

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک

گروه استخراج معدن

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی معدن

ارزیابی ریسک حوادث شغلی معادن زغال سنگ – شرکت البرز شرقی

نگارش:

علی آزاد

اساتید راهنما:

دکتر محمد عطایی

دکتر فرهنگ سرشکی

اساتید مشاور:

مهندس کرامت قنبری

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیر ماه ۱۳۹۲



دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

بسمه تعالی

شماره :

تاریخ :

ویرایش :

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم / آقای علی آزاد رشته مهندسی معدن گرایش استخراج تحت عنوان تحلیل ریسک حوادث شغلی در معادن زغال سنگ زیرزمینی با نگرشی ویژه به کاربرد روش شبیه سازی که در تاریخ ۹۲/۴/۱۷ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ مردود	☐ دفاع مجدد	☒ قبول (با درجه : <u>خوب - امتیاز ۱۷/۵</u>)
--------------------------------	------------------------------------	--

۱- عالی (۲۰ - ۱۹)

۲- بسیار خوب (۱۸/۹۹ - ۱۸)

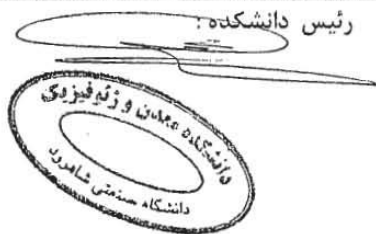
۳- خوب (۱۷/۹۹ - ۱۶)

۴- قابل قبول (۱۵/۹۹ - ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر محمد عطائی	استاد	
۱- استاد راهنما	دکتر فرهنگ سرشکی	دانشیار	
۲- استاد مشاور	دکتر مهیار یوسفی	استادیار	
۲- استاد مشاور	مهندس <u>ابراهیم محمدی</u>	-	
۳- نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	دکتر حسین میرزایی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	دکتر رضاخالو کاکائی	استاد	
۵- استاد ممتحن	دکتر محمد کنشلو	استادیار	

رئیس دانشکده:



تقدیم به عشق واقعی:

مادر م...

پیش گفتار

سپاس خدای را که سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت‌های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند و سلام و درود بر محمد (ص) و خاندان پاک او (علیهم‌السلام).

از اساتید بزرگوارم؛ جنابان آقای دکتر محمد عطایی و آقای دکتر فرهنگ سرشکی که، با حسن خلق و فروتنی، از هیچ کمکی در این عرصه بر من دریغ نمودند و زحمت راهنمایی این پایان‌نامه را بر عهده گرفتند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از برادر عزیزم محمدرضا که در تمام مسیر این پایان‌نامه از هیچ کمکی در جهت به ثمر نشستن آن دریغ ننمود و پدر و مادر عزیز و دلسوز... این دو معلم بزرگوارم... که همواره بر کوتاهی و درستی من، قلم عفو کشیده و کریمانه از کنار غفلت‌هایم گذشته‌اند و برایم در تمام عرصه‌های زندگی یار و یآوری بی‌چشم‌داشت بوده‌اند، نهایت سپاس را دارم.

از اساتید محترم، جناب آقای دکتر دکترکاکایی و آقای دکتر محمد کنشلو که زحمت داوری این پایان‌نامه را متقبل شدند؛ تشکر می‌کنم.

از مجموعه شرکت البرز شرقی، به خصوص آقای مهندس کرامت قنبری کمال تشکر را دارم. باشد که این خردترین، بخشی از زحمات آنان را سپاس گوید.

تعهد نامه

اینجانب علی آزاد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی معدن دانشکده معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ارزیابی ریسک حوادث شغلی در معادن زغال سنگ شرکت البرز شرقی تحت راهنمایی دکتر محمد عطایی و دکتر فرهنگ سرشکی متعهد می شوم.

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



تاریخ: ۹۲/۴/۱۷

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

معدنکاری زیرزمینی زغال سنگ یکی از پرمخاطره‌ترین فعالیت‌های صنعتی در هر کشور می‌باشد زیرا حوادث ناشی از آن همه ساله منجر به مرگ و معلولیت جسمی بسیاری از معدنکاران می‌شود. علاوه بر این، اینگونه حوادث می‌تواند منجر به خسارات مالی جبران ناپذیری به معدنکار و پیمانکار شود. لذا شناسایی، ارزیابی و مدیریت اینگونه حوادث می‌تواند نقش قابل ملاحظه‌ای در ایمنی معادن داشته باشد. در این زمینه در سالیان گذشته تحقیقات علمی در معادن ترکیه، هند و ... انجام گرفته است. تکنیک‌های استفاده شده در راستای ارزیابی ریسک حوادث شغلی در معادن زغال سنگ اکثراً مبتنی بر روش‌های کمی مانند FMEA یا کیفی مانند ماتریس ریسک می‌باشند و کمتر از روش‌های ترکیبی استفاده شده است. از طرفی با توجه به اینکه متغیرهای حادثه عموماً شامل عدم قطعیت می‌باشند بهتر است که در کمی یا کیفی کردن سطح ریسک از روش‌هایی که مبتنی بر عدم قطعیت هستند، استفاده شود. ساری در رساله دکتری (۲۰۰۲) در معادن ترکیه از روش کمی شبیه سازی که مبتنی بر عدم قطعیت می‌باشد و ماتریس ریسک به صورت کیفی استفاده کرد و ریسک حوادث شغلی در دو معدن ترکیه را بر اساس این روش مدل سازی کرد. در این پایان نامه نیز با تأثیر پذیری از کار ساری سعی شده است ریسک معادن شرکت البرز شرقی ارزیابی و مورد تحلیل قرار گیرد. در ابتدا کلیه حوادث شغلی مربوط به معدنکاری در معادن شرکت البرز شرقی شناسایی، سپس با استفاده