی‌آید.
۴	اثر ناچیز که باعث ناراحتی فرد شده و درصدد برطرف کردن آن بر می‌آید
۵	اثر کم که باعث ناراحتی فرد می‌شود اما در پی رفع آن نیست.
۶	اثر کم که باعث ناراحتی فرد می‌شود و درصدد برطرف کردن آن بر می‌آید.
۷	اثر معمولی که باعث عملکرد نامناسب فضا می‌شود، یا اثر مشکلی که باعث تنزل ارزش‌های تعیین‌شده فضا می‌گردد.
۸	اثر مهم یک مشکل بزرگ که ایمنی استفاده‌کننده را به خطر نمی‌اندازد، هزینه زیادی به دنبال ندارد.
۹	اثر بحرانی که باعث نارضایتی فرد می‌شود، عملکرد تعیین‌شده یک فضا را با بحران مواجه می‌کند، هزینه بالایی به دنبال دارد و ایمنی فرد را به خطر می‌اندازد.
۱۰	اثر بسیار خطرناک که خطر جانی به دنبال داشته یا عملکرد فضا را کامل از بین می‌برد و هزینه‌های بسیار گزاف برای سازمان به وجود می‌آورد.

۳-۷-۱-۶- رخداد

احتمال وقوع آن مشخص می‌کند که یک علت یا مکانیسم بالقوه خطر با چه تواتری رخ می‌دهد. تنها با از بین بردن یا کاهش علل یا مکانیسم هر خطر است که می‌توان به کاهش عدد رخداد امیدوار بود.

پاسخ به این سؤال که علل بروز مشکل چقدر می‌تواند رخ می‌دهد، منجر به تکمیل کردن ستون رخداد در جدول FMEA خواهد شد. در این حالت هر یک از علل ریشه‌ای بروز مشکل امتیازدهی می‌شوند.

پس از بررسی علل وجود مشکلات در کارخانه باید بررسی شود این علل با چه احتمالی به وقوع می‌پیوندند. به موجب کشف این احتمال، برداشت میدانی از کارخانه در طی چند مرحله و در بازه‌های زمانی مختلف در دستور کار قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که هرچه تعداد برداشت‌ها بیشتر باشد، کشف این احتمال دقیق‌تر خواهد بود؛ روش به دست آوردن احتمال رخداد خطای علل به وجود آورنده از طریق فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

تعداد دفعات مشاهده رخداد = احتمال رخداد مشکل یا علل به وجود آورنده آن تقسیم بر کل تعداد دفعات برداشت.

امتیازدهی علل رخداد مشکل و شرح رخداد متناظر با هریک از امتیازها بر اساس جدول ۳-۷ انجام می‌شود:

جدول ۳-۷- درجه‌بندی و تفسیر احتمال رخداد [۶۷].

امتیاز	احتمال رخداد	شرح رخداد
۱	۰-۰/۱	بسیار بعید
۲	۰/۰-۱/۲	بعید
۳	۰/۰-۲/۳	رخداد با شانس ناچیز
۴	۰/۰-۳/۴	تعداد رخداد کم
۵	۰/۰-۴/۵	گاه و بی گاه رخ می‌دهد
۶	۰/۰-۵/۶	معمولاً رخ می‌دهد
۷	۰/۰-۶/۷	اغلب رخ می‌دهد

امتیاز	احتمال رخداد	شرح رخداد
۸	۰/۰-۷/۸	زیاد رخ می‌دهد
۹	۰/۰-۸/۹	بسیار زیاد رخ می‌دهد
۱۰	۰/۱-۹	یقیناً رخ می‌دهد

۳-۷-۱-۷- کنترل‌های جاری

به منظور تکمیل ستون احتمال کشف، ابتدا لازم است که اطلاعات مناسبی راجع به کنترل‌های جاری و موجود در فضای مورد مطالعه (کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ) در اختیار باشد. کنترل جاری توصیفی از کنترل‌هایی است که به منظور پیشگیری از مشکلات یا علل آن و یا شناسایی مشکلات و علل مرتبط با آن بکار می‌رود.

با توجه به مشکلات بسیار زیادی که گریبان گیر کارخانه است، کنترل‌های جاری مطرح در این زمینه قطعاً نمی‌توانند در جهت پیشگیری از مشکلات باشند؛ لکن این مشکلات وجود داشته و بنابراین، کنترل‌های جاری می‌توانند پیشنهادی در جهت رفع آن‌ها و همچنین جلوگیری از وقوع و رخداد بیش از پیش آن‌ها در آینده باشند. بنابراین، این کنترل‌ها بایستی در مجموعه بوده و ناظر بر آن باشند، حال ممکن است اصلاً وجود نداشته و یا حضور آن‌ها بسیار کم‌رنگ باشد. به هر طریق استاندارد است که باید مدنظر قرار گیرد.

۳-۷-۱-۸- احتمال کشف

احتمال کشف نوعی ارزیابی از میزان توانایی است که به منظور شناسایی یک علت/مکانیسم وقوع خطر وجود دارد. به عبارت دیگر احتمال کشف توانایی پی بردن به خطر قبل از رخداد آن است.

به منظور تکمیل این ستون در فرم FMEA باید به این پرسش پاسخ گفت که:

"احتمال اینکه بتوان مشکل یا علل به وجود آورنده آن مشکل را شناسایی کنیم، چقدر است؟"

بر اساس سیستم‌های کنترلی که منجر به شناسایی و کشف یک مشکل می‌شود، می‌توان عددی بین ۱ تا ۱۰ به احتمال کشف اختصاص داد. جدول ۳-۸ و تحلیل‌های پیرامون آن‌ها ما را

در تکمیل ستون احتمال کشف مشکلات در کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ کمک خواهد کرد.

جدول ۳-۸- امتیازدهی احتمال کشف [۶۷].

امتیاز	احتمال کشف
۱	حتماً قابل شناسایی است
۲	با احتمال بسیار بالا قابل شناسایی است
۳	با احتمال بالایی قابل شناسایی است
۴	معمولاً شناسایی می‌شود
۵	با احتمال پنجاه، پنجاه شناسایی می‌شود
۶	شانس کم در شناسایی
۷	شانس ناچیز در شناسایی
۸	شانس بسیار ناچیز در شناسایی
۹	شانس بعید در شناسایی
۱۰	غیر قابل شناسایی

لازم به ذکر است که اعداد درج شده در ستون مرتبط با احتمال کشف در فرم FMEA با توجه به نظرات کارکنان در جهت شناسایی و کشف مشکلات ایمنی و یا علل به وجود آورنده آن است.

۳-۷-۱-۹- محاسبه RPN (اختصاص نمره اولویت خطرپذیری برای هر

شکل)

RPN حاصل ضرب سه عدد وخامت، رخداد و احتمال کشف است.

با اطلاعاتی که از طریق برداشت مجموعه کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ در دست است؛ می‌توان مشکلات و آثار آن را بر اساس سه عامل شدت، وقوع و بازیابی درجه‌بندی کرد. این طبقه‌بندی از ۱ تا ۱۰ (پایین به بالا) است.

نمره اولویت خطرپذیری از ۱ تا ۱۰۰۰ و به منظور طبقه‌بندی اقدامات اصلاحی لازم برای کاهش و یا حذف مشکلات در نظر گرفته شده است. آن دسته از مشکلات که دارای بالاترین نمره RPN هستند، باید در درجه اول بررسی شوند.

۳-۷-۱-۱۰- تفسیر FMEA به کمک نمودار ناحیه بندی شده

از آنجاکه این احتمال وجود دارد که عدد RPN اشتباهاً ما را به سمت مشکلاتی سوق دهد که نسبت به مسائل دیگر، از نقطه نظر کارکنان و متخصص آن خیلی حاد و جدی نباشند. بنابراین، جایز است پس از محاسبه RPN تفسیر پیشگیرانه به کمک نمودار ناحیه بندی شده به منظور ارزیابی مجدد دو پارامتر رخداد و وخامت صورت گیرد تا در نهایت، بتوان به نتایج دقیق‌تری پیرامون مشکلات و اقدامات اصلاحی برای آن‌ها دست یافت. لازم به ذکر است در این رویکرد از اعداد کشف استفاده نمی‌شود.

۳-۷-۱-۱۱- آیا اصلاح نیاز است؟

در این مرحله خطرات را بر اساس عدد اولویت ریسک رتبه‌بندی می‌کنیم و بر اساس نظر سیستم FMEA یک حد RPN در نظر می‌گیریم. به عنوان مثال برای سطح اطمینان ۹۰٪ حد به شرح زیر به دست می‌آید. سپس خطراتی که RPN بالای ۱۰۰ دارند و در واقع نیاز به اصلاح دارند و مشخص می‌کنیم.

توجه: برای خطراتی که دارای حداقل یک عدد ۱۰ هستند نیز باید اقدام اصلاحی در نظر گرفته شود.

۳-۷-۱-۱۲- اقدامات اصلاحی و پیشنهادی

این اقدامات باید در جهت اهداف زیر وضع و انجام گردند:

الف - حذف علل ریشه‌ای خطر

ب - کاهش وخامت اثر خطا

ج - افزایش احتمال کشف خطر در فرایند

د- افزایش رضایت کاری کارکنان از وضعیت ایمنی

۳-۷-۱-۱۳- تعیین مسئولیت و وظایف

سازمان باید مسئول هر یک از اقدامات اصلاحی را مشخص و ثبت نماید نتایج اقدامات انجام شده باید به گروه FMEA گزارش شده و صحت گذاری شوند.

۳-۷-۱-۱۴- تصحیح فرایند طبق اقدامات اصلاحی

اقدامات باید به طور مؤثر پیاده شده و این نکته در نظر گرفته شود که باید این اقدامات نیز ارزیابی شود. به عنوان مثال حذف یک ماده آتشزا از حلال ها و جایگزینی یک ماده سمی مخاطرات جدیدی را به دنبال دارد که باید آنها نیز به همین ترتیب تجزیه و تحلیل شوند [۶۷].

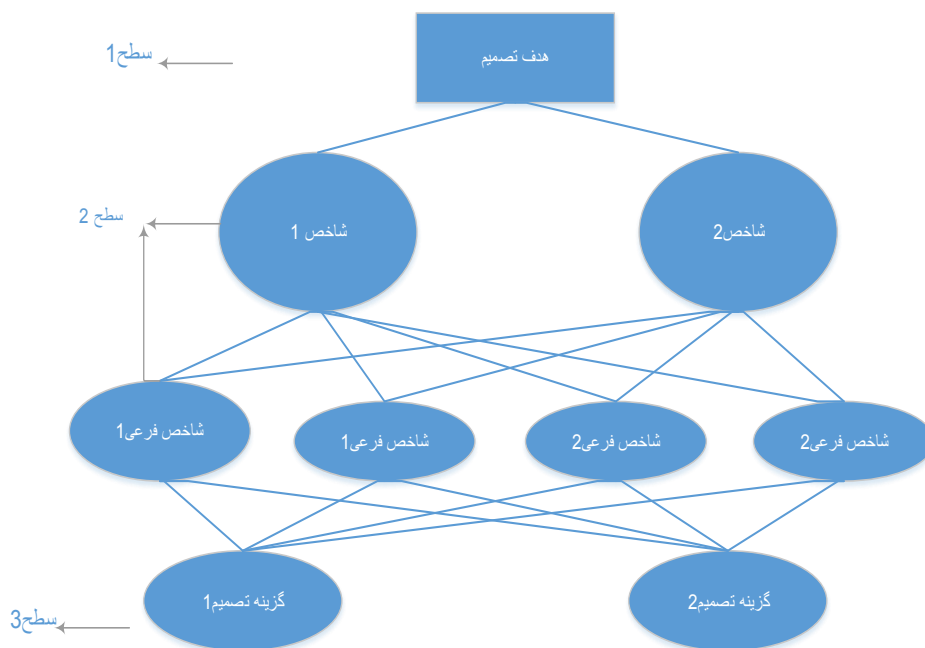
۳-۷-۲- الگوریتم استفاده از AHP

به کارگیری این روش مستلزم پنج قدم عمده زیر می باشد:

گام اول: مدل سازی

در این قدم، مسئله و هدف تصمیم گیری به صورت سلسله مراتبی از عناصر تصمیم که باهم در ارتباط می باشند، درآورده می شود. عناصر تصمیم شامل شاخص های تصمیم گیری و گزینه های تصمیم می باشد. فرایند تحلیل سلسله مراتبی نیازمند شکستن یک مسئله 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 مسئله تصمیم نشان داده شده است.



شکل ۳-۳- سلسله مراتب مسئله تصمیم [۶۸].

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 مسئله تصمیم، تصمیم گیرنده می‌بایست مجموعه ماتریس‌هایی که به‌طور 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 دوبه‌دو بین عناصر تصمیم (مقایسه زوجی) و از طریق تخصیص امتیازات عددی که نشان‌دهنده 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 ۱-۳ نحوه ارزش‌گذاری شاخص‌ها نسبت به هم نشان داده شده است.

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 به دست آید. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی به دست می‌آید.

گام پنجم: آزمون سازگاری

بعد از یک سازگی 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 (C.R) ماتریس مقایسه‌ای انجام می‌گیرد. C.R یک زوج ماتریس مقایسه‌ای برابر است با نسبت درجه سازگاری آن به مقدار تصادفی مربوطه^۲[۶۹].

- محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسات زوجی را در بردار ستونی «وزن نسبی» ضرب می‌کنیم. بردار جدیدی را که به این طریق به دست می‌آید، بردار مجموع وزنی^۳ نامیده می‌شود.

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

^۱Consistency ratios, CR

^۲to corresponding random value

^۳Weighted sum Vector=WSV

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

- محاسبه شاخص سازگاری^۱ (CI): شاخص سازگاری به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3-1)$$

n عبارت است از تعداد گزینه‌های موجود در مسئله

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

$$L = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n (AW_i / W_i) \right] \quad (3-2)$$

- 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 درایه‌های این بردار را بر درایه متناظر

بردار W_i تقسیم نموده و سپس مقادیر به دست آمده را جمع نمود. با تقسیم عدد حاصل بر

تعداد معیارها (n) مقدار L به دست خواهد آمد.

- محاسبه شاخص تصادفی^۲: شاخص تصادفی بودن از جدول ۳-۵ استخراج می‌شود.

جدول ۳-۹- شاخص تصادفی بودن (RI)

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

^۱Consistency Index = CI

^۲Random Index = RI

- محاسبه نسبت سازگاری: نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی به دست می‌آید. نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر سازگاری در مقایسات را بیان می‌کند [۶۸].

$$CR = CI / RI \quad (3-3)$$

۳-۷-۳- تکنیک TOPSIS

در این مطالعه برای انتخاب راهکارها از تکنیک تاپسیس استفاده شده است. اولویت با راهکاری است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد.

گام اول: شناسایی معیارها و گزینه‌ها

شاخص‌های اصلی (معیارها) و گزینه‌ها شناسایی گردیده‌اند. بنابراین ماتریس امتیازدهی گزینه‌ها بر اساس معیارها تشکیل شده است. برای امتیازدهی بر اساس هر معیار از طیف لیکرت نه درجه استفاده شده است. نمره متناسب به هر یک از شاخص‌ها با توجه به دیدگاه کارشناسان ارزیابی می‌گردد.

گام دوم: تهیه ماتریس بی‌مقایس شده

در گام دوم بی‌مقایس سازی ماتریس تصمیم‌گیری با نرم صورت گرفته است. اگر هر درایه ماتریس بی‌مقایس شده را با n_{ij} و هر درایه متناظر آن را در ماتریس اولیه با a_{ij} نشان دهند آنگاه هر n_{ij} با تقسیم درایه متناظر در ماتریس اولیه بر جذر مجموع مربعات عناصر ستون متناظر و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m a_{ij}^2}} \quad (3-4)$$

گام سوم: تهیه ماتریس بی‌مقایس موزون

در گام سوم باید ماتریس بی‌مقایس (N) به ماتریس بی‌مقایس موزون (V) تبدیل شود. برای به دست آوردن ماتریس بی‌مقایس موزون باید اوزان شاخص‌ها موجود باشد. وزن هر یک از شاخص‌ها با استفاده از آزمون فریدمن محاسبه می‌شود.

به این منظور ماتریس بی مقیاس شده در ماتریس مربعی ($W_{n \times n}$) که عناصر قطر اصلی آن اوزان شاخص‌ها و دیگر عناصر آن صفر است ضرب می‌شود. ماتریس حاصل را ماتریس بی مقیاس شده موزون گویند و با V نشان داده می‌شود [۷۰].

$$V = N \times W_{n \times n} \quad (3-5)$$

گام چهارم: محاسبه ایده آل‌های مثبت و منفی

در این گام برای هر شاخص یک ایده آل مثبت ($V+$) و یک ایده آل منفی ($V-$) محاسبه می‌شود. اکنون باید ایده آل‌های مثبت و منفی را برای هر شاخص به دست آورد.

- برای هر شاخص مثبت، ایده آل مثبت بزرگ‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می‌باشد.

- برای هر شاخص مثبت، ایده آل منفی کوچک‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می‌باشد.

- برای هر شاخص منفی، ایده آل مثبت کوچک‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می‌باشد.

- برای هر شاخص منفی، ایده آل منفی بزرگ‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می‌باشد.

گام پنجم: محاسبه فاصله هر گزینه از ایده آل‌های مثبت و منفی

فاصله هر گزینه از ایده آل مثبت با $d+$ و فاصله با ایده آل منفی با $d-$ نمایش داده می‌شود.

گام ششم: محاسبه راه حل ایده آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل حساب می‌شود. برای این کار از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$CL_i = d_i^- / (d_i^- + d_i^+) \quad (3-6)$$

مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد راه کار به جواب ایده آل نزدیک‌تر است و راه کار بهتری می‌باشد.

فصل چهارم

یافته‌ها

۴-۱- مقدمه

در این پژوهش نتایج حاصل از ارزیابی ریسک ایمنی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ و بر اساس روش کار ذکر شده در فصل سوم به دست آمد که یافته‌های حاصل از تحقیق در این فصل بیان می‌گردد. با توجه به اینکه هدف اصلی ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک TOPSIS مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ بوده لذا در تعیین پیامدهای هر جنبه، اثر نهایی آن در نظر گرفته شده است. در مطالعه حاضر از تکنیک تجزیه و تحلیل FMEA، AHP و TOPSIS برای دستیابی به هدف پژوهش استفاده شده است. معیارها و زیرمعیارهای شناسایی شده همزمان در قالب یک مدل FMEA و یک مدل تحلیل سلسله‌مراتبی ارائه گردیده است و برای اولویت‌بندی اهداف از تکنیک تاپسیس استفاده شده است.

۴-۲- طراحی مدل فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)

در ابتدا ریسک‌های هر یک از مشاغل با استفاده از تکنیک FMEA شناسایی و ارزیابی شدند، سپس عنوان شغل‌ها را در قالب معیار و ریسک‌های شناسایی شده را در قالب زیرمعیارها در نظر گرفته و از نظر کارشناسان برای اولویت‌بندی آن‌ها استفاده می‌شود. چون در این مطالعه از نظر بیش از یک کارشناس استفاده شده است بنابراین از تکنیک میانگین هندسی برای اولویت‌بندی نهایی دیدگاه کارشناسان استفاده شده است. یکی از بهترین روش‌ها برای ترکیب جدول‌های مقایسه‌ای اعضای گروه، استفاده از میانگین هندسی است. میانگین هندسی کمک خواهد کرد ضمن در نظر گرفتن قضاوت هر عضو، قضاوت گروه درباره هر مقایسه زوجی سنجش شود [۶۸]. میانگین هندسی مناسب‌ترین قاعده ریاضی برای ترکیب قضاوت‌ها در

AHP است. به این خاطر که این میانگین خاصیت معکوس بودن در ماتریس مقایسه زوجی را حفظ می کند [۶۹].

جدول ۴-۱- معیارها و زیر معیارهای مدل و نمادهای مورد استفاده

معیار (عنوان شغل)	نماد معیار	زیر معیار (ریسک)	نماد زیر معیار
بلوورها / کمپرسورها	C1	کار در محیط گردوغبار	S11
		تماس با قسمت های متحرک	S12
		تردد در مسیرها	S13
		کار در مجاورت مواد قابل اشتعال	S14
		کار در مجاورت مواد قابل انفجار	S15
		کار در ارتفاع برای تعمیرات کمپرسورها و بلوورها	S16
		استفاده از ابزارآلات نایمن	S17
		پرتاب براده به چشم	S18
تعمیرات نوسازی	C2	کار با جرثقیل	S21
		کار با تجهیزات برقی	S22
		کار با مواد قابل انفجار	S23
		کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات و نوسازی	S24
		تردد در مسیر نایمن	S25
گیربکس ها	C3	تماس با مواد مذاب	S31
		کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری	S32
		کار در مجاورت مواد قابل انفجار	S33
		کار با تجهیزات برقی	S34
		کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها	S35
		استفاده از ابزارآلات جک ها و جیم باکس	S36
		تماس با اجسام برنده	S37
		کار در سطوح لغزنده	S38

معيار (عنوان شغل)	نماد معيار	زير معيار (ريسك)	نماد زير معيار
		گير كردن در لاي قطعات (چرخ دنده)	S39
ماشين كار، فرزكار	C4	كار با تجهيزات برقي	S41
		كار در ارتفاع در هنگام كار در داربست	S42
		كار در مجاورت مواد قابل انفجار	S43
مكانيك هيدروليک	C5	كار با تجهيزات برقي	S51
		كار در ارتفاع	S52
		تردد در مسير ناايمن	S53

۴-۳- حالات شكست و تجزيه تحليل اثرات آن (FMEA)

در اين تحقيق FMEA در قالب پنج دسته بلوورها / كمپرسورها؛ تعميرات نوسازی؛ گيربكسها؛ ماشين كار، فرزكار و مكانيك هيدروليک موردبررسی قرار گرفته است.

۴-۳-۱- بلوورها / كمپرسورها

در بلوورها / كمپرسورها ريسك‌هايی همچون كار در محيط گردوغبار، تماس با قسمت‌های متحرک، تردد در مسيرها، كار در مجاورت مواد قابل اشتعال، كار در مجاورت مواد قابل انفجار، كار در ارتفاع برای تعميرات كمپرسورها و بلوورها، استفاده از ابزارآلات ناايمن و پرتاب براده به چشم شناسایی گرديد، كه هر يك از آنها به تفكيك در جدول ۴-۲ موردبررسی قرار گرفتند:

جدول ۴-۲- ارزیابی ریسک بلورها / کمپرسورها

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	رویز	اقدامات پیشنهادی
بلورها / کمپرسورها	سرویس و نگهداری کمپرسورها	گردوغبار	کار در محیط گردوغبار	بیماری‌های ریوی	۴	استنشاق گردوغبار ناشی از فرآیند تولید در محوطه کمپرسورها و بلورها	۲	استفاده از ماسک و کلاه پارچه‌ای	۳	۲۴	A		----
	بازدیدها												
	روان کاری												
	نظافت												
بلورها / کمپرسورها	تعمیرات جزئی	قسمت‌های متحرک ماشین‌آلات	تماس با قسمت‌های متحرک	قطع عضو	۴	تماس با پولی موتورهای کمپرسورها	۱	وجود حفاظ بر روی پولی‌ها	۲	۸	A		----
	توقف دستگاه در زمان تعمیرات												
	تعمیرات اساسی در زمان توقف				۴	استفاده از پرسنل باتجربه و آموزش‌دیده	۲		۱۶	A			
بلورها / کمپرسورها	مسیر ناایمن	تردد در مسیرها	لیز خوردن، ضرب‌دیدگی و شکستگی		۳	تردد در مسیرهای لغزنده (وجود کلینکر)	۱	نظافت مسیرهای تردد	۳	۹	A		----
					۳		۲		۳	۱۸	A		
بلورها / کمپرسورها	مواد قابل اشتعال	مواد قابل اشتعال	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال	آتش‌سوزی سوختگی	۳	استفاده از بنزین و گازوئیل برای	۱	عدم نگهداری بنزین در داخل	۳	۹	A		----

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	رویه	اقدامات پیشنهادی
					۳	شستشو	۲	کمپرسور خانه	۳	۱۸	A		
جاری‌سازی سیستم S۵	مواد قابل انفجار	مواد قابل انفجار	کار در مجاورت مواد قابل انفجار	انفجار مرگ، تخریب تجهیزات و ساختمان‌ها	۵	وجود کپسول‌های هوا و گاز	۱	کنترل شیلنگ‌های هوا و گاز قبل از استفاده	۳	۱۵	A		
					کنترل سلامت کپسول‌ها و استفاده از دسته پیک ، رگلاتور و مانومتر هوای استاندارد								
					نصب کلاهک بر روی کپسول‌ها								
					۵		۱	مهار کپسول‌ها	۳	۱۵	A		
جاری‌سازی سیستم S۵	ارتفاع	ارتفاع	کار در ارتفاع برای تعمیرات کمپرسورها و بلوورها	سقوط اقلام و خسارات مالی (تجهیزات)	۴	سقوط قطعات گرانقیمت مثل اسکروها ی بلوورها ، رینگهای یاتاقانهای کمپرسورها و الزام	۱	تقسیم کار بر اساس مهارت های پرسنل	۲	۳۰	A		

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	رویه	اقدامات پیشنهادی
						نگهداری از این قطعات برای جلوگیری از ایجاد خسارات مالی		- آموزش انجام تعمیرات به روشهای اصولی و درست و عدم استفاده از روشهای غلط سستی					
					۴		۲	- استفاده از پرسنل آموزش دیده و با مهارت	۲	۳۰	A		
			سقوط افراد از کار افتادگی		۴	کار در ارتفاع حدود ۳ متری	۱	- استفاده از پرسنل آموزش دیده و با مهارت	۲	۳۰	A		----
					۴	برای تعمیرات کمپرسورها و بلورها	۲	- استفاده از داربست با جایگاه کار	۲	۳۰	A		
			استفاده از ابزارآلات ناایمن	شکستگی	۳	استفاده از جرثقیل و کرن های هوایی	۱	- رعایت موارد فنی راهنمای کنترل ریسک جرثقیل ها توسط واحد جرثقیل	۳	۹	A		----
					۳		۲	- انجام بازدید روزانه و تکمیل چک لیست	۳	۱۸	A		
		براده ها	پرتاب	آسیب های	۳	براده های	۱	- استفاده از	۳	۹	A		----

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	رویز	اقدامات پیشنهادی
			براده به چشم	جدی چشمی	۳	ناشی از سنگزنی	۲	عینک	۳	۱۸	A		

۴-۳-۲- تعمیرات نوسازی

در تعمیرات نوسازی ریسک‌هایی همچون کار با جرثقیل، کار با تجهیزات برقی، کار با مواد قابل انفجار، کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات و نوسازی، تردد در مسیر نایمن شناسایی گردید، که هر یک از آن‌ها به تفکیک در جدول ۴-۳ مورد بررسی قرار گرفتند:

جدول ۴-۳- ارزیابی ریسک تعمیرات نوسازی

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	رویز	اقدامات پیشنهادی
تعمیرات نوسازی	نوسازی	جرثقیل	کار با جرثقیل	سقوط اجسام مرگ	۵	جابجایی اقلام سنگین با جرثقیل	۱	- انجام مانورهای لازم قبل از حمل بار	۳	۱۵	A		---
	جوشکاری							- کنترل رعایت ظرفیت مجاز جرثقیل					
	برشکاری							- اطمینان از سلامت قلاب و سیم بکسل و ضوابط					
	سنگ کاری				۵		۱	- کنترل عدم قرار گرفتن پرسنل در مسیر بار	۳	۱۵	A		
	تجهیزات برقی		کار با تجهیزات برقی	برق گرفتگی مرگ	۵	کار با تجهیزات برقی	۱	- استفاده از دستکش کف چرمی - کنترل تجهیزات برقی قبل از	۳	۱۵	A		---

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	رویه	اقدامات پیشنهادی
					۵		۱	کار	۳	۱۵	A		
								- ارت دستگاه					
								- نو بودن کلیه سیم کشی ها با توجه به جدیدالاحداث بودن کارگاه					
								- مهار و کنترل دقیق کپسولها و متعلقات آن					
	مواد قابل انفجار	قابل انفجار	کار با مواد قابل انفجار	انفجار مرگ , تخریب تجهیزات	۵	وجود کپسول‌های هوا و گاز	۱	- تعویض به موقع شیلنگها	۳	۱۵	A	*	
								- حمل کپسول‌ها با چرخ دستی					
					۵		۱	- اجرای S5	۳	۱۵	A	*	
	حضور در واحدها برای بررسی اشکالات موردی قطعات ساخته شده یا اندازه گیری ابعاد	ارتفاع	کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات و نوسازی	سقوط افراد مرگ	۵	ساخت و نصب قطعاتی که مانع از سقوط می شوند	۲	- نصب پاگرد موقتی ایمن با نصب نرده و داربست	۳	۳۰	C		- صدور پرمیت برای کار در ارتفاع
						در ارتفاع قرار دارند	۲	- جلوگیری از کار افراد مسن و افرادی که نمیتوانند در ارتفاع کار کنند	۳	۳۰	C		
					۳	تردد از مسیرهای	۱	- استفاده از کفش و کلاه ایمنی	۳	۹	A	*	---
		مسیر ناایمن	تردد در مسیر	ضرب‌دیدگی , شکستگی									

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	رویه	اقدامات پیشنهادی
			ناایمن			ناایمن		- تردد از مسیرهای ایمن توسط ناظرین - آموزش ایمنی					
					۳		۲	- نصب علائم هشدار دهنده	۳	۱۸	A	*	

۴-۳-۳- گیربکس‌ها

در گیربکس‌ها ریسک‌هایی همچون تماس با مواد مذاب، کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری، کار در مجاورت مواد قابل انفجار، کار با تجهیزات برقی، کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها، استفاده از ابزارآلات جک‌ها و جیم باکس، تماس با اجسام برنده، کار در سطوح لغزنده و گیرکردن در لای قطعات (چرخ‌دنده) شناسایی گردید، که هر یک از آن‌ها به تفکیک در جدول ۴-۴ مورد بررسی قرار گرفتند:

جدول ۴-۴- ارزیابی ریسک گیربکس‌ها

اقدامات پیشنهادی	روشنی	سطح ریسک	RPN	احتمال کشف (D)	کنترل‌های موجود	احتمال رخداد (O)	علل بالقوه	شدت (S)	پیامد	ریسک	عامل زیان‌آور (خطر)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	شماره شغل (Job)
									(HARM)	(RISK)	(HAZARD)		
-----		A	۹	۳	- استفاده از دستکش چرمی ، کفش ایمنی ، عینک و لباس کار	۱	داغ کردن قطعات (شافتها) برای مونتاژ و دمونتاژ و تماس با روغن داغ	۳	سوختگی	تماس با مواد مذاب	مواد داغ	مونتاژ و دمونتاژ ، محور ها ، چرخ‌دنده ها و بیرینگها	
		A	۱۸	۴	- استفاده از پرسنل آموزش‌دیده و باتجربه	۲		۳				سنگ‌زنی	
-----		A	۹	۳	اجرای S۵ و جمع آوری سرنخ ها و نگهداری سرنخهای تمیز در جعبه های فلزی درب دار - نگهداری مواد قابل اشتعال دور از شعله مستقیم در داخل کمد نگهداری تینر و گازوئیل در ظروف در بسته عدم استعمال دخانیات در زمان کار - وجود کپسول های اطفاء حریق	۱	- استفاده از تینر و گازوئیل برای تمیز نمودن سطح قطعات گرم کردن قطعات برای جازدن ویا در آوردن چرخ‌دنده ها	۳	آتش‌سوزی سوختگی	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری	مواد قابل اشتعال	جوشکاری	
		A	۱۸	۳	- آموزش اطفاء حریق	۲		۳					
ترجیحاً انجام کار به شیفت روز موکول شود		A	۱۰	۲	- وجود شیر اطمینان بر روی کپسول - تمیز نمودن کپسول از روغن و گریس	۱	استفاده از کپسول گاز گرم کردن	۵	انفجار مرگ ، تخریب و تجهیزات و ساختمان‌ها	کار در مجاورت مواد قابل انفجار	مواد قابل انفجار		

گیربکس‌ها

فردان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	روتین	اقدامات پیشنهادی
					۵	قطعات	۲	- حمل کپسول با چرخ دستی مخصوص و نگهداری در جای ایمن - استفاده از دستکش کف چرمی	۲	۲۰	C		
					۵	کار با پمپهای برقی ، دریل دستی ، سنگ فیبری ، سنگ انگشتی و ترانس جوش	۱	- چک کردن کابل‌های تجهیزات برقی قبل از انجام تعمیرات - استفاده از دستکش کف چرمی	۲	۱۰	A	ترجیحاً انجام کار به شیفت روز موکول شود	
					۵		۲	- بهینه سازی و اصلاح کابلها و تابلوهای برق	۲	۲۰	C		
					۵		۱	- وجود جایگاه و داربست در ارتفاعات - هماهنگی با سرپرستان قسمتها - بازدید ادواری واحد ایمنی برای شناسایی و رفع کانونهای خطر	۲	۳۰	A	ترجیحاً انجام کار به شیفت روز موکول شود	
					۵	انجام کار در ارتفاع در کلیه قسمتها (سیلوهای سنگ ، نمونه گیری ، مواد خام و...)	۲	- استفاده از نردبان و چهارپایه های استاندارد	۲	۳۰	C		
					۵	سقوط غلطک ، چرخ‌دنده های	۱	- استفاده از چرتقیل ۱ تن تا ۲۰۰ تنی با رعایت نکات ایمنی - اطمینان از	۲	۱۰	A	ترجیحاً انجام کار به شیفت روز موکول	

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر) (HAZARD)	ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	روتین	اقدامات پیشنهادی
						گیربکسهای بزرگ و متوسط و گیربکس در زمان جابجایی		سلامت بالابرها و انجام مانور قبل از شروع کار					شود
					۵		۲	- نظارت دقیق سرپرست کارگاه	۲	۲۰	A		
					۳	- استفاده از جیم بلاکس ها و جکها و ابزارهای مستعمل و نالاین در کارها و استفاده نامناسب از ابزارآلات	۱	- انجام مانور (تست) با جیم بلاکس قبل از شروع کار	۳	۹	A		تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها
				ضرب دیدگی ، شکستگی	۳		۲	- ایجاد مانع در اطراف جکها و جیم بلاکس	۳	۱۸	A		
		ابزارآلات	استفاده از ابزارآلات جکها و جیم بلاکس										
					۳	تماس با براده های ناشی از خوردگی قطعات و تماس با لبه های تیز چرخنده ها و بیرینگ های شکسته	۲	- استفاده از دستکش کف چرمی	۲	۱۲	A		-----
				بریدگی	۳		۲		۳	۱۸	A		
		اجسام برنده	تماس با اجسام برنده										
					۳	تردد در مسیرهای لغزنده (وجود کلینکر)	۱	- نظافت مسیرهای تردد	۳	۹	A		-----
				لیز خوردن ، ضرب دیدگی و شکستگی	۳		۲		۳	۱۸	A		
					۴	جا زدن قطعات	۱	- استفاده از کارگران ماهر	۲	۸	A		-----
				له شدن ، شکستگی ، دست انگشتان	۴		۲		۲	۱۶	A		
		قطعات	گیرکردن در لای قطعات (چرخ دنده)										

۴-۳-۴- ماشین کار، فرز کار

در ماشین کار، فرز کار ریسک‌هایی همچون کار با تجهیزات برقی، کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست و کار در مجاورت مواد قابل انفجار شناسایی گردید، که هر یک از آنها به تفکیک در جدول ۴-۵ مورد بررسی قرار گرفتند:

جدول ۴-۵- ارزیابی ریسک ماشین کار، فرز کار

اقدامات پیشهادی	درجه ریسک	سطح ریسک	RPN	احتمال کشف (D)	کنترل‌های موجود	احتمال رخداد (O)	علل بالقوه	شدت (S)	پیامد	ریسک	عامل زیان‌آور (خطر)	تشریح اجزاء کاری	میزان شغل (Job)
									(HARM)	(RISK)	(HAZARD)	(TASKS)	
-----		A	۱۵	۳	- وجود سیستم ارت تعمیرات مقطعی زیر پایی ها استفاده از کفش ایمنی رفع مودی اشکالات برقی	۱	خرابی چوبهای زیر پایی دستگاهها	۵	برق گرفتگی مرگ	کار با تجهیزات برقی	تجهیزات برقی	تراشکاری و ماشینکاری در برخی موارد محدود (موارد خطرات و ریسکهای عمومی که کلیه مشاغل تراشکاری را با توجه به محیط مشترک تحت تاثیر قرار می‌دهد) جوشکاری	ماشین کار ، فرز کار
		A											
استفاده از کمر بند کار در ارتفاع		C	۳۰	۳	نصب داربست و ایجاد پاگرد با استفاده از چوب در محل عملیات	۲	انجام تراشکاری در داخل قسمت ها در ارتفاعات (روزانه)	۵	سقوط افراد ضربیدگی و شکستگی	کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست	ارتفاع		
اجرای S۵		A	۱۵	۳	چیدمان مناسب قطعات	۱	کار با کپسول‌های	۵	انفجار مرگ	کار در مجاورت	مواد قابل انفجار		

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر)		ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	روتین	اقدامات پیشنهادی
		(HAZARD)	(RISK)											
			مواد قابل انفجار			۵	استیلین		مهار کپسول‌های استیلین و نگهداری دور از حرارت آموزش پرسنل	۳	۱۵	A		
								۱	کنترل دقیق فشارسنج‌های کپسول‌ها					

۴-۳-۵- مکانیک هیدرولیک

در مکانیک هیدرولیک ریسک‌هایی کار با تجهیزات برقی، کار در ارتفاع و تردد در مسیر ناایمن شناسایی گردید، که هر یک از آن‌ها به تفکیک در جدول ۴-۶ مورد بررسی قرار گرفتند:

جدول ۴-۶- ارزیابی ریسک مکانیک هیدرولیک

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر)		ریسک (RISK)	پیامد (HARM)	شدت (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	روتین	اقدامات پیشنهادی
		(HAZARD)	(RISK)											
مکانیک هیدرولیک		تجهیزات برقی	کار با تجهیزات برقی		برق گرفتگی مرگ	۵	کار در مجاورت کابل‌ها و تجهیزات برقی مانند موتورهای و	۱	استفاده از دستکش کف چرمی بهینه‌سازی و اصلاح کابل‌ها و تابلوهای برق	۳	۱۵	A		----

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان آور (خطر)	ریسک	پیامد	شدن (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	روشن	اقدامات پیشنهادی
		(HAZARD)	(RISK)	(HARM)									
					۵	تابلوهای برق	۱	قطع کلید اصلی برق و اطمینان از قطع برق دستگاهها در زمان تعمیرات	۳	۱۵	A		
	تعمیر و نگهداری (جکهای آسیاب فایفر، کوره های ۱ و ۲، گریس پمپهای دوپل، آسیاب خاک و موادخام (۱)	ارتفاع	کار در ارتفاع	سقوط قطعات مرگ	۵	جابجایی قطعات پمپ و بشکه های روغن توسط کرن و امکان سقوط این لوازم (روزانه)	۲	چک کردن و حصول اطمینان از سلامت وایرها (سیم بکسلها) بر اساس چک لیست روزانه جرثقیل ها	۳	۳۰	C		صدور پر میت برای کار در ارتفاع
								انجام مانورهای لازم توسط راننده جرثقیل قبل از انجام کار					ترجیحاً انجام فعالیت به روز موکول شود.

عنوان شغل (Job)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عامل زیان‌آور (خطر)	ریسک	پیامد	شدن (S)	علل بالقوه	احتمال رخداد (O)	کنترل‌های موجود	احتمال کشف (D)	RPN	سطح ریسک	روشن	اقدامات پیشنهادی
		(HAZARD)	(RISK)	(HARM)									
								تخلیه افراد از محدوده انتقال وسایل و عدم جایگیری افراد در زیر بار					
								استفاده از کلاه ایمنی					
								هماهنگی با واحد ایمنی					
صدر پرمیت برای کار در ارتفاع			سقوط افراد مرگ	۵	۵	کار در ارتفاع کلاسیفایر آسیاب فایفر ۳ و ۴ در حدود ۱۵ متری (روزانه)	۲	استفاده از چهار پایه وجود داربست و جایگاه کار	۳	۳۰	C		
---	*		تردد در مسیر ناایمن	ضرب‌دیدگی ، شکستگی ، مرگ	۳	تردد از مسیرهای ناایمن	۱	استفاده از کفش و کلاه ایمنی	۳	۹	A		
								تردد از مسیرهای ایمن توسط ناظرین					

اقدامات پیشنهادی	ردیف	سطح ریسک	RPN	احتمال کشف (D)	کنترل‌های موجود	احتمال رخداد (O)	علل بالقوه	شدن (S)	پیامد	ریسک	عامل زیان‌آور (خطر)	تشریح اجزاء کاری (TASKS)	عنوان شغل (Job)
									(HARM)	(RISK)	(HAZARD)		
	*	A	۱۸	۳	آموزش ایمنی	۲							
	*				نصب علائم هشدار دهنده								

۴-۴- مقایسه زوجی معیارهای اصلی بر اساس هدف (W21)

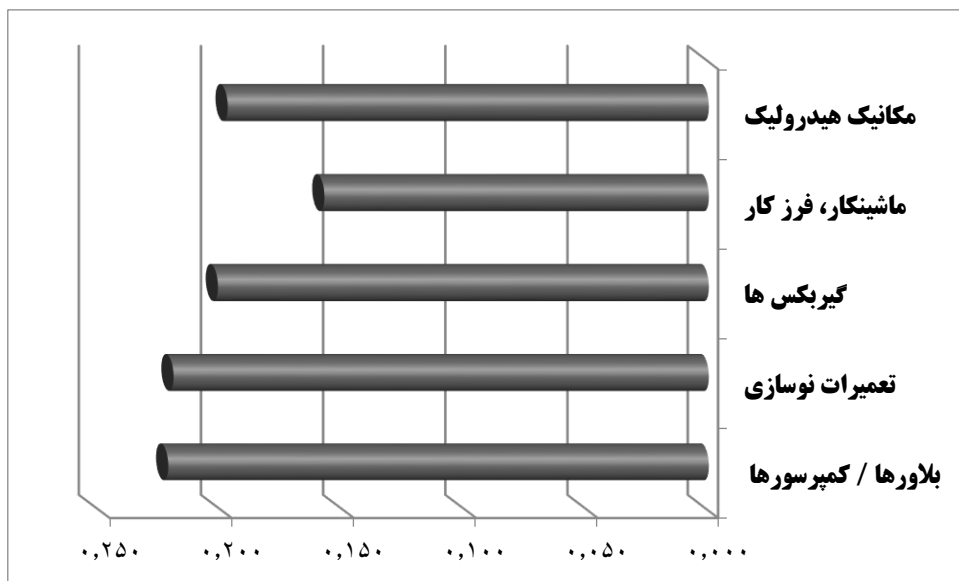
در این مطالعه معیارهای اصلی بلوورها / کمپرسورها، تعمیرات نوسازی، گیربکس‌ها، ماشین کار/ فرزکار، مکانیک هیدرولیک می‌باشند. بنابراین در مرحله نخست به مقایسه زوجی عناصر پنج گانه ماتریس بر اساس هدف پرداخته شده است. نتایج انجام مقایسه‌های زوجی در جدول ۷-۴ به تصویر درآمده است.

جدول ۷-۴- ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی

بلوورها / کمپرسورها	تعمیرات نوسازی	گیربکس‌ها	ماشین کار/ فرزکار	مکانیک هیدرولیک	میانگین هندسی	بردار ویژه
۱	۰,۸۲۶	۱,۳۷۴	۱,۴۳۱	۱,۰۷۹	۱,۱۱۹	۰,۲۲۲
۱,۲۱۱	۱	۱,۲۰۰	۰,۸۹۶	۱,۲۸۲	۱,۱۰۸	۰,۲۲۰
۰,۷۲۸	۰,۸۳۳	۱	۱,۶۳۹	۱,۰۹۱	۱,۰۱۶	۰,۲۰۲
۰,۶۹۹	۱,۱۱۶	۰,۶۱۰	۱	۰,۶۷۵	۰,۷۹۷	۰,۱۵۸
۰,۹۲۷	۰,۷۸۰	۰,۹۱۶	۱,۴۸۱	۱	۰,۹۹۶	۰,۱۹۸

بنابراین بردار ویژه W21 به صورت زیر خواهد بود:

$$W_{21} = \begin{pmatrix} ۰/۲۲۲ \\ ۰/۲۲۰ \\ ۰/۲۰۲ \\ ۰/۱۵۸ \\ ۰/۱۹۸ \end{pmatrix}$$



شکل ۴-۱- اولویت بندی معیارهای اصلی بر اساس هدف پژوهش

بر اساس بردار ویژه به دست آمده:

معیار بلورها / کمپرسورها با وزن نرمال شده ۰,۲۲۲ در اولویت اول می باشد.

معیار تعمیرات نوسازی با وزن نرمال شده ۰,۲۲۰ در اولویت دوم می باشد.

معیار گیربکس ها با وزن نرمال شده ۰,۲۰۲ در اولویت سوم می باشد.

معیار مکانیک هیدرولیک با وزن نرمال شده ۰,۱۹۸ در اولویت چهارم می باشد.

معیار ماشین کار/ فرزکار با وزن نرمال شده ۰,۱۵۸ در اولویت آخر می باشد.

همچنین نرخ ناسازگاری مقایسه های انجام شده نیز برابر ۰/۰۱۹ به دست آمده است که چون

کوچکتر از ۰/۱ می باشد بنابراین می توان به مقایسه های انجام شده اطمینان کرد.

۴-۵- مقایسه زوجی زیرمعیارها (W32)

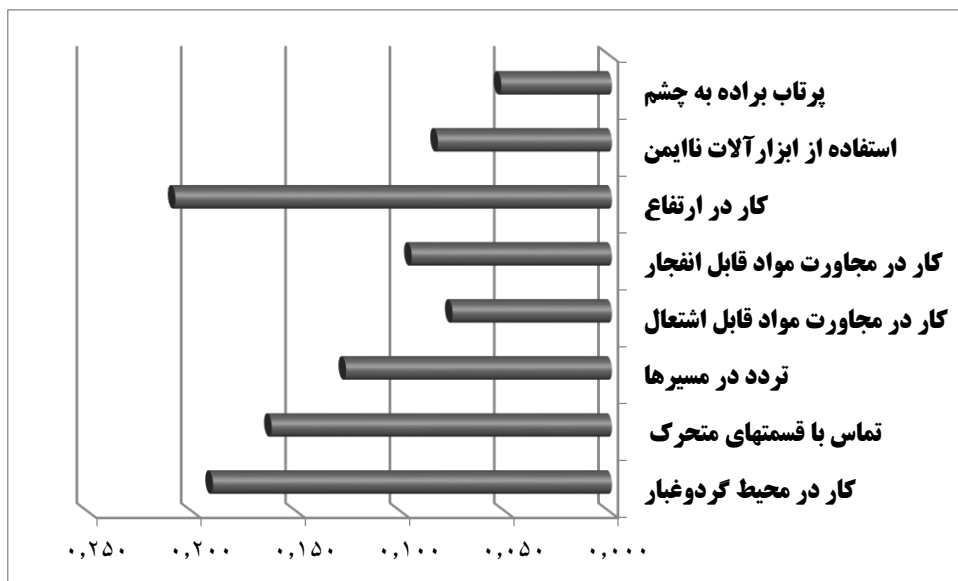
در گام دوم از تکنیک AHP زیر معیارهای مربوط به هر معیار به صورت زوجی مقایسه شوند.

۴-۵-۱- مقایسه زوجی زیر معیارهای بلوورها / کمپرسورها

محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت زیر معیارهای بلوورها / کمپرسورها در جدول شماره ۴-۸ ارائه شده است. چون این معیار از ۸ زیر معیار تشکیل شده است بنابراین ۲۸ مقایسه زوجی انجام گرفته است.

جدول ۴-۸- تعیین اولویت زیر معیارهای بلوورها / کمپرسورها

بردار ویژه	میانگین هندسی	پرتاب براده به چشم	استفاده از ابزارآلات نایمن	کار در ارتفاع	کار در مجاورت مواد قابل انفجار	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال	تردد در مسیرها	تماس با قسمت‌های متحرک	کار در محیط گردوغبار	
۰,۱۹۱	۱,۶۷۵	۳,۱۱۱	۱,۹۶۶	۰,۵۵۱	۳,۳۰۵	۲,۴۵۵	۱,۳۳۰	۱,۷۰۸	۱	کار در محیط گردوغبار
۰,۱۶۳	۱,۴۲۹	۳,۴۳۲	۲,۳۵۲	۰,۶۵۹	۱,۶۶۱	۲,۱۸۸	۱,۵۳۴	۱	۰,۵۸۶	تماس با قسمت‌های متحرک
۰,۱۲۷	۱,۱۱۷	۱,۴۰۰	۱,۸۳۵	۰,۴۸۵	۱,۵۱۸	۲,۶۰۵	۱	۰,۶۵۲	۰,۷۵۲	تردد در مسیرها
۰,۰۷۶	۰,۶۷۰	۰,۷۶۷	۱,۷۱۰	۰,۳۸۵	۱,۱۲۳	۱	۰,۳۸۴	۰,۴۵۷	۰,۴۰۷	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال
۰,۰۹۶	۰,۸۴۱	۳,۷۹۷	۰,۹۶۳	۰,۶۴۳	۱	۰,۸۹۱	۰,۶۵۹	۰,۶۰۲	۰,۳۰۳	کار در مجاورت مواد قابل انفجار
۰,۲۰۹	۱,۸۳۳	۱,۹۶۱	۲,۸۳۰	۱	۱,۵۵۵	۲,۵۹۶	۲,۰۶۲	۱,۵۱۸	۱,۸۱۵	کار در ارتفاع
۰,۰۸۳	۰,۷۳۱	۳,۲۳۶	۱	۰,۳۵۳	۱,۰۳۸	۰,۵۸۵	۰,۵۴۵	۰,۴۲۵	۰,۵۰۹	استفاده از ابزارآلات نایمن
۰,۰۵۳	۰,۴۶۵	۱	۰,۳۰۹	۰,۳۰۹	۰,۲۶۳	۱,۳۰۴	۰,۷۱۴	۰,۲۹۱	۰,۳۲۱	پرتاب براده به چشم



شکل ۴-۲- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای بلوورها / کمپسورها

بر اساس بردار ویژه به دست آمده:

- زیر معیار کار در ارتفاع با بردار ویژه ۰,۲۰۹ در اولویت اول می باشد.
- زیر معیار کار در محیط گردوغبار با بردار ویژه ۰,۱۹۱ در اولویت دوم می باشد.
- زیر معیار تماس با قسمتهای متحرک با بردار ویژه ۰,۱۶۳ در اولویت سوم می باشد.
- زیر معیار تردد در مسیرها با بردار ویژه ۰,۱۲۷ در اولویت چهارم می باشد.
- زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل انفجار با بردار ویژه ۰,۰۹۶ در اولویت پنجم می باشد.
- زیر معیار استفاده از ابزارآلات نایمن با بردار ویژه ۰,۰۸۳ در اولویت ششم می باشد.
- زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل اشتعال با بردار ویژه ۰,۰۷۶ در اولویت هفتم می باشد.
- زیر معیار پرتاب براده به چشم با بردار ویژه ۰,۰۵۳ در اولویت آخر می باشد.

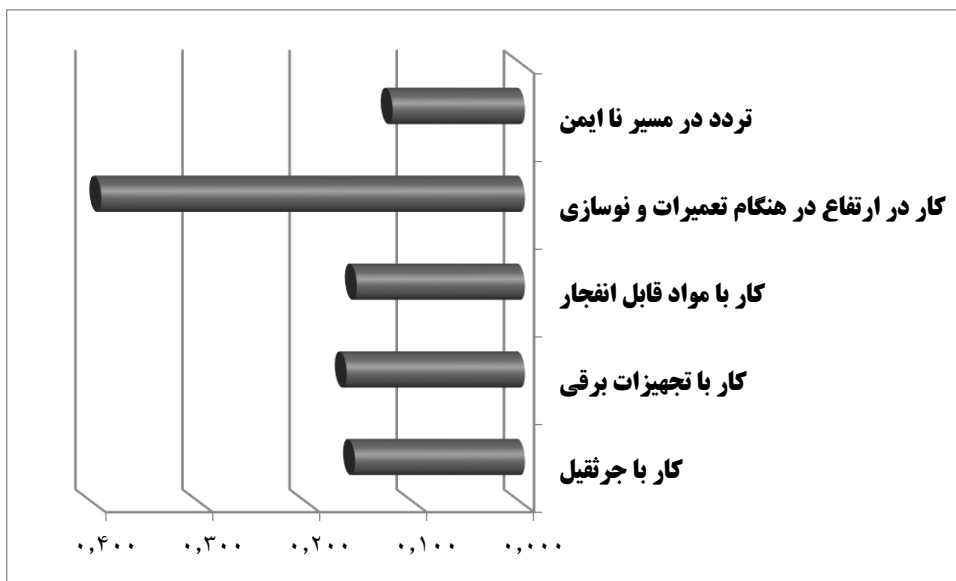
همچنین نرخ ناسازگاری مقایسه های انجام شده نیز برابر ۰/۰۴۳ به دست آمده است که چون کوچکتر از ۰/۱ می باشد بنابراین می توان به مقایسه های انجام شده اطمینان کرد.

۴-۵-۲- مقایسه زوجی زیر معیارهای تعمیرات نوسازی

محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت زیر معیارهای تعمیرات نوسازی در جدول شماره ۴-۹ ارائه شده است. چون این معیار از ۵ زیر معیار تشکیل شده است بنابراین ۱۰ مقایسه زوجی انجام گرفته است.

جدول ۴-۹- تعیین اولویت زیرمعیارهای تعمیرات نوسازی

بردار ویژه	میانگین هندسی	تردد در مسیر ناایمن	کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات و نوسازی	کار با مواد قابل انفجار	کار با تجهیزات برقی	کار با جرثقیل	
۰,۱۵۸	۰,۸۶۹	۰,۷۶۸	۰,۶۱۲	۰,۶۶۵	۱,۵۸۶	۱	کار با جرثقیل
۰,۱۶۶	۰,۹۱۲	۱,۹۵۴	۰,۲۵۶	۲,۰۰۱	۱	۰,۶۳۰	کار با تجهیزات برقی
۰,۱۵۷	۰,۸۶۰	۱,۸۳۵	۰,۳۴۱	۱	۰,۵۰۰	۱,۵۰۴	کار با مواد قابل انفجار
۰,۳۹۵	۲,۱۷۰	۲,۵۶۷	۱	۲,۹۳۰	۳,۹۱۲	۱,۶۳۳	کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات و نوسازی
۰,۱۲۳	۰,۶۷۶	۱	۰,۳۹۰	۰,۵۴۵	۰,۵۱۲	۱,۳۰۲	تردد در مسیر ناایمن



شکل ۴-۳- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای تعمیرات و نوسازی

بر اساس بردار ویژه به دست آمده:

زیر معیار کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات و نوسازی با بردار ویژه ۰,۳۹۵ در اولویت اول می باشد.

زیر معیار کار با تجهیزات برقی با بردار ویژه ۰,۱۶۶ در اولویت دوم می باشد.

زیر معیار کار با جرثقیل با بردار ویژه ۰,۱۵۸ در اولویت سوم می باشد.

زیر معیار کار با مواد قابل انفجار با بردار ویژه ۰,۱۵۷ در اولویت چهارم می باشد.

زیر معیار تردد در مسیر ناایمن با بردار ویژه ۰,۱۲۳ در اولویت آخر می باشد.

همچنین نرخ ناسازگاری مقایسه های انجام شده نیز برابر ۰/۰۸۷ به دست آمده است که چون

کوچکتر از ۰/۱ می باشد بنابراین می توان به مقایسه های انجام شده اطمینان کرد.

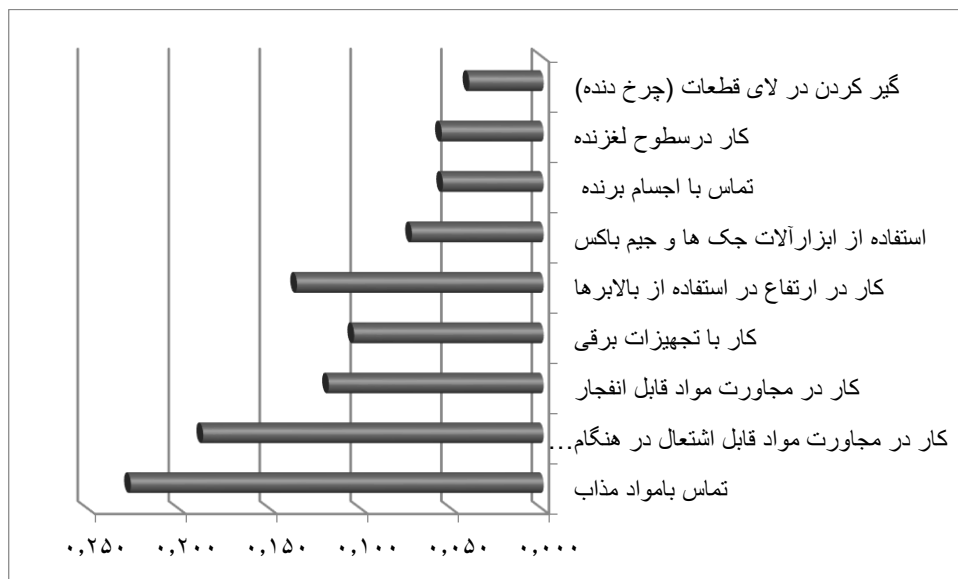
۴-۵-۳- مقایسه زوجی زیر معیارهای گیربکس‌ها

محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت زیر معیارهای گیربکس‌ها در جدول شماره ۴-۱۰ ارائه شده است. چون این معیار از ۹ زیر معیار تشکیل شده است بنابراین ۳۶ مقایسه زوجی انجام گرفته است.

جدول ۴-۱۰- تعیین اولویت زیر معیارهای گیربکس‌ها

بردار ویژه	میانگین هندسی	گیرکردن در لای قطعات (چرخ دنده)	کار در سطوح لغزنده	تماس با اجسام برنده	استفاده از ابزارآلات چک‌ها و جیم باکس	کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها	کار با تجهیزات برقی	کار در مجاورت مواد قابل انفجار	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری	تماس با مواد مذاب	
۰,۲۲۷	۲,۳۷۵	۳,۶۵۳	۴,۰۴۱	۳,۱۳۶	۴,۷۴۷	۰,۸۱۰	۳,۷۷۵	۳,۴۱۵	۱,۰۴۷	۱	تماس با مواد مذاب
۰,۱۸۸	۱,۹۶۰	۳,۲۹۶	۲,۲۷۳	۲,۹۹۳	۳,۱۵۸	۱,۷۳۰	۱,۷۳۰	۲,۱۰۷	۱	۰,۹۵۵	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری
۰,۱۱۹	۱,۲۳۸	۲,۲۱۸	۱,۶۷۳	۱,۳۶۹	۲,۲۴۴	۱,۳۶۴	۳,۱۶۶	۱	۰,۴۷۵	۰,۲۹۳	کار در مجاورت مواد قابل انفجار
۰,۱۰۵	۱,۰۹۳	۲,۴۸۸	۲,۵۷۸	۳,۰۰۵	۲,۲۶۷	۱,۰۵۵	۱	۰,۳۱۶	۰,۵۷۸	۰,۲۶۵	کار با تجهیزات برقی
۰,۱۳۶	۱,۴۲۱	۲,۵۴۸	۳,۷۳۳	۲,۴۸۲	۲,۰۲۱	۱	۰,۹۴۸	۰,۷۳۳	۰,۵۷۸	۱,۲۳۵	کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها
۰,۰۷۳	۰,۷۶۱	۱,۵۷۹	۱,۵۶۱	۵,۳۳۵	۱	۰,۴۹۵	۰,۴۴۱	۰,۴۴۶	۰,۳۱۷	۰,۲۱۱	استفاده از

	تماس با مواد مذاب	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری	کار در مجاورت مواد قابل انفجار	کار با تجهیزات برقی	کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها	استفاده از ابزارآلات جک ها و جیم باکس	تماس با اجسام برنده	کار در سطوح لغزنده	گیر کردن در لای قطعات (چرخ دنده)	میانگین هندسی	بردار ویژه
ابزارآلات جک ها و جیم باکس	۰,۳۱۹	۰,۳۳۴	۰,۷۳۰	۰,۳۳۳	۰,۴۰۳	۰,۱۸۷	۱	۱,۹۷۴	۱,۹۶۶	۰,۵۸۱	۰,۰۵۶
تماس با اجسام برنده	۰,۲۴۷	۰,۴۴۰	۰,۵۹۸	۰,۳۸۸	۰,۲۶۸	۰,۶۴۱	۰,۵۰۶	۱	۳,۸۵۲	۰,۵۸۸	۰,۰۵۶
گیر کردن در لای قطعات (چرخ دنده)	۰,۲۷۴	۰,۳۰۳	۰,۴۵۱	۰,۴۰۲	۰,۳۹۳	۰,۶۳۳	۰,۵۰۹	۰,۲۶۰	۱	۰,۴۲۹	۰,۰۴۱



شکل ۴-۴- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای گیربکس‌ها

بر اساس بردار ویژه به دست آمده:

زیر معیار تماس با مواد مذاب با بردار ویژه ۰,۲۲۷ در اولویت اول می باشد.

زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری با بردار ویژه ۰,۱۸۸ در اولویت دوم می باشد.

زیر معیار کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها با بردار ویژه ۰,۱۳۶ در اولویت سوم می باشد.

زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل انفجار با بردار ویژه ۰,۱۱۹ در اولویت چهارم می باشد.

زیر معیار کار با تجهیزات برقی با بردار ویژه ۰,۱۰۵ در اولویت پنجم می باشد.

زیر معیار استفاده از ابزارآلات جک ها و جیم باکس با بردار ویژه ۰,۰۷۳ در اولویت ششم می باشد.

زیر معیار کار در سطوح لغزنده با بردار ویژه ۰,۰۵۶۳ در اولویت هفتم می باشد.

زیر معیار تماس با اجسام برنده با بردار ویژه ۰,۰۵۵۷ در اولویت هشتم می باشد.

زیر معیار گیرکردن در لای قطعات (چرخ دنده) با بردار ویژه ۰,۰۴۱ در اولویت آخر می باشد.

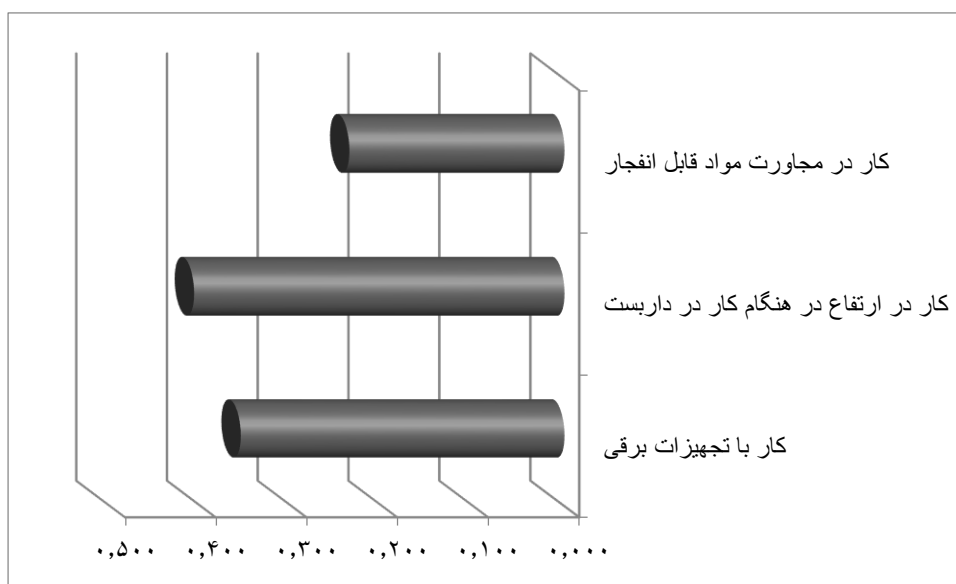
همچنین نرخ ناسازگاری مقایسه های انجام شده نیز برابر ۰/۰۸۶ به دست آمده است که چون کوچکتر از ۰/۱ می باشد بنابراین می توان به مقایسه های انجام شده اطمینان کرد.

۴-۵-۴- مقایسه زوجی زیر معیارهای ماشین کار/ فرزکار

محاسبات انجام شده برای تعیین اولویت زیر معیارهای ماشین کار/ فرزکار در جدول شماره ۴-۱۱ ارائه شده است. چون این معیار از ۳ زیر معیار تشکیل شده است بنابراین ۳ مقایسه زوجی انجام گرفته است.

جدول ۴-۱۱- تعیین اولویت زیرمعیارهای ماشین کار/ فرزکار

بردار ویژه	میانگین هندسی	کار در مجاورت مواد قابل انفجار	کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست	کار با تجهیزات برقی	
۰,۳۵۶	۱,۰۹۶	۱,۰۵۷	۱,۲۴۶	۱	کار با تجهیزات برقی
۰,۴۰۸	۱,۲۵۴	۲,۴۵۸	۱	۰,۸۰۳	کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست
۰,۲۳۶	۰,۷۲۷	۱	۰,۴۰۷	۰,۹۴۶	کار در مجاورت مواد قابل انفجار



شکل ۴-۵- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای ماشین کار/ فرزکار

بر اساس بردار ویژه به دست آمده:

زیر معیار کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست با بردار ویژه ۰,۴۰۸ در اولویت اول می باشد.

زیر معیار کار با تجهیزات برقی با بردار ویژه ۰,۳۵۶ در اولویت دوم می باشد.

زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل انفجار با بردار ویژه ۰,۲۳۶ در اولویت آخر می باشد.

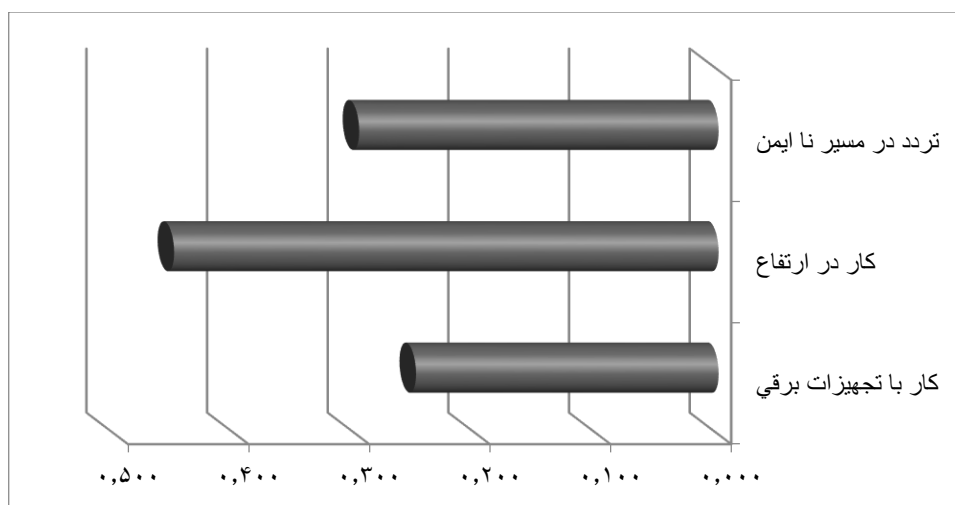
همچنین نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام‌شده نیز برابر $0/089$ به‌دست‌آمده است که چون کوچکتر از $0/1$ می‌باشد بنابراین می‌توان به مقایسه‌های انجام‌شده اطمینان کرد.

۴-۵-۵- مقایسه زوجی زیر معیارهای مکانیک هیدرولیک

محاسبات انجام‌شده برای تعیین اولویت زیر معیارهای مکانیک هیدرولیک در جدول شماره ۴-۱۲ ارائه شده است. چون این معیار از ۳ زیر معیار تشکیل شده است بنابراین ۳ مقایسه زوجی انجام گرفته است.

جدول ۴-۱۲- تعیین اولویت زیرمعیارهای مکانیک هیدرولیک

بردار ویژه	میانگین هندسی	تردد در مسیر ناایمن	کار در ارتفاع	کار با تجهیزات برقی	
۰,۲۵۱	۰,۷۷۶	۰,۸۹۷	۰,۵۲۲	۱	کار با تجهیزات برقی
۰,۴۵۱	۱,۳۹۷	۱,۴۲۲	۱	۱,۹۱۸	کار در ارتفاع
۰,۲۹۸	۰,۹۲۲	۱	۰,۷۰۳	۱,۱۱۵	تردد در مسیر ناایمن



شکل ۴-۶- نمایش گرافیکی اولویت زیرمعیارهای مکانیک هیدرولیک

بر اساس بردار ویژه به دست آمده:

زیر معیار کار در ارتفاع با بردار ویژه ۰,۴۵۱ در اولویت اول می باشد.
 زیر معیار تردد در مسیر ناایمن با بردار ویژه ۰,۲۹۸ در اولویت دوم می باشد.
 زیر معیار کار با تجهیزات برقی با بردار ویژه ۰,۲۵۱ در اولویت آخر می باشد.

همچنین نرخ ناسازگاری مقایسه های انجام شده نیز برابر ۰/۰۰۴ به دست آمده است که چون کوچکتر از ۰/۱ می باشد بنابراین می توان به مقایسه های انجام شده اطمینان کرد.

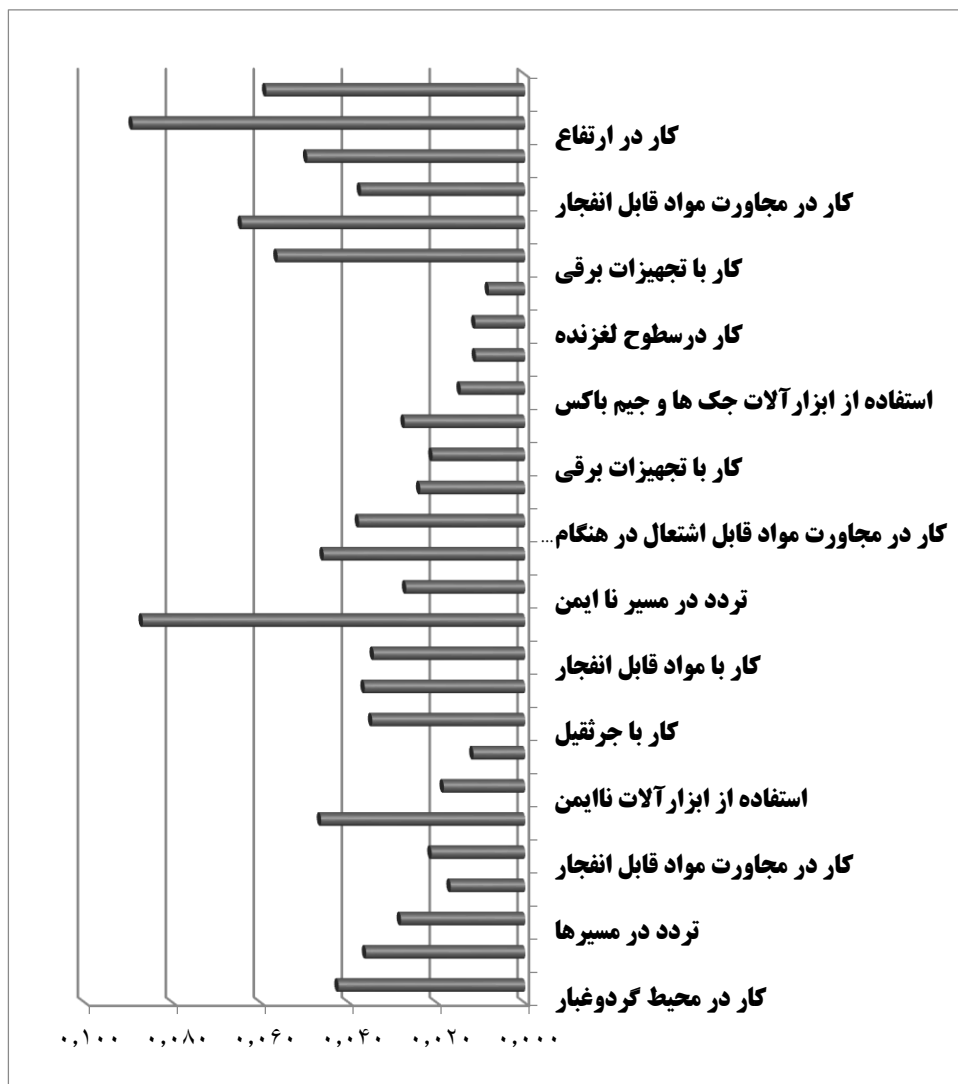
۴-۶- اولویت نهائی شاخص ها با تکنیک AHP

در این گام اولویت نهائی زیرمعیارهای تحقیق محاسبه می شود. نتایج مقایسه زیرمعیارهای تحقیق و اوزان مربوط به آنها ماتریس W2 را تشکیل می دهد. برای تعیین اولویت نهائی شاخص های با تکنیک AHP کفایت وزن شاخص ها بر اساس هر معیار (W2) در وزن معیارهای اصلی (W1) ضرب شود. با در دست داشتن وزن هریک از معیارهای اصلی (W1) و زیرمعیارها (W2) وزن هریک از شاخص ها محاسبه می شود. نتایج محاسبه انجام شده و اوزان مربوط به شاخص های در جدول ۴-۱۳ آمده است:

جدول ۴-۱۳- اولویت بندی نهائی شاخص های تحقیق

معیار (عنوان شغل)	وزن معیار	زیر معیار (ریسک)	وزن زیر معیار	وزن نهائی زیر معیار
بلورها / کمپرسورها	۰,۲۲۲	کار در محیط گردوغبار	۰,۱۹۱	۰,۰۴۲
		تماس با قسمت های متحرک	۰,۱۶۳	۰,۰۳۶
		تردد در مسیرها	۰,۱۲۷	۰,۰۲۸
		کار در مجاورت مواد قابل اشتعال	۰,۰۷۶	۰,۰۱۷
		کار در مجاورت مواد قابل انفجار	۰,۰۹۶	۰,۰۲۱

وزن نهایی زیر معیار	وزن زیر معیار	زیر معیار (ریسک)	وزن معیار	معیار (عنوان شغل)
۰,۰۴۶	۰,۲۰۹	کار در ارتفاع برای تعمیرات کمپرسورها و بلوورها		
۰,۰۱۹	۰,۰۸۳	استفاده از ابزارآلات ناایمن		
۰,۰۱۲	۰,۰۵۳	پرتاب براده به چشم		
۰,۰۳۵	۰,۱۵۸	کار با جرثقیل	۰,۲۲۰	تعمیرات نوسازی
۰,۰۳۷	۰,۱۶۶	کار با تجهیزات برقی		
۰,۰۳۴	۰,۱۵۷	کار با مواد قابل انفجار		
۰,۰۸۷	۰,۳۹۵	کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات نوسازی		
۰,۰۲۷	۰,۱۲۳	تردد در مسیر ناایمن		
۰,۰۴۶	۰,۲۲۷	تماس با مواد مذاب	۰,۲۰۲	گیربکس ها
۰,۰۳۸	۰,۱۸۸	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری		
۰,۰۲۴	۰,۱۱۹	کار در مجاورت مواد قابل انفجار		
۰,۰۲۱	۰,۱۰۵	کار با تجهیزات برقی		
۰,۰۲۷	۰,۱۳۶	کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها		
۰,۰۱۵	۰,۰۷۳	استفاده از ابزارآلات جک ها و جیم باکس		
۰,۰۱۱	۰,۰۵۶	تماس با اجسام برنده		
۰,۰۱۱	۰,۰۵۶	کار در سطوح لغزنده		
۰,۰۰۸	۰,۰۴۱	گیرکردن در لای قطعات (چرخ دنده)	۰,۱۵۸	ماشین کار، فرزکار
۰,۰۵۶	۰,۳۵۶	کار با تجهیزات برقی		
۰,۰۶۴	۰,۴۰۸	کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست		
۰,۰۳۷	۰,۲۳۶	کار در مجاورت مواد قابل انفجار	۰,۱۹۸	مکانیک هیدرولیک
۰,۰۵۰	۰,۲۵۱	کار با تجهیزات برقی		
۰,۰۸۹	۰,۴۵۱	کار در ارتفاع		
۰,۰۵۹	۰,۲۹۸	تردد در مسیر ناایمن		



شکل ۴-۷- تعیین اولویت نهائی زیرمعیارهای نهائی

بنابراین با توجه به محاسبات انجام شده وزن نهائی هریک از زیرمعیارهای مدل با تکنیک AHP محاسبه شده است و اولویت بندی به صورت زیر می باشد:

زیر معیار کار در ارتفاع در شغل مکانیک هیدرولیک با وزن نهائی ۰,۰۸۹ در اولویت اول قرار دارد.

زیر معیار کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات نوسازی با وزن نهائی ۰,۰۸۷ در اولویت دوم قرار دارد.

زیر معیار کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست با وزن نهایی ۰,۰۶۴ در اولویت سوم قرار دارد.

زیر معیار تردد در مسیر ناایمن در شغل مکانیک هیدرولیک با وزن نهایی ۰,۰۵۹ در اولویت چهارم قرار دارد.

زیر معیار کار با تجهیزات برقی در شغل ماشینکار/فرزکار با وزن نهایی ۰,۰۵۶ در اولویت پنجم قرار دارد.

زیر معیار کار با تجهیزات برقی در شغل مکانیک هیدرولیک با وزن نهایی ۰,۰۵۰ در اولویت ششم قرار دارد.

زیر معیار کار در ارتفاع برای تعمیرات کمپرسورها و بلورها با وزن نهایی ۰,۰۴۶۵ در اولویت هفتم قرار دارد.

زیر معیار تماس با مواد مذاب با وزن نهایی ۰,۰۴۵۹ در اولویت هشتم قرار دارد.

۴-۷- انتخاب راهکار (هدف) با تکنیک AHP-TOPSIS

در این مطالعه برای انتخاب بهترین راهکار (هدف) از تکنیک تاپسیس نیز استفاده شده است. بهترین گزینه (هدف)، گزینه ای است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد.

گام اول: شناسایی زیرمعیارها و راهکارها

شاخص‌های اصلی (زیرمعیارها) و راهکارها شناسایی گردیده‌اند.

جدول ۴-۱۴- اهداف (گزینه ها) مدل و نماد آنها

نماد	اهداف (گزینه ها)
A1	جاری سازی سیستم S۵
A2	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
A3	موکول سازی کارهای پرخطر به روز
A4	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها
A5	ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
A6	بهره گیری از نیروی کاری متخصص

بنابراین ماتریس امتیازدهی گزینه ها بر اساس زیرمعیارها تشکیل شده است. برای امتیازدهی انتخاب بهترین گزینه بر اساس هر معیار از طیف لیکرت نه درجه استفاده شده است. نمره متناسب به هر یک از گزینه ها بر اساس شاخص ها با توجه به میانگین ساده نظرات کارشناسان در جدول ۴-۱۵ ارائه گردیده است:

جدول ۴-۱۵- ماتریس تصمیم گیری تکنیک TOPSIS

M	جاری سازی سیستم S۵	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	موکول سازی کارهای پرخطر به روز	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها	ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	بهره گیری از نیروی کاری متخصص
S11	۳	۴	۴	۴	۲	۱
S12	۳	۳	۳	۴	۲	۲
S13	۴	۱	۴	۱	۳	۳
S14	۲	۲	۴	۴	۳	۲
S15	۲	۲	۴	۴	۲	۲
S16	۳	۳	۴	۴	۲	۲
S17	۴	۲	۳	۵	۳	۳
S18	۳	۲	۳	۲	۳	۳
S21	۲	۱	۳	۳	۲	۱
S22	۲	۲	۴	۴	۲	۲

M	جاری سازی سیستم S5	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	موکول سازی کارهای پرخطر به روز	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها	ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	بهره گیری از نیروی کاری متخصص
S23	۳	۲	۲	۴	۲	۳
S24	۲	۲	۴	۴	۲	۳
S25	۳	۲	۴	۴	۲	۳
S31	۳	۳	۳	۴	۳	۳
S32	۳	۲	۴	۱	۳	۳
S33	۳	۳	۴	۱	۲	۲
S34	۴	۲	۴	۴	۳	۳
S35	۳	۳	۲	۱	۳	۳
S36	۲	۱	۴	۲	۳	۱
S37	۳	۲	۲	۱	۳	۳
S38	۲	۲	۲	۲	۳	۲
S39	۳	۲	۲	۲	۳	۳
S41	۲	۱	۴	۳	۱	۱
S42	۲	۴	۴	۱	۱	۱
S43	۱	۴	۱	۲	۱	۱
S51	۳	۲	۴	۱	۳	۲
S52	۲	۲	۲	۱	۲	۲
S53	۲	۴	۴	۳	۲	۱

گام دوم: تهیه ماتریس بی مقایس شده

در گام دوم بی مقیاس سازی ماتریس تصمیم گیری با نورم صورت گرفته است. اگر هر درایه

ماتریس بی مقیاس شده را با N و هر درایه آن را با n_{ij} نشان می دهند. هر n_{ij} با تقسیم درایه

متناظر در ماتریس اولیه بر جذر مجموع مربعات عناصر ستون متناظر و به صورت زیر محاسبه

می شود:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_1^m a_{ij}^2}} \quad (4-1)$$

برای محاسبه ماتریس N، ابتدا ماتریس توان دوم درایه های ماتریس تصمیم گیری محاسبه می شود. بنابراین برون داد نرم افزار TOPSIS برای ماتریس بی مقیاس شده N به صورت جدول ۴-۱۶ است:

جدول ۴-۱۶- ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس شده

جدول ۴-۱۶- ماتریس تصمیم گیری بی مقیاس شده	جاری سازی سیستم S۵	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	موکول سازی کارهای پرخطر به روز	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها	ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	بهره گیری از نیروی کاری متخصص
S11	۰,۳۸۱	۰,۵۰۸	۰,۵۰۸	۰,۵۰۸	۰,۲۵۴	۰,۱۲۷
S12	۰,۴۲	۰,۴۲	۰,۴۲	۰,۵۶	۰,۲۸	۰,۲۸
S13	۰,۵۵۵	۰,۱۳۹	۰,۵۵۵	۰,۱۳۹	۰,۴۱۶	۰,۴۱۶
S14	۰,۲۷۵	۰,۲۷۵	۰,۵۴۹	۰,۵۴۹	۰,۴۱۲	۰,۲۷۵
S15	۰,۲۸۹	۰,۲۸۹	۰,۵۷۷	۰,۵۷۷	۰,۲۸۹	۰,۲۸۹
S16	۰,۳۹۴	۰,۳۹۴	۰,۵۲۵	۰,۵۲۵	۰,۲۶۳	۰,۲۶۳
S17	۰,۴۷۱	۰,۲۳۶	۰,۳۵۴	۰,۵۸۹	۰,۳۵۴	۰,۳۵۴
S18	۰,۴۵۲	۰,۳۰۲	۰,۴۵۲	۰,۳۰۲	۰,۴۵۲	۰,۴۵۲
S21	۰,۳۷۸	۰,۱۸۹	۰,۵۶۷	۰,۵۶۷	۰,۳۷۸	۰,۱۸۹
S22	۰,۲۸۹	۰,۲۸۹	۰,۵۷۷	۰,۵۷۷	۰,۲۸۹	۰,۲۸۹
S23	۰,۴۴۲	۰,۲۹۵	۰,۲۹۵	۰,۵۹	۰,۲۹۵	۰,۴۴۲
S24	۰,۲۷۵	۰,۲۷۵	۰,۵۴۹	۰,۵۴۹	۰,۲۷۵	۰,۴۱۲
S25	۰,۳۹۴	۰,۲۶۳	۰,۵۲۵	۰,۵۲۵	۰,۲۶۳	۰,۳۹۴
S31	۰,۳۸۴	۰,۳۸۴	۰,۳۸۴	۰,۵۱۲	۰,۳۸۴	۰,۳۸۴
S32	۰,۴۳۳	۰,۲۸۹	۰,۵۷۷	۰,۱۴۴	۰,۴۳۳	۰,۴۳۳
S33	۰,۴۵۷	۰,۴۵۷	۰,۶۱	۰,۱۵۲	۰,۳۰۵	۰,۳۰۵

جاری سازی سیستم S5	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	موکول سازی کارهای پرخطر به روز	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آن ها	ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	بهره گیری از نیروی کاری متخصص
S34	۰,۴۷۸	۰,۲۳۹	۰,۴۷۸	۰,۳۵۹	۰,۳۵۹
S35	۰,۴۶۹	۰,۴۶۹	۰,۳۱۲	۰,۱۵۶	۰,۴۶۹
S36	۰,۳۳۸	۰,۱۶۹	۰,۶۷۶	۰,۳۳۸	۰,۱۶۹
S37	۰,۵	۰,۳۳۳	۰,۳۳۳	۰,۱۶۷	۰,۵
S38	۰,۳۷۱	۰,۳۷۱	۰,۳۷۱	۰,۵۵۷	۰,۳۷۱
S39	۰,۴۸	۰,۳۲	۰,۳۲	۰,۴۸	۰,۴۸
S41	۰,۳۵۴	۰,۱۷۷	۰,۷۰۷	۰,۵۳	۰,۱۷۷
S42	۰,۳۲	۰,۶۴۱	۰,۶۴۱	۰,۱۶	۰,۱۶
S43	۰,۲۰۴	۰,۸۱۶	۰,۲۰۴	۰,۴۰۸	۰,۲۰۴
S51	۰,۴۵۷	۰,۳۰۵	۰,۶۱	۰,۱۵۲	۰,۴۵۷
S52	۰,۴۳۶	۰,۴۳۶	۰,۴۳۶	۰,۲۱۸	۰,۴۳۶
S53	۰,۲۸۳	۰,۵۶۶	۰,۵۶۶	۰,۴۲۴	۰,۲۸۳

گام سوم: تهیه ماتریس بی مقایس موزون

در گام سوم باید ماتریس بی مقیاس (N) به ماتریس بی مقیاس موزون (V) تبدیل شود. برای به دست آوردن ماتریس بی مقیاس موزون باید اوزان شاخص ها را داشته باشیم. وزن هر یک از شاخص ها با استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی (AHP) محاسبه شده است که در جدول ۴-۸ آمده است. به این منظور ماتریس بی مقیاس شده را در ماتریس مربعی ($W_{n \times n}$) که عناصر قطر اصلی آن اوزان شاخص ها و دیگر عناصر آن صفر است ضرب می کنیم. ماتریس حاصل را ماتریس بی مقیاس شده موزون گویند و با V نشان داده می شود [۷۰].

$$V = N \times W_{n \times n} \quad (۴-۲)$$

نتیجه این محاسبه در جدول ۴-۱۷ خلاصه شده است:

جدول ۴-۱۷- ماتریس بی مقیاس شده موزون

بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آن‌ها	موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	جاری‌سازی سیستم S۵	
۰,۰۰۵	۰,۰۱۱	۰,۰۲۲	۰,۰۲۲	۰,۰۲۲	۰,۰۱۶	S11
۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۱۵	۰,۰۱۵	۰,۰۱۵	S12
۰,۰۱۲	۰,۰۱۲	۰,۰۰۴	۰,۰۱۶	۰,۰۰۴	۰,۰۱۶	S13
۰,۰۰۵	۰,۰۰۷	۰,۰۰۹	۰,۰۰۹	۰,۰۰۵	۰,۰۰۵	S14
۰,۰۰۶	۰,۰۰۶	۰,۰۱۲	۰,۰۱۲	۰,۰۰۶	۰,۰۰۶	S15
۰,۰۱۲	۰,۰۱۲	۰,۰۲۴	۰,۰۲۴	۰,۰۱۸	۰,۰۱۸	S16
۰,۰۰۷	۰,۰۰۷	۰,۰۱۱	۰,۰۰۷	۰,۰۰۴	۰,۰۰۹	S17
۰,۰۰۵	۰,۰۰۵	۰,۰۰۴	۰,۰۰۵	۰,۰۰۴	۰,۰۰۵	S18
۰,۰۰۷	۰,۰۱۳	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۰۷	۰,۰۱۳	S21
۰,۰۱۱	۰,۰۱۱	۰,۰۲۱	۰,۰۲۱	۰,۰۱۱	۰,۰۱۱	S22
۰,۰۱۵	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱۵	S23
۰,۰۳۶	۰,۰۲۴	۰,۰۴۸	۰,۰۴۸	۰,۰۲۴	۰,۰۲۴	S24
۰,۰۱۱	۰,۰۰۷	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴	۰,۰۰۷	۰,۰۱۱	S25
۰,۰۱۸	۰,۰۱۸	۰,۰۲۳	۰,۰۱۸	۰,۰۱۸	۰,۰۱۸	S31
۰,۰۱۶	۰,۰۱۶	۰,۰۰۵	۰,۰۲۲	۰,۰۱۱	۰,۰۱۶	S32
۰,۰۰۷	۰,۰۰۷	۰,۰۰۴	۰,۰۱۵	۰,۰۱۱	۰,۰۱۱	S33
۰,۰۰۸	۰,۰۰۸	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۰۵	۰,۰۱	S34
۰,۰۱۳	۰,۰۱۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۹	۰,۰۱۳	۰,۰۱۳	S35
۰,۰۰۲	۰,۰۰۷	۰,۰۰۵	۰,۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۵	S36
۰,۰۰۶	۰,۰۰۶	۰,۰۰۲	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۰,۰۰۶	S37
۰,۰۰۴	۰,۰۰۶	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴	S38

	جاری سازی سیستم S5	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	موکول سازی کارهای پرخطر به روز	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها	ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	بهره گیری از نیروی کاری متخصص
S39	۰,۰۰۴	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۴
S41	۰,۰۲	۰,۰۱	۰,۰۴	۰,۰۳	۰,۰۱	۰,۰۱
S42	۰,۰۲۱	۰,۰۴۱	۰,۰۴۱	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۱
S43	۰,۰۰۸	۰,۰۳۱	۰,۰۰۸	۰,۰۱۵	۰,۰۰۸	۰,۰۰۸
S51	۰,۰۲۳	۰,۰۱۵	۰,۰۳	۰,۰۰۸	۰,۰۲۳	۰,۰۱۵
S52	۰,۰۳۹	۰,۰۳۹	۰,۰۳۹	۰,۰۱۹	۰,۰۳۹	۰,۰۳۹
S53	۰,۰۱۷	۰,۰۳۳	۰,۰۳۳	۰,۰۲۵	۰,۰۱۷	۰,۰۰۸

گام چهارم: محاسبه ایده آل های مثبت و منفی

در این گام برای هر شاخص یک ایده آل مثبت (V+) و یک ایده آل منفی (V-) محاسبه می شود. اکنون باید ایده آل های مثبت و منفی را برای هر شاخص به دست آورد.

- برای هر شاخص مثبت، ایده آل مثبت بزرگ ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می باشد.

- برای هر شاخص مثبت، ایده آل منفی کوچک ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می باشد.

- برای هر شاخص منفی، ایده آل مثبت کوچک ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می باشد.

- برای هر شاخص منفی، ایده آل منفی بزرگ ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می باشد.

بنابراین مقدار ایده آل مثبت و منفی برای این موقعیت تصمیم گیری به قرار جدول ۴-۱۸ است:

جدول ۴-۱۸- ایده آل مثبت و منفی

V-	V+	
۱۲,۱۹۲	۳,۰۴۸	S11
۸,۹۶۲	۴,۴۸۱	S12
۹,۹۸۵	۲,۴۹۶	S13
۹,۸۹	۴,۹۴۵	S14
۸,۶۶	۴,۳۳	S15
۱۵,۷۵۷	۷,۸۷۸	S16
۱۰,۶۰۷	۴,۲۴۳	S17
۸,۱۴۱	۵,۴۲۷	S18
۸,۵۰۴	۲,۸۳۵	S21
۸,۶۶	۴,۳۳	S22
۸,۸۴۷	۴,۴۲۳	S23
۱۶,۴۸۳	۸,۲۴۲	S24
۹,۴۵۴	۴,۷۲۷	S25
۹,۲۱۹	۶,۹۱۴	S31
۱۰,۳۹۲	۲,۵۹۸	S32
۱۲,۲	۳,۰۵	S33
۹,۵۶۲	۴,۷۸۱	S34
۱۴,۰۵۶	۴,۶۸۵	S35
۱۲,۱۷	۳,۰۴۳	S36
۹	۳	S37
۱۰,۰۲۸	۶,۶۸۵	S38
۷,۶۸۶	۵,۱۲۴	S39
۱۰,۶۰۷	۲,۶۵۲	S41
۱۹,۲۱۵	۴,۸۰۴	S42

V-	V+	
۱۲,۲۴۷	۳,۰۶۲	S43
۹,۱۵	۲,۲۸۷	S51
۱۳,۰۹۳	۶,۵۴۷	S52
۱۰,۱۸۲	۲,۵۴۶	S53

گام پنجم: محاسبه فاصله هر گزینه از ایده آل‌های مثبت و منفی

برای محاسبه فاصله هر گزینه از ایده آل مثبت، مقدار مربع تفاضل هر درایه با مقدار ایده آل مثبت محاسبه می‌شود و برای محاسبه فاصله هر گزینه از ایده آل منفی، مقدار مربع تفاضل هر درایه با مقدار ایده آل منفی محاسبه می‌شود. در ادامه مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود:

جدول ۴-۱۹- مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت و منفی

مجموع سطرهای فاصله از ایده آل منفی	مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت	
۰,۰۰۳	۰,۰۰۲	جاری‌سازی سیستم S۵
۰,۰۰۳	۰,۰۰۳	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
۰,۰۰۱	۰,۰۰۵	موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز
۰,۰۰۳	۰,۰۰۲	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها
۰,۰۰۴	۰,۰۰۱	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
۰,۰۰۴	۰,۰۰۱	بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص

خروجی نرم افزار TOPSIS برای این معادلات به‌صورت جدول ۴-۲۰ است:

جدول ۴-۲۰- محاسبات d^+ و d^-

$-d$	$+d$	
۰,۰۵۲	۰,۰۴۰	جاری سازی سیستم S۵
۰,۰۵۲	۰,۰۵۵	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
۰,۰۲۷	۰,۰۷۴	موکول سازی کارهای پرخطر به روز
۰,۰۵۴	۰,۰۴۹	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها
۰,۰۶۵	۰,۰۳۳	ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
۰,۰۶۷	۰,۰۳۰	بهره گیری از نیروی کاری متخصص

گام ششم: محاسبه راه حل ایده آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه حل ایده آل حساب می شود. برای این کار از فرمول زیر سود می بریم:

$$CL^*i = d_i^- / (d_i^- + d_i^+) \quad (4-3)$$

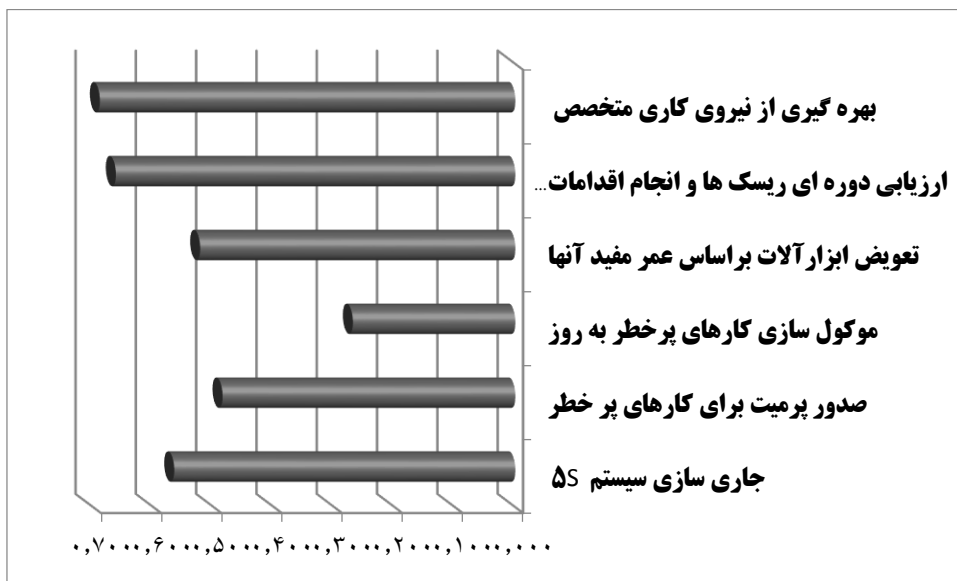
مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیک تر باشد هدف به جواب ایده آل نزدیک تر است و هدف بهتری می باشد [۷۱] این مقادیر در جدول ۴-۲۱ آمده است:

جدول ۴-۲۱- مقادیر CL محاسبه شده

اولویت نهایی	وزن نهایی	$-d$	$+d$	
۳	۰,۵۶۶	۰,۰۵۲	۰,۰۴۰	جاری سازی سیستم S۵
۵	۰,۴۸۵	۰,۰۵۲	۰,۰۵۵	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
۶	۰,۲۶۹	۰,۰۲۷	۰,۰۷۴	موکول سازی کارهای پرخطر به روز
۴	۰,۵۲۳	۰,۰۵۴	۰,۰۴۹	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها
۲	۰,۶۶۲	۰,۰۶۵	۰,۰۳۳	ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
۱	۰,۶۸۹	۰,۰۶۷	۰,۰۳۰	بهره گیری از نیروی کاری متخصص

بنابراین با توجه به مقادیر محاسبه شده مندرج در جدول ۴-۲۱ می‌توان نتیجه گرفت:
 بهترین راهکار، بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص است.
 ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک در جایگاه دوم قرار می‌گیرد.

جاری‌سازی سیستم S5 در جایگاه سوم قرار می‌گیرد.
 تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها در جایگاه چهارم قرار می‌گیرد.
 صدور پرمیت برای کارهای پرخطر در جایگاه پنجم قرار می‌گیرد.
 و در نهایت موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز در اولویت آخر قرار می‌گیرد.



شکل ۴-۸- اولویت نهایی راهکارها با استفاده از تکنیک AHP-TOPSIS

۴-۸- انتخاب راهکار (هدف) با تکنیک FMEA-TOPSIS

گام اول: شناسایی زیرمعیارها و راهکارها

گام دوم: تهیه ماتریس بی‌مقایس شده

این دو گام همانند AHP-TOPSIS بوده که در قسمت قبل ذکر شده است.

گام سوم: تهیه ماتریس بی‌مقایس موزون

در گام سوم باید ماتریس بی‌مقایس (N) به ماتریس بی‌مقایس موزون (V) تبدیل شود. برای به دست آوردن ماتریس بی‌مقایس موزون باید اوزان شاخص‌ها را داشته باشیم. وزن هر یک از شاخص‌ها با استفاده از تکنیک FMEA محاسبه شده است که در جدول ۴-۸ آمده است. به این منظور ماتریس بی‌مقایس شده را در ماتریس مربعی ($W_{n \times n}$) که عناصر قطر اصلی آن اوزان شاخص‌ها و دیگر عناصر آن صفر است ضرب می‌کنیم. ماتریس حاصل را ماتریس بی‌مقایس شده موزون گویند و با V نشان داده می‌شود [۷۰].

$$V = N \times W_{n \times n} \quad (4-4)$$

نتیجه این محاسبه در جدول ۴-۲۲ خلاصه شده است:

جدول ۴-۲۲- ماتریس بی‌مقایس شده موزون

بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها	موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	جاری‌سازی سیستم S۵	
۳,۰۴۸	۶,۰۹۶	۱۲,۱۹۲	۱۲,۱۹۲	۱۲,۱۹۲	۹,۱۴۴	S11
۴,۴۸۱	۴,۴۸۱	۸,۹۶۲	۶,۷۲۱	۶,۷۲۱	۶,۷۲۱	S12
۷,۴۸۸	۷,۴۸۸	۲,۴۹۶	۹,۹۸۵	۲,۴۹۶	۹,۹۸۵	S13

بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آن‌ها	موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	جاری‌سازی سیستم S5	
۴,۹۴۵	۷,۴۱۷	۹,۸۹	۹,۸۹	۴,۹۴۵	۴,۹۴۵	S14
۴,۳۳	۴,۳۳	۸,۶۶	۸,۶۶	۴,۳۳	۴,۳۳	S15
۷,۸۷۸	۷,۸۷۸	۱۵,۷۵۷	۱۵,۷۵۷	۱۱,۸۱۸	۱۱,۸۱۸	S16
۶,۳۶۴	۶,۳۶۴	۱۰,۶۰۷	۶,۳۶۴	۴,۲۴۳	۸,۴۸۵	S17
۸,۱۴۱	۸,۱۴۱	۵,۴۲۷	۸,۱۴۱	۵,۴۲۷	۸,۱۴۱	S18
۲,۸۳۵	۵,۶۶۹	۸,۵۰۴	۸,۵۰۴	۲,۸۳۵	۵,۶۶۹	S21
۴,۳۳	۴,۳۳	۸,۶۶	۸,۶۶	۴,۳۳	۴,۳۳	S22
۶,۶۳۵	۴,۴۲۳	۸,۸۴۷	۴,۴۲۳	۴,۴۲۳	۶,۶۳۵	S23
۱۲,۳۶۲	۸,۲۴۲	۱۶,۴۸۳	۱۶,۴۸۳	۸,۲۴۲	۸,۲۴۲	S24
۷,۰۹۱	۴,۷۲۷	۹,۴۵۴	۹,۴۵۴	۴,۷۲۷	۷,۰۹۱	S25
۶,۹۱۴	۶,۹۱۴	۹,۲۱۹	۶,۹۱۴	۶,۹۱۴	۶,۹۱۴	S31
۷,۷۹۴	۷,۷۹۴	۲,۵۹۸	۱۰,۳۹۲	۵,۱۹۶	۷,۷۹۴	S32
۶,۱	۶,۱	۳,۰۵	۱۲,۲	۹,۱۵	۹,۱۵	S33
۷,۱۷۱	۷,۱۷۱	۹,۵۶۲	۹,۵۶۲	۴,۷۸۱	۹,۵۶۲	S34
۱۴,۰۵۶	۱۴,۰۵۶	۴,۶۸۵	۹,۳۷	۱۴,۰۵۶	۱۴,۰۵۶	S35
۳,۰۴۳	۹,۱۲۸	۶,۰۸۵	۱۲,۱۷	۳,۰۴۳	۶,۰۸۵	S36
۹	۹	۳	۶	۶	۹	S37
۶,۶۸۵	۱۰,۰۲۸	۶,۶۸۵	۶,۶۸۵	۶,۶۸۵	۶,۶۸۵	S38
۷,۶۸۶	۷,۶۸۶	۵,۱۲۴	۵,۱۲۴	۵,۱۲۴	۷,۶۸۶	S39
۲,۶۵۲	۲,۶۵۲	۷,۹۵۵	۱۰,۶۰۷	۲,۶۵۲	۵,۳۰۳	S41
۴,۸۰۴	۴,۸۰۴	۴,۸۰۴	۱۹,۲۱۵	۱۹,۲۱۵	۹,۶۰۸	S42
۳,۰۶۲	۳,۰۶۲	۶,۱۲۴	۳,۰۶۲	۱۲,۲۴۷	۳,۰۶۲	S43

بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آن‌ها	موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر	جاری‌سازی سیستم S5	
۴,۵۷۵	۶,۸۶۲	۲,۲۸۷	۹,۱۵	۴,۵۷۵	۶,۸۶۲	S51
۱۳,۰۹۳	۱۳,۰۹۳	۶,۵۴۷	۱۳,۰۹۳	۱۳,۰۹۳	۱۳,۰۹۳	S52
۲,۵۴۶	۵,۰۹۱	۷,۶۳۷	۱۰,۱۸۲	۱۰,۱۸۲	۵,۰۹۱	S53

گام چهارم: محاسبه ایده آل‌های مثبت و منفی

در این گام برای هر شاخص یک ایده‌آل مثبت (V+) و یک ایده‌آل منفی (V-) محاسبه می‌شود. اکنون باید ایده آل‌های مثبت و منفی را برای هر شاخص به دست آورد.

- برای هر شاخص مثبت، ایده‌آل مثبت بزرگ‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می‌باشد.

- برای هر شاخص مثبت، ایده آل منفی کوچک‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می‌باشد.

- برای هر شاخص منفی، ایده آل مثبت کوچک‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می‌باشد.

- برای هر شاخص منفی، ایده آل منفی بزرگ‌ترین مقدار ستون مربوط در ماتریس V می‌باشد.

بنابراین مقدار ایده آل مثبت و منفی برای این موقعیت تصمیم‌گیری به قرار جدول ۴-۲۳ است:

جدول ۴-۲۳- ایده آل مثبت و منفی

V-	V+	
۱۲,۱۹۲	۳,۰۴۸	S11
۸,۹۶۲	۴,۴۸۱	S12
۹,۹۸۵	۲,۴۹۶	S13
۹,۸۹	۴,۹۴۵	S14
۸,۶۶	۴,۳۳	S15

V-	V+	
۱۵,۷۵۷	۷,۸۷۸	S16
۱۰,۶۰۷	۴,۲۴۳	S17
۸,۱۴۱	۵,۴۲۷	S18
۸,۵۰۴	۲,۸۳۵	S21
۸,۶۶	۴,۳۳	S22
۸,۸۴۷	۴,۴۲۳	S23
۱۶,۴۸۳	۸,۲۴۲	S24
۹,۴۵۴	۴,۷۲۷	S25
۹,۲۱۹	۶,۹۱۴	S31
۱۰,۳۹۲	۲,۵۹۸	S32
۱۲,۲	۳,۰۵	S33
۹,۵۶۲	۴,۷۸۱	S34
۱۴,۰۵۶	۴,۶۸۵	S35
۱۲,۱۷	۳,۰۴۳	S36
۹	۳	S37
۱۰,۰۲۸	۶,۶۸۵	S38
۷,۶۸۶	۵,۱۲۴	S39
۱۰,۶۰۷	۲,۶۵۲	S41
۱۹,۲۱۵	۴,۸۰۴	S42
۱۲,۲۴۷	۳,۰۶۲	S43
۹,۱۵	۲,۲۸۷	S51
۱۳,۰۹۳	۶,۵۴۷	S52
۱۰,۱۸۲	۲,۵۴۶	S53

گام پنجم: محاسبه فاصله هر گزینه از ایده آل‌های مثبت و منفی

برای محاسبه فاصله هر گزینه از ایده آل مثبت، مقدار مربع تفاضل هر درایه با مقدار ایده آل مثبت محاسبه می‌شود و برای محاسبه فاصله هر گزینه از ایده آل منفی، مقدار مربع تفاضل هر درایه با مقدار ایده آل منفی محاسبه می‌شود. در ادامه مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت و منفی محاسبه می‌شود:

جدول ۴-۲۴- مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت و منفی

مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت	مجموع سطرهای فاصله از ایده آل منفی	
۴۸۴,۷۲۰	۴۸۸,۲۴۳	جاری‌سازی سیستم S۵
۶۴۳,۳۹۱	۵۸۷,۱۴۱	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
۱۱۰۳,۸۴۴	۱۸۰,۹۵۹	موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز
۵۱۱,۰۳۶	۷۳۵,۱۳۵	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها
مجموع سطرهای فاصله از ایده آل مثبت	مجموع سطرهای فاصله از ایده آل منفی	
۳۵۱,۰۸۰	۷۵۵,۷۶۶	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
۲۸۴,۷۲۱	۸۹۵,۶۱۶	بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص

خروجی نرم افزار TOPSIS برای این معادلات به‌صورت جدول ۴-۲۵ است:

جدول ۴-۲۵- محاسبات d^+ و d^-

$-d$	$+d$	
۲۲,۰۹۶	۲۲,۰۱۶	جاری‌سازی سیستم S۵
۲۴,۲۳۱	۲۵,۳۶۵	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
۱۳,۴۵۲	۳۳,۲۲۴	موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز
۲۷,۱۱۳	۲۲,۶۰۶	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها

۲۷,۴۹۱	۱۸,۷۳۷	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
۲۹,۹۲۷	۱۶,۸۷۴	بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص

گام ششم: محاسبه راه‌حل ایده‌آل

در این گام میزان نزدیکی نسبی هر گزینه به راه‌حل ایده‌آل حساب می‌شود. برای این کار از فرمول زیر سود می‌بریم:

$$CL^*i = di^- / (di^- + di^+) \quad (4-5)$$

مقدار CL بین صفر و یک است. هرچه این مقدار به یک نزدیک‌تر باشد هدف به جواب ایده‌آل نزدیک‌تر است و هدف بهتری می‌باشد [۷۱] این مقادیر در جدول ۴-۲۶ آمده است:

جدول ۴-۲۶- مقادیر CL محاسبه شده

اولویت نهایی	وزن نهایی	-d	+d	
۴	۰,۵۰۱	۲۲,۰۹۶	۲۲,۰۱۶	جاری‌سازی سیستم S۵
۵	۰,۴۸۹	۲۴,۲۳۱	۲۵,۳۶۵	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
۶	۰,۲۸۸	۱۳,۴۵۲	۳۳,۲۲۴	موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز
۳	۰,۵۴۵	۲۷,۱۱۳	۲۲,۶۰۶	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آن‌ها
۲	۰,۵۹۵	۲۷,۴۹۱	۱۸,۷۳۷	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
۱	۰,۶۳۹	۲۹,۹۲۷	۱۶,۸۷۴	بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص

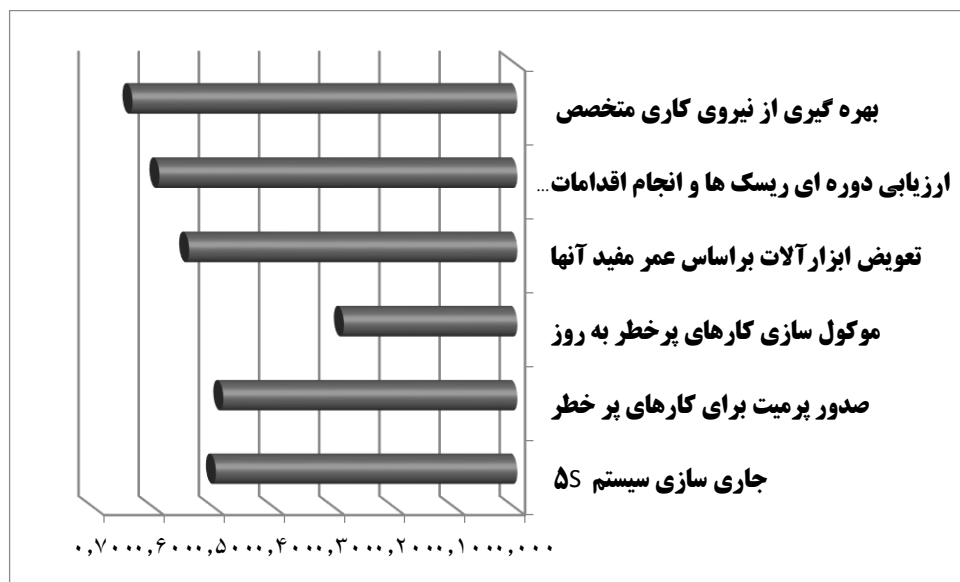
بنابراین با توجه به مقادیر محاسبه شده مندرج در جدول ۴-۲۶ می‌توان نتیجه گرفت:

بهترین راهکار، بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص است.

ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک در جایگاه دوم قرار می‌گیرد.

تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آن‌ها در جایگاه سوم قرار می‌گیرد.

جاری سازی سیستم S5 در جایگاه چهارم قرار می گیرد.
 صدور پرمیت برای کارهای پرخطر در جایگاه پنجم قرار می گیرد.
 و در نهایت موکول سازی کارهای پرخطر به روز در اولویت آخر قرار می گیرد.



شکل ۴-۹- اولویت نهایی راهکارها با استفاده از تکنیک FMEA-TOPSIS

بر این اساس نتایج دو آزمون AHP-TOPSIS و FMEA-TOPSIS در جدول ۴-۲۷ نمایش داده شده است.

جدول ۴-۲۷- مقایسه نتایج دو آزمون AHP-TOPSIS و FMEA-TOPSIS

FMEA-TOPSIS		AHP-TOPSIS		
اولویت نهایی	وزن	اولویت نهایی	وزن	
۴	۰,۵۰۱	۳	۰,۵۶۶	جاری سازی سیستم S5
۵	۰,۴۸۹	۵	۰,۴۸۵	صدور پرمیت برای کارهای پرخطر
۶	۰,۲۸۸	۶	۰,۲۶۹	موکول سازی کارهای پرخطر به روز

FMEA-TOPSIS		AHP-TOPSIS		
اولویت نهایی	وزن	اولویت نهایی	وزن	
۳	۰,۵۴۵	۴	۰,۵۲۳	تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آنها
۲	۰,۵۹۵	۲	۰,۶۶۲	ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک
۱	۰,۶۳۹	۱	۰,۶۸۹	بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص

بنابراین به جز دو راهکار ۳ و ۴ نتایج تقریباً مشابهی از دو آزمون حاصل شد.

فصل پنجم

بحث و نتیجه گیری

۵-۱- مقدمه

این تحقیق با هدف ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک TOPSIS مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ انجام گرفته است. با وجود این واقعیت که پیشرفت زیادی در حوزه ایمنی در دهه اخیر حاصل شده است، حوادث و آسیب‌ها هنوز در سایت‌ها اتفاق می‌افتد و این نشان‌دهنده این است که پیشرفت و ارتقاء ساختار ایمنی محدوده وسیعی را در برمی‌گیرد. این حوادث و آسیب‌ها هزینه بسیار زیادی را به نیروی انسانی، شرایط اجتماعی و مالی شرکت‌ها وارد می‌کند. طی سالیان اخیر، روش‌های مختلفی برای ارزیابی ریسک توسعه یافته‌اند. یکی از این روش‌ها، شیوه حالت‌های شکست و تجزیه و تحلیل پیامد (FMEA) می‌باشد که برای اولویت‌بندی ریسک از عدد RPN استفاده می‌شود، از سوی دیگر برای اولویت‌بندی اهمیت ریسک‌ها می‌توان از نظر جمعی از خبرگان استفاده کرده و با استفاده از روش AHP به اولویت‌بندی ریسک‌ها پرداخت و با مقایسه دو روش AHP-TOPSIS و FMEA-TOPSIS به اولویت‌بندی راهکارها پرداخت. پس از انجام تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده در فصل چهارم، در این فصل مروری اجمالی بر کلیه اقدامات انجام گرفته و گام‌های طی شده در پژوهش حاضر صورت می‌گیرد و نتایج و دستاوردهای حاصل از پژوهش و استنتاجات پژوهشگر از محاسبات صورت گرفته بیان خواهد شد. به این ترتیب که در ابتدا خلاصه‌ای از فصول چهارگانه پیشین ارائه می‌شود و سپس دستاوردهای آماری و محاسبات و پردازش‌های صورت گرفته روی داده‌های به دست آمده از پژوهش در قالب نتایج پژوهش بیان می‌شود. در ادامه محدودیت‌های

پژوهش حاضر عنوان می‌شود و در نهایت با توجه به دستاوردهای پژوهش، مطالعات صورت گرفته و محدودیت‌های موجود، پیشنهاد‌های کاربردی برای شرکت مورد مطالعه و پژوهشگران دیگر ارائه می‌گردد.

۵-۲- خلاصه پژوهش

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک TOPSIS مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ صورت گرفته است. بنابراین در ابتدا به بررسی ژرف ادبیات موضوع و پژوهش‌های انجام‌شده داخلی و خارجی پرداخته شد تا مبانی اولیه در تدوین پیش فرض‌های لازم برای سنجش معیارها و عملکردهای مرتبط با ارزیابی ریسک ایمنی فراهم آید. بر اساس مطالعات انجام گرفته و ارزیابی ریسک‌های کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ در قالب پنج شغل موردبررسی قرار گرفته اند، این پنج شغل شامل بلوورها / کمپرسورها، تعمیرات نوسازی، گیربکس‌ها، ماشین کار/ فرزکار و مکانیک هیدرولیک می‌باشند که به روش FMEA موردبررسی قرار گرفته اند، که هر یک از این شغل‌ها دارای ریسک‌هایی بوده که به‌نوبه خود دارای RPN متفاوتی می‌باشند.

پس از شناسایی عملکردها و ریسک‌های موردبررسی در هر معیار حالات خطا به‌منظور تکمیل و به‌کارگیری کاربرگ FMEA برای هر عملکرد، اثرات آن، وخامت این اثرات، علل وقوع آن‌ها، مقدار رخداد آن، کنترل‌های موجود، احتمال کشف آن‌ها، مقدار عددی RPN، تعیین سطح RPN با توجه به اعداد به‌دست‌آمده در قسمت‌های قبل صورت گرفت و در آخر پیشنهاداتی برای بهبود سطح ایمنی و کاهش خطا ارائه گردید، لازم به ذکر است که کلیه مراحل قبل با توجه به مشاهدات فراوان و نظر خواهی و مشورت با کارشناسان صورت گرفته است. در ادامه برای اولویت‌بندی اهمیت ریسک‌های شناسایی‌شده در قسمت FMEA پرسشنامه AHP تنظیم گردید و با استفاده از مقایسه زوجی معیارها و زیرمعیارهای هر یک از معیارها به وزن دهی و اولویت‌بندی زیرمعیارها (ریسک‌ها) پرداخته شد. در گام بعد ماتریس اولیه تاپسیس شکل گرفت،

بی مقیاس گردید و برای تشکیل ماتریس بی مقیاس موزون از دو وزن AHP و FMEA استفاده شد و از دو روش AHP-TOPSIS و FMEA-TOPSIS برای اولویت‌بندی راهکارهای پیشنهادی استفاده شد.

۵-۳- نتایج پژوهش

با توجه به هدف این تحقیق، پژوهش حاضر از نظر هدف در حیطه تحقیقات کاربردی می‌باشد. از سوی دیگر با توجه به اینکه در این پژوهش از روش‌های مطالعه کتابخانه‌ای و نیز روش‌های میدانی نظیر پرسش‌نامه استفاده شده است، می‌توان بیان کرد که پژوهش حاضر بر اساس ماهیت و روش، یک پژوهش توصیفی از نوع پیمایشی است. روش‌های گردآوری اطلاعات در این پژوهش به دودسته کتابخانه‌ای و میدانی تقسیم شد. در خصوص گردآوری اطلاعات مربوط به ادبیات موضوع و پیشینه پژوهش از روش‌های کتابخانه‌ای و جهت گردآوری اطلاعات برای پاسخ به سؤالات پژوهش از روش میدانی استفاده شد. در این پژوهش برای جمع‌آوری داده‌های پژوهش از مصاحبه و ابزار پرسشنامه استفاده گردیده است.

در مطالعه حاضر چون از رویکردهای تحقیق در عملیات استفاده شده است بنابراین جامعه موردبررسی را خبرگان و کارشناسان ارشد حوزه مورد مطالعه تشکیل می‌دهند. در هر یک از فازهای مطالعه نیز گروه خبرگان بر اساس تکنیک مورد استفاده تعیین شده است. در فاز اول به شناسایی ریسک‌ها با استفاده از پرسش‌نامه و تحقیقات میدانی با استفاده از روش FMEA پرداخته شد.

برای اولویت‌بندی ریسک‌ها با استفاده از روش AHP بعد از حصول اطمینان از پایایی و روایی پرسشنامه موجود به عنوان ابزار اصلی گردآوری داده‌ها، به توزیع پرسشنامه در بین خبرگان حوزه مورد مطالعه پرداخته شد و به این ترتیب داده‌های خام اولیه جهت پردازش، تجزیه و تحلیل و پاسخ به سؤالات پژوهش گردآوری شد. خلاصه نتایج حاصل از این آزمون‌ها در ادامه آورده شده است.

یافته‌های پژوهش حاضر با توزیع پرسشنامه بین خبرگان حوزه مورد مطالعه به عنوان نمونه مورد بررسی استفاده شده‌اند. هدف اساسی از تجزیه و تحلیل داده‌ها، بررسی دقیق پدیده‌ها و روابط بین متغیرهای موضوع تحقیق است. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های گردآوری شده الگوی پیشنهادی تحقیق حاضر که استفاده از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) می‌باشد مورد بررسی قرار گرفت. پنل مورد نظر بر اساس ترکیبی از خبرگان حوزه مورد مطالعه تعیین گردید و از نمونه‌ای به حجم ۱۰ نفر استفاده شده است. پس از تعیین مهم‌ترین معیارهای موضوع مورد مطالعه و تعیین روابط داخلی آن‌ها با استفاده از تکنیک دیمتل، به اولویت‌بندی هر یک از معیارهای شناسایی شده، پرداخته می‌شود. جهت اولویت‌بندی معیارها از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شده است.

سپس به اولویت‌بندی معیارهای اصلی پژوهش پرداخته شد که بر اساس نتایج حاصله معیار بلوورها / کمپرسورها با وزن نرمال شده ۰,۲۲۲ در اولویت اول، معیار تعمیرات نوسازی با وزن نرمال شده ۰,۲۲۰ در اولویت دوم، معیار گیربکس‌ها با وزن نرمال شده ۰,۲۰۲ در اولویت سوم، معیار مکانیک هیدرولیک با وزن نرمال شده ۰,۱۹۸ در اولویت چهارم و معیار ماشین کار/ فرزکار با وزن نرمال شده ۰,۱۵۸ در اولویت آخر می‌باشد.

در گام بعدی برای اولویت‌بندی زیرمعیارهای هر معیار (ریسک‌ها) به مقایسه زوجی آن‌ها پرداخته شد، برای معیار بلوورها / کمپرسورها، زیر معیار کار در ارتفاع با بردار ویژه ۰,۲۰۹ در اولویت اول، زیر معیار کار در محیط گردوغبار با بردار ویژه ۰,۱۹۱ در اولویت دوم، زیر معیار تماس با قسمت‌های متحرک با بردار ویژه ۰,۱۶۳ در اولویت سوم، زیر معیار تردد در مسیرها با بردار ویژه ۰,۱۲۷ در اولویت چهارم، زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل انفجار با بردار ویژه ۰,۰۹۶ در اولویت پنجم، زیر معیار استفاده از ابزارآلات ناایمن با بردار ویژه ۰,۰۸۳ در اولویت ششم، زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل اشتعال با بردار ویژه ۰,۰۷۶ در اولویت هفتم و زیر معیار پرتاب براده به چشم با بردار ویژه ۰,۰۵۳ در اولویت آخر می‌باشد. برای معیار تعمیرات نوسازی؛ زیر معیار کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات و نوسازی با بردار ویژه ۰,۳۹۵ در اولویت

اول، زیر معیار کار با تجهیزات برقی با بردار ویژه ۰,۱۶۶ در اولویت دوم، زیر معیار کار با جرثقیل با بردار ویژه ۰,۱۵۸ در اولویت سوم، زیر معیار کار با مواد قابل انفجار با بردار ویژه ۰,۱۵۷ در اولویت چهارم و زیر معیار تردد در مسیر ناایمن با بردار ویژه ۰,۱۲۳ در اولویت آخر می‌باشد. برای معیار گیربکس‌ها؛ زیر معیار تماس با مواد مذاب با بردار ویژه ۰,۲۲۷ در اولویت اول، زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل اشتعال در هنگام جوشکاری با بردار ویژه ۰,۱۸۸ در اولویت دوم، زیر معیار کار در ارتفاع در استفاده از بالابرها با بردار ویژه ۰,۱۳۶ در اولویت سوم، زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل انفجار با بردار ویژه ۰,۱۱۹ در اولویت چهارم، زیر معیار کار با تجهیزات برقی با بردار ویژه ۰,۱۰۵ در اولویت پنجم، زیر معیار استفاده از ابزارآلات جک‌ها و جیم باکس با بردار ویژه ۰,۰۷۳ در اولویت ششم، زیر معیار کار در سطوح لغزنده با بردار ویژه ۰,۰۵۶۳ در اولویت هفتم، زیر معیار تماس با اجسام برنده با بردار ویژه ۰,۰۵۵۷ در اولویت هشتم و زیر معیار گیرکردن در لای قطعات (چرخ‌دنده) با بردار ویژه ۰,۰۴۱ در اولویت آخر می‌باشد. برای معیار ماشین کار/ فرزندکار؛ زیر معیار کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست با بردار ویژه ۰,۴۰۸ در اولویت اول، زیر معیار کار با تجهیزات برقی با بردار ویژه ۰,۳۵۶ در اولویت دوم و زیر معیار کار در مجاورت مواد قابل انفجار با بردار ویژه ۰,۲۳۶ در اولویت آخر می‌باشد. برای معیار مکانیک هیدرولیک؛ زیر معیار کار در ارتفاع با بردار ویژه ۰,۴۵۱ در اولویت اول، زیر معیار تردد در مسیر ناایمن با بردار ویژه ۰,۲۹۸ در اولویت دوم و زیر معیار کار با تجهیزات برقی با بردار ویژه ۰,۲۵۱ در اولویت آخر می‌باشد.

در مرحله بعد برای تعیین اولویت نهائی زیرمعیارهای مدل با تکنیک AHP محاسبه گردید. بر اساس محاسبات صورت گرفته مشخص گردید زیر معیار کار در ارتفاع در شغل مکانیک هیدرولیک که در تحلیل FMEA مقدار RPN معادل ۳۰ داشت، با وزن نهائی ۰,۰۸۹ در اولویت اول، زیر معیار کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات نوسازی که در تحلیل FMEA مقدار RPN معادل ۳۰ داشت، با وزن نهائی ۰,۰۸۷ در اولویت دوم، زیر معیار کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست که در تحلیل FMEA مقدار RPN معادل ۳۰ داشت، با وزن نهائی ۰,۰۶۴ در اولویت سوم، زیر

معیار تردد در مسیر ناایمن در شغل مکانیک هیدرولیک که در تحلیل FMEA مقدار RPN معادل ۱۸ داشت، با وزن نهایی ۰,۰۵۹ در اولویت چهارم، زیر معیار کار با تجهیزات برقی در شغل ماشینکار/فرزکار که در تحلیل FMEA مقدار RPN معادل ۱۵ داشت، با وزن نهایی ۰,۰۵۶ در اولویت پنجم، زیر معیار کار با تجهیزات برقی در شغل مکانیک هیدرولیک که در تحلیل FMEA مقدار RPN معادل ۱۵ داشت، با وزن نهایی ۰,۰۵۰ در اولویت ششم، زیر معیار کار در ارتفاع برای تعمیرات کمپرسورها و بلورها که در تحلیل FMEA مقدار RPN معادل ۳۰ داشت، با وزن نهایی ۰,۰۴۶۵ در اولویت هفتم و زیر معیار تماس با مواد مذاب که در تحلیل FMEA مقدار RPN معادل ۱۸ داشت، با وزن نهایی ۰,۰۴۵۹ در اولویت هشتم قرار دارد.

در گام بعد به اولویت‌بندی راهکارها با استفاده از دو روش ادغامی AHP-TOPSIS و FMEA-TOPSIS پرداخته شد و در روش ادغام AHP-TOPSIS به این نتیجه رسیده شد که بهره‌گیری از نیروی کاری متخصص در جایگاه اول، ارزیابی دوره‌ای ریسک‌ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک در جایگاه دوم، جاری‌سازی سیستم S۵ در جایگاه سوم، تعویض ابزارآلات بر اساس عمر مفید آن‌ها در جایگاه چهارم، صدور پرمیت برای کارهای پرخطر در جایگاه پنجم و در نهایت موکول سازی کارهای پرخطر به‌روز در اولویت آخر قرار می‌گیرد. این در حالی است که با کمی تفاوت در روش ادغام FMEA-TOPSIS همین اولویت‌بندی برقرار است با این تفاوت که جایگاه سوم و چهارم با یکدیگر جا به جا شده اند.

در مقایسه تحقیق حاضر با تحقیقات پیشین می‌توان گفت:

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 جرثقیل های سقفی " همانند تحقیق حاضر کار با جرثقیل را به‌عنوان یکی از مهمترین مواردی که می‌توان به‌عنوان ریسک‌های موجود موردبررسی قرار گیرند موردبررسی قرار داد، با این تفاوت که امیدوار و نیرومند برای انجام تحلیل بخش تصمیم‌گیری چند معیاره از روش خاکستری بهره گرفتند، در صورتی که این تحقیق در محیط قطعی انجام شد.

کاووسی و همکاران (۱۳۹۶)، در مقاله ای با عنوان " بررسی خطاهای فرآیندهای اتاق عمل بیمارستان نمازی با روش تحلیل حالات و اثرات خطا (FMEA) " همانند تحقیق حاضر برای ارزیابی ریسک خود از FMEA استفاده کرده و مقدار RPN هر یک از ریسک‌ها را به دست آوردند، ولی متفاوت با تحقیق حاضر این روش را برای ارزیابی ریسک کافی دانستند و به همین روش بسنده کردند.

سید نعمه و کریمی اورگانی (۱۳۹۴)، در تحقیق خود با عنوان "ارزیابی ریسک ایمنی و بهداشت کارخانجات نفت و گاز" همانند تحقیق حاضر از دو روش AHP و FMEA برای ارزیابی ریسک خود استفاده کردند، ولی متفاوت با تحقیق حاضر دسته بندی ریسک‌های خود را بر اساس جنبه های محیط فیزیکوشیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی اجتماعی - فرهنگی ایمنی و بهداشت محیط تقسیم بندی کردند.

گل و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی با موضوع " ارزیابی ریسک سلامت کار و ایمنی در بیمارستان‌ها: مطالعه موردی با استفاده از رویکرد تصمیم گیری چند معیاره فازی دو مرحله ای" همانند تحقیق حاضر از AHP برای اولویت بندی ریسک‌های خود استفاده کردند با این تفاوت که برای اولویت بندی راهکارها به جای تاپسیس از روش ویکور بهره گرفتند.

۵-۴- محدودیت‌های پژوهش

محدودیت‌های پژوهش، عواملی هستند که ممکن است قابلیت تعمیم پذیری یافته های پژوهش را کاهش داده باشند، این پژوهش نیز از این قاعده مستثنی نبوده است:

۱. استفاده از ابزار مصاحبه به عنوان ابزار اصلی گرد آوری داده‌ها همیشه با انتقاداتی مانند پاسخگوئی مغرضانه و یا بی توجهی مواجهه بوده است.
۲. این تحقیق محدود به کارخانه سیمان آبیگ به عنوان مطالعه موردی می شود. در صورتی که مراکز دیگری نیز می توانستند مورد بررسی قرار بگیرند.

۳. میزان دقت و صداقت کارشناسان را در پاسخ به سئوالات نمی توان کنترل کرد.

۴. محدودیت زمانی تحقیق باعث محدود شدن مطالعه می شود.

۵. هر سازمانی دارای ساختار منحصر به فرد می باشد، لذا یافته های این پژوهش به سادگی قابل تعمیم برای هر سازمان دیگری نمی باشد.

۵-۵- پیشنهادها

دستاوردهای پژوهش حاضر در دودسته پیشنهادها کاربردی به شرکت مورد مطالعه و پژوهشگران آتی ارائه گردیده شده است.

۵-۵-۱- پیشنهادهای کاربردی

- بهره گیری از نیروی کاری متخصص به عنوان بهترین راهکار معرفی شده است، بنابراین می توان گفت:

کارخانه سیمان آبیگ باید استخدام نیروهای متخصص خود را تنها از طریق آزمون و مصاحبه انجام دهند، بدین صورت که می توانند به سازمان هایی که نیروهای متخصص خود را از طریق آزمون سراسری استخدامی جذب می نمایند، اضافه شوند و تنها از افرادی مصاحبه به عمل آورند که حداقل نمره لازم برای قبولی را به دست آوردند. از سوی دیگر کارخانه سیمان آبیگ می تواند با اختصاص تسهیلاتی چون مسکن سازمانی و یا سرویس رایگان به نیروهای متخصص، آنها را ترغیب به انجام کار در سازمان خود نمایند.

- ارزیابی دوره ای ریسک ها و انجام اقدامات مناسب برای کاهش میزان ریسک در جایگاه دوم قرار می گیرد، بنابراین می توان گفت:

کارخانه سیمان آبیگ باید ارزیابی دوره ای ریسک داشته باشند و برای افزایش کیفیت ارزیابی ریسک باید از سازمان های دارای نام و اشخاص با تخصص بیشتر برای ارزیابی ریسک استفاده کنند. همچنین باید این اشخاص و سازمان ها کمک بگیرند تا ارزیابی ریسک صحیح، اصولی و با

کیفیت را به کارکنان مرتبط در سازمان آموزش دهند تا این دانش در سازمان بومی شود و در دوره های بعدی ارزیابی سطح ریسک کاهش پیدا کند.

زیر معیار کار در ارتفاع در شغل مکانیک هیدرولیک در اولویت اول، کار در ارتفاع در هنگام تعمیرات نوسازی در اولویت دوم و کار در ارتفاع در هنگام کار در داربست در اولویت سوم قرار دارد. بنابراین می توان گفت:

به این دلیل که کار در ارتفاع چه از نظر مقدار RPN روش FMEA و چه از نظر روش AHP از اهمیت بالاتری برخوردار است، بنابراین کارخانه سیمان آبیگ باید برای کارکنان خود که در ارتفاع مشغول به کارند تدابیری بیاندیشد که سبب کاهش عوارض و صدمات ناشی از انجام کار در ارتفاع باشد، کارخانه باید قانون تصویب کند که این افراد باید از سامانه محدودکننده برای انجام کار خود استفاده نمایند؛ این سامانه، سامانه ای است که از قرارگیری فرد در وضعیت سقوط جلوگیری می کند و به دو شکل عمومی نظیر، نرده حفاظتی و فردی شامل نقطه اتصال، لنیارد و کمربند حمایل بند کامل بدن مورد استفاده قرار می گیرد و یا این افراد باید از سامانه متوقف کننده استفاده نمایند، این سامانه، سامانه ای است که با استفاده از تجهیزات مناسب، در صورت انجام سقوط، با جذب انرژی ناشی از سقوط باعث کاهش شدت صدمات و جراحات وارده به عامل کار در ارتفاع کار می گردد. که به دو شکل فردی شامل، کمربند حمایل بند کامل بدن، طناب ایمنی و نظایر آنها و عمومی مانند تور ایمنی مورد استفاده قرار می گیرد. این افراد باید فاصله این خود را برای جلوگیری از سقوط رعایت کرده و از لنیارد استفاده نمایند که طناب یا تسمه ای است که به منظور ایجاد ارتباط بین عامل کار در ارتفاع با نقطه یا طناب تکیه گاه یا سازه ثابت با کمترین ایجاد مزاحمت مورد استفاده قرار می گیرد. از کمربند ایمنی، حمایل بند کامل بدن (هارنس)، قلاب قفل شونده (کارابین)، شوک گیر و انواع طناب استفاده نمایند.

۵-۵-۲- پیشنهادها به پژوهشگران دیگر

- ۱- برای تعمیم این پژوهش می‌توان با استفاده از تکنیک FMEA سایر سازمان‌ها را مورد بررسی قرار داد و سطح RPN ریسک‌های آن‌ها را با یکدیگر مورد مقایسه قرار داد.
- ۲- از دیگر تکنیک‌های محاسباتی چون ANP و فازی سازی و یا تحلیل خاکستری برای محاسبات استفاده کرده و نتایج حاصل از این محاسبات با نتایج تحقیق مقایسه شود.
- ۳- در این مطالعه کوشش شده است تا تمامی معیارها، عملکردها و حالات خطا چه از نظر مشاهداتی و چه از نظر جمع آوری مطالعات پیشین شناسایی و مورد تحلیل قرار گیرد اما از آنجا که مطالعات میدانی اندکی در مجامع آکادمیک صورت گرفته است لذا پژوهشگران آتی می‌توانند با افزایش طیف مطالعات خود به بهبود عملکرد طراحی شده از طریق شناسایی و تعدیل آیتم‌ها و عامل‌ها اقدام نمایند.

منابع

- (۱) نمازی، مینو؛ صادقی فرد، ناصر؛ سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه ای OHSAS 18001، انتشارات مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۸۱.
- (۲) دبیری، غلامرضا؛ ودایع خیری، حیدر؛ کنترل آماری فرایند: مفاهیم و روش پیاده سازی، مرکز آموزش و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۱.
- (۳) حلوانی، غلامحسین؛ رضاپور، حبیب اله؛ حسامی آرانی، محسن؛ بررسی عوامل فردی و شغلی مؤثر بر مواجهه با خشونت شغلی در کارکنان خدمات درمانی بیمارستان، فصلنامه طب کار، دوره ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵.
- (۴) عباسپور، مجید؛ نصیری، پروین؛ دانا، تورج؛ توتونچیان، ساناز؛ بررسی خطرهای 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، ۱۳۸۸.
- (۵) پورتنقی، 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، ۱۳۹۲.
- (۶) Darvishi E, Maleki A, Dehestaniathar S, vEbrahimzadih M. Effect of STOP Technique on Safety Climate in a Construction Company. vJ Res Health Sci ۲۰۱۵; ۱۵(۲): ۱۰۹-۱۱۲ (Persian).
- (۷) هاشمی نژاد، ناصر؛ حلوانی، غلامحسین؛ مقدسی، مجتبی؛ ذوالعلی، فرزانه؛ شفیعی زاده بافقی، مهدیه؛ ارزیابی ریسک و تعیین شاخص های عملکرد ایمنی در مرحله طراحی و ساخت پروژه آگلومراسیون، سال ۱۳۹۰، فصلنامه علمی تخصصی طب کار، دوره ۴، شماره ۴، صص ۶۳-۷۴، ۱۳۹۱.
- (۸) 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، ۱۳۹۶.
- (۹) نوذر پور، علی؛ اهداف و ضرورت های انتشار فرهنگ ایمنی، انتشارات سازمان شهرداری های کشور، ۱۳۸۳.
- (۱۰) احمدی آسور، اکبر؛ ایمنی، مجله صنعت و ایمنی، شماره ۶۹، ۱۳۸۷.

- (۱۱) معصوم، جلال؛ علی آبادی، جواد؛ ضوابط و مقررات ایمنی و آتش نشانی، ضرورت‌ها و تنگناها، فرهنگ ایمنی، سال اول، شماره اول، انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور، ۱۳۸۰.
- (۱۲) معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور؛ راهنمای بهره برداری و نگهداری از شبکه های جمع‌آوری فاضلاب، نشریه شماره ۵۲۰، ۱۳۸۸.
- (۱۳) اصغری زاده، عزت اله؛ قاسمی، احمدرضا؛ جعفرزاده، محمدتقی؛ بهروز، محمد صادق؛ تبیین سیستم مطلوب مدیریت ایمنی، مطالعات مدیریت راهبردی، شماره ۱۳، صص ۱۵-۴۱، ۱۳۹۲.
- (۱۴) بهادری، بهروز و اسماعیل کنارودی، ی صنعت سیمان، انرژی و محیط زیست، تهران، دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران، مخاطرات کار با سیمان و توصیه های ایمنی، بهداشتی و زیست‌محیطی، دومین کنفرانس بین المللی ۱۳۹۲.
- (۱۵) رحیمی فراهانی، فرشاد؛ خطرات سیمان و راهکارهای کنترلی آن، ماهنامه فنی تخصصی پیام ایمنی، سال سوم، شماره ۱۲، ۱۳۸۵.
- (۱۶) وزارت کار و امور اجتماعی؛ مجموعه آیین نامه های حفاظت و بهداشت کار، چاپ نهم، ۱۳۸۰.
- (۱۷) بهریر، 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، ۱۳۹۲.
- (۱۸) حبیبی، ا؛ ایمنی کاربرد و شاخص‌های عملکرد در صنعت، چاپ اول، تهران: انتشارات فناوران، ۱۳۶ صفحه، ۱۳۸۶.
- (۱۹) بهریر، 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، ۱۳۹۴.
- (۲۰) 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، ۱۳۹۰.
- (۲۱) مختاری، قاسم؛ مقدمه ای بر تفکر سیستمی، انتشارات سمت: ویرایش پنجم، ۱۳۸۷.

- (۲۲) معمار، علی؛ رشادت جو، حمیده؛ شناسایی عوامل تعیین کننده مدیریت ریسک و سنجش تاثیر آن بر مدیریت استراتژیک در شرکت سهامی پتروشیمی تندگویان، نشریه پژوهشگر (مدیریت)، دوره ۱۱، شماره ۳۴، صص ۷۳-۸۲، ۱۳۹۳.
- (۲۳) همتی، عبدالناصر؛ محبی نژاد، شادی؛ ارزیابی تاثیر متغیرهای کلان اقتصادی بر ریسک اعتباری بانک ها، پژوهشنامه اقتصادی، شماره ۶، صص ۳۳-۵۹، ۱۳۸۸.
- (۲۴) موسوی محلاتی، لیلا؛ افندزاده، شهریار؛ بررسی قابلیت متدولوژی مدیریت ریسک در ارزیابی ایمنی حمل و نقل ریلی مسافری، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- برنامه ریزی حمل و نقل، دانشگاه علم و صنعت ایران، دانشکده مهندسی عمران، ۱۳۸۶.
- (۲۵) Nazari, A., Forsat Kar, E., & Kia Far, B. (2009). Risk Management in Projects.
- (۲۶) جماعت، علی؛ عسگری، فرید؛ مدیریت ریسک اعتباری در سیستم بانکی با رویکرد داده کاوی، مطالعات کمی در مدیریت، دوره ۱، شماره ۳، صص ۱۱۵-۱۲۶، ۱۳۸۹.
- (۲۷) AIRMIC, ALARM, IRM (2002). A Risk Management Standard is Extracts from the Document PD ISO/IEC Guide 73.
- (۲۸) 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، ۱۳۸۸.
- (۲۹) Liu, Hu-Chen., Lui, Long., Liu, Nan. (2013). "Risk Evaluation Approaches in Failure Mode and Effects Analysis: A Literature Review". Expert Systems with Applications 40: 828-838.
- (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، ۱۳۹۰.
- (۳۱) Eti MC, Ogaji SOT, Probert SD. Implementing total productive maintenance in Nigerian, Applied Energy 2004, 79(4), 385-4۰۱.
- (۳۲) بختیار، مصطفی؛ خسروی، شهرزاد؛ مسلمی، لیلا؛ 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، ۱۳۹۴.

- ۳۳) Chanamool N, Naenna T. (2016). Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department. *Applied Soft Computing*;43:441-۵۳.
- ۳۴) Zhang X, Jin F, Liu P. (2013). A grey relational projection method for multi-attribute decision making based on intuitionistic trapezoidal fuzzy number. *Applied Mathematical Modelling*;37(5):3467-7۷.
- ۳۵) Liu H-C, Liu L, Liu N, Mao L-X. (2012). Risk evaluation in failure mode and effects analysis with extended VIKOR method under fuzzy environment. *Expert Systems with Applications*;39(17):12926- 3۴.
- ۳۶) Kutlu AC, Ekmekçioğlu M. (2012). Fuzzy failure modes and effects analysis by using fuzzy TOPSIS-based fuzzy AHP. *Expert Systems with Applications*;39(1):61-7.
- ۳۷) Yang J, Huang H-Z, He L-P, Zhu S-P, Wen D. (20۱۱). Risk evaluation in failure mode and effects analysis of aircraft turbine rotor blades using Dempster-Shafer evidence theory under uncertainty. *Engineering Failure Analysis*;18(8):2084-9۲.
- ۳۸) Wang Y-M, Chin K-S, Poon GKK, Yang J-B. (2009). Risk evaluation in failure mode and effects analysis using fuzzy weighted geometric mean. *Expert systems with applications*;36(2):1195-207.
- ۳۹) یزدی، محمد؛ ارزیابی و مدیریت ریسک واحد سندبلاست نیروگاه شهید سلیمی نکاء با استفاده از متد FMEA، ماهنامه پیام ایمنی، سال ۱۲، شماره ۵۳، ۱۳۹۴.
- ۴۰) 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 (۱۳۸۰-۱۳۸۴)، مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان، دوره ۱۱، شماره ۳، صص ۲۳۱-۲۴۶، تابستان ۱۳۹۱.
- ۴۱) شمس، رستم؛ بررسی عوامل مؤثر بر کاهش حوادث شغلی در شرکت برق منطقه ای خوزستان، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت توسعه منابع انسانی، مؤسسه تحقیقات و آموزش مدیریت وابسته به وزارت نیرو. تابستان ۱۳۸۴.
- ۴۲) حسینی، سید شاهین؛ بررسی عوامل مؤثر سازمانی در کاهش حوادث ناشی از کار در کارگاه ها، مجله کار و جامعه، شماره ۱۴۰، صص ۸۰-۹۱، بهمن ۱۳۹۰.
- 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، 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، ۱۳۹۳.

(۴۵) ضیاء الدین، محمد؛ رضایی سرداری، حجت؛ نقش جو ایمنی بر انگیزش ایمنی، اولین کنفرانس بین المللی حسابداری و مدیریت در هزاره سوم، ۱۳۹۴.

(۴۶) Neissi A, Hashemi Sheykhshabani E, Rahimi Pordanjani T, Arshadi N, Beshlideh K. (2013) 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.

(۴۷) برادران کاظم زاده رضا، هاشمی مه سیما، 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، ۱۳۸۸.

(۴۸) هومن، حیدرعلی، تهیه و استاندارد ساختن مقیاس سنجش رضایت شغلی، مرکز آموزش مدیریت دولتی: تهران، ۱۳۸۱.

(۴۹) اعلائی، ایرج؛ نقش ریسک های شغلی در فرآیندهای طراحی، ماهنامه پیام ایمنی، سال ۱۲، شماره ۵۳، ۱۳۹۴.

(۵۰) 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، ۱۳۹۶.

(۵۱) 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، ۱۳۹۴.

۵۲) ابوترابی، سیدمرتضی؛ مهرنو، حسین؛ امیدواری، منوچهر؛ ارایه مدلی جهت ارزیابی ریسک ایمنی در صنعت ساختمان با استفاده از تصمیم‌گیری چند معیاره خاکستری، بهداشت و ایمنی کار، دوره ۴، شماره ۳، صص ۶۷-۷۴، ۱۳۹۳.

۵۳) علی محمدی، ایرج؛ میرزایی، فیض‌الله؛ شناسایی و ارزیابی مخاطرات کوره کارخانه سیمان با استفاده از رویکرد های RPN و ماتریس بحرانی آنالیز، مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، دوره بیست دوم، شماره یکم، صص ۹۲-۱۰۱، ۱۳۹۳.

۵۴) 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، ۱۳۹۳.

۵۵) قلعه، سحر؛ خسروی، مستوره؛ شالباف، بهداد؛ تقوی، لعبت؛ مدیریت ریسک ایمنی بهداشت و محیط زیست کارخانجات سیمان، اولین همایش بین المللی بحرآن‌های زیست‌محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن، ۱۳۹۱.

۵۶) دری، بهروز؛ معزز، هاشم؛ سلامی، هادی؛ رویکردی تلفیقی در تحلیل ریسک با استفاده از روش‌های 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، ۱۳۸۹.

۵۷) Gul, M., Ak, M. F., & Guneri, A. F. (2017). 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, ۲۳(۲), ۱۸۷-۲۰۲.

۵۸) Renua Rahul, Visotskya Darian, Knackstedt Stephan, Mockoa Gregory, Summersa Joshua D. , Schulte Joerg (2012) “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).

۵۹) Lux Aurélien, De Bikond Johann Mawo, Etienne Alain & Quillerou-Grivot Edwige (2016) “FMEA and consideration of real work situations for safer design of production systems” International Journal of Occupational Safety and Ergonomics.

- ٦٠) Rivero, L. C., Rodríguez, R. G., Pérez, M. D. R., Mar, C., & Juárez, Z. (2015). Fuzzy logic and RULA method for assessing the risk of working. *Procedia Manufacturing*, 3, 4816-4822.
- ٦١) Reinhold, K., Jarvis, M., & Tint, P. (2015). Practical tool and procedure for workplace risk assessment: Evidence from SMEs in Estonia. *Safety science*, 71, ٢٨٢-٢٩١.
- ٦٢) Silva, M. M., de Gusmão, A. P. H., Poletto, T., e Silva, L. C., & Costa, A. P. C. S. (2014). A multidimensional approach to information security risk management using FMEA and fuzzy theory. *International Journal of Information Management*, 34(6), 733-740.
- ٦٣) عزتی، مرتضی؛ روش تحقیق در علوم اجتماعی: کاربرد در مسائل اقتصادی، نشر مؤسسه کتاب مهربان نشر، ١٣٩٥.
- ٦٤) حافظ نیا، محمدرضا؛ مقدمه ای بر روش تحقیق در علوم انسانی، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه ها (سمت)، ١٣٩٥.
- ٦٥) سرمد، زهره؛ بازرگان، عباس؛ حجازی، الهه؛ روش تحقیق در علوم رفتاری، انتشارات نگاه، ١٣٩٥.
- ٦٦) Saaty, T.L., (1980). Decision making, scaling, and number crunching, *Decision Sciences*, VOL 20, Page 404-409.
- ٦٧) داودپور، زهره؛ صبور، فرزانه؛ به کارگیری تکنیک FMEA در عرصه شهرسازی به منظور پیشگیری و حل مشکلات فضاهای شهری مطالعه موردی بوستان دانشجو در تهران، مجله مدیریت شهری، دوره ٣، شماره ١٠، صص ١٢٥-١٤٦، ١٣٩١.
- ٦٨) آذر عادل، معماریانی عزیزاله؛ AHP تکنیکی نوین برای تصمیم گیری گروهی، فصلنامه دانش مدیریت دانشگاه تهران، شماره ٢٧ و ٢٨، صفحه ٢٢ تا ٣٢، ١٣٧٣.
- ٦٩) Saaty, T.L., (2002). How to make a decision: the analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, Vol 48, Page 9-2٦.
- ٧٠) مومنی، منصور و شریفی سلیم علیرضا، مدل ها و نرم افزارهای تصمیم گیری چند شاخصه (AHP (Expert choice), ANP (Super decisions), TOPSIS (Topsis)). ١٣٨٩.
- ٧١) حبیبی، آرش؛ مقدمه ای بر تصمیم گیری چندمعیاره فازی، انتشارات پارس مدیر، ١٣٩٤.

پرسشنامه خبره

کارشناس محترم؛

با سلام و احترام

پرسشنامه زیر در راستای پژوهشی تحت عنوان ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک TOPSIS مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ می‌باشد. لذا با تخصیص زمان ارزشمندتان به‌طور دقیق آنرا تکمیل نمائید. پیشاپیش از همکاری صمیمانه شما سپاسگزاری می‌شود.

معیار i	اولویت‌ها																		معیار j
بلورها / کمپرسورها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تعمیرات نوسازی	
بلورها / کمپرسورها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	گیربکس‌ها	
بلورها / کمپرسورها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ماشین کار، فرزکار	
بلورها / کمپرسورها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	مکانیک هیدرولیک	
تعمیرات نوسازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	گیربکس‌ها	
تعمیرات نوسازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ماشین کار، فرزکار	
تعمیرات نوسازی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	مکانیک هیدرولیک	
گیربکس‌ها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	ماشین کار، فرزکار	
گیربکس‌ها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	مکانیک هیدرولیک	
ماشین کار، فرزکار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	مکانیک هیدرولیک	

۱- با توجه به معیار بلوورها / کمپرسورها اولویت هر یک از شاخص‌های زیر را تعیین کنید:

معیار j	اولویت‌ها																	معیار i
تماس با قسمت‌های متحرک	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در محیط گردوغبار
تردد در مسیرها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در محیط گردوغبار
کار در مجاورت مواد قابل اشتعال	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در محیط گردوغبار
کار در مجاورت مواد قابل انفجار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در محیط گردوغبار
کار در ارتفاع	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در محیط گردوغبار
استفاده از ابزارآلات ناایمن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در محیط گردوغبار
پرتاب براده به چشم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در محیط گردوغبار
تردد در مسیرها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تماس با قسمت‌های متحرک
کار در مجاورت مواد قابل اشتعال	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تماس با قسمت‌های متحرک
کار در مجاورت مواد قابل انفجار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تماس با قسمت‌های متحرک
کار در ارتفاع	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تماس با قسمت‌های متحرک
استفاده از ابزارآلات ناایمن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تماس با قسمت‌های متحرک
پرتاب براده به چشم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تماس با قسمت‌های متحرک
کار در مجاورت مواد قابل اشتعال	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تردد در مسیرها

کار در مجاورت مواد قابل انفجار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تردد در مسیرها
کار در ارتفاع	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تردد در مسیرها
استفاده از ابزارآلات نایمن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تردد در مسیرها
پرتاب براده به چشم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	تردد در مسیرها
کار در مجاورت مواد قابل انفجار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال
کار در ارتفاع	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال
استفاده از ابزارآلات نایمن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال
پرتاب براده به چشم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در مجاورت مواد قابل اشتعال
کار در ارتفاع	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در مجاورت مواد قابل انفجار
استفاده از ابزارآلات نایمن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در مجاورت مواد قابل انفجار
پرتاب براده به چشم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در مجاورت مواد قابل انفجار
استفاده از ابزارآلات نایمن	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در ارتفاع
پرتاب براده به چشم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	کار در ارتفاع
پرتاب براده به چشم	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	استفاده از ابزارآلات نایمن

۲- با توجه به معیار تعمیرات نوسازی اولویت هر یک از شاخص‌های زیر را تعیین کنید:

معیار j	اولویت‌ها																		معیار i
برق گرفتگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط اجسام	
انفجار، تخریب تجهیزات	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط اجسام	
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط اجسام	
ضرب دیدگی، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط اجسام	
انفجار، تخریب تجهیزات	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی	
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی	
ضرب دیدگی، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی	
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انفجار، تخریب تجهیزات	
ضرب دیدگی، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انفجار، تخریب تجهیزات	
ضرب دیدگی، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط افراد	

۳- با توجه به معیار گیربکس‌ها اولویت هر یک از شاخص‌های زیر را تعیین کنید:

معیار j	اولویت‌ها																		معیار i
آتش سوزی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سوختگی	
انفجار مرگ، تخریب تجهیزات و ساختمان‌ها	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سوختگی	
برق گرفتگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سوختگی	
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سوختگی	

																		و ساختمان‌ها
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انفجار مرگ، تخریب تجهیزات و ساختمان‌ها
سقوط قطعات	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انفجار مرگ، تخریب تجهیزات و ساختمان‌ها
ضرب دیدگی، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انفجار مرگ، تخریب تجهیزات و ساختمان‌ها
بریدگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انفجار مرگ، تخریب تجهیزات و ساختمان‌ها
لیز خوردن، ضرب دیدگی و شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انفجار مرگ، تخریب تجهیزات و ساختمان‌ها
له شدن، شکستگی دست، انگشتان	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	انفجار مرگ، تخریب تجهیزات و ساختمان‌ها
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
سقوط قطعات	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
ضرب دیدگی، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
بریدگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
لیز خوردن، ضرب دیدگی و شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
له شدن،	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی

شکستگی دست، انگشتان																			
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
سقوط افراد ضرب دیدگی، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
سقوط افراد بریدگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
سقوط افراد لیز خوردن، ضرب دیدگی و شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
سقوط افراد له شدن، شکستگی دست، انگشتان	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
سقوط قطعات ضرب دیدگی، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
سقوط قطعات بریدگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
سقوط قطعات لیز خوردن، ضرب دیدگی و شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
سقوط قطعات له شدن، شکستگی دست، انگشتان	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
ضرب دیدگی، شکستگی بریدگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
ضرب دیدگی، شکستگی لیز خوردن، ضرب دیدگی و شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		
ضرب دیدگی، شکستگی له شدن، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹		

دست، انگشتان																		
لرز خوردن، ضرب دیدگی و شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	بریدگی
لرز خوردن، ضرب دیدگی و شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	بریدگی
فونداسیون ضعیف سیلوی سیمان	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	لرز خوردن، ضرب دیدگی و شکستگی

۴- با توجه به زیرمعیار ماشین کار، فرزکار اولویت هر یک از شاخص‌های زیر را تعیین کنید:

معیار j	اولویت‌ها																	معیار i
سقوط افراد ضرب دیدگی و شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
انفجار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
انفجار	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط افراد ضرب دیدگی و شکستگی

۵- با توجه به زیرمعیار مکانیک هیدرولیک اولویت هر یک از شاخص‌های زیر را تعیین کنید:

معیار j	اولویت‌ها																	معیار i
سقوط قطعات	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی
ضرب دیدگی ،	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	برق گرفتگی

شکستگی																				
سقوط افراد	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط قطعات		
ضرب دیدگی ، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط قطعات		
ضرب دیدگی ، شکستگی	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	سقوط افراد		

پیوست

روش پاسخ دادن به پرسش ها و الگوی امتیازدهی

ارزش	الویت ها	توضیح
۱	ترجیح یکسان	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد و یا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	کمی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهم تر است.
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهم تر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه i دارای ارجحیت خیلی بیشتری از j است.
۹	کاملاً مرجح	گزینه i از j مطلقاً مهمتر و قابل مقایسه با j نیست.
۲و۴و۶و۸	بینابین	ارزش های بین ارزش های ترجیحی را نشان می دهد مثلاً ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایین تر از ۹ برای i است.

پرسشنامه تاپسیس

پرسشنامه خبره

کارشناس محترم؛

با سلام و احترام

پرسشنامه زیر در راستای پژوهشی جهت ارزیابی ریسک ایمنی با استفاده از روش FMEA مبتنی بر اصول تصمیم‌گیری چند معیاره با استفاده از تکنیک TOPSIS مطالعه موردی کارگاه‌های تخصصی کارخانه سیمان آبیگ می‌باشد. لذا با تخصیص زمان ارزشمندتان به‌طور دقیق آنرا تکمیل نمائید. پیشاپیش از همکاری صمیمانه شما سپاسگزاری می‌شود.

خیلی ضعیف	ضعیف	ضعیف تا متوسط	متوسط	تقریباً خوب	خوب	خیلی خوب
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷

- میزان تاثیر هریک از شاخص‌های زیر را نسبت به راهکار ها تعیین کنید

Abstract:**Risk assessment using a fmea-based method for multi-criteria decision-making Case study of Abykcement workshops.**

Introdouction:Despite the fact that much progress has been made in the area of safety in the last decade, accidents and injuries are still occurring on sites, indicating that advancement and upgrading of the safety structure are wide-ranging. Considering the importance of safety risk assessment in specialized workshops of Abeyek Cement Factory, specialized workshops of Abeyek Cement Factory are being investigated. This study was carried out to evaluate the safety risk using the FMEA method based on multi-criteria decision making principles using the TOPSIS technique.

Material and methods: A case study was carried out at the specialized workshops of Abeyek Cement Factory. Data analysis using two approaches of FMEA-TOPSIS and AHP-TOPSIS and comparing its results with each other has been done. The statistical population of the study included 10 questionnaires of the experts of the aqueous cement factory, which was distributed among experts. Based on studies, major research criteria include blowers / compressors, refurbishment, gearboxes, machining, milling and hydraulic mechanics, each of which in turn consists of a number of sub-criteria; these criteria and sub-criteria are met by the FMEA method And the precise factory risk assessment was obtained.

Results:Based on the results of the research, the best solution is to use the expert workforce. The application of this research is to identify and prioritize existing risks to reduce risk and adopt the best practices.

Keywords: Safety Risk, FMEA, Hybrid MCDM Approach



Energy Institute of Higher Education

**Safety Risk Assessment Using Fmea Method
Based on Multi-Criteria Decision-Making
Principles Case study of Abyk Cement
Workshops**

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for
the Degree of Master of Science Chemical Safety, Health, and
Environment (HSE)**

**Supervisor:
Dr. Mustafa Adelizadeh**

**Advisor:
Dr. Mojtaba Mirzaei**

**Researcher:
Hamid Reza Mansour**

Februray 2019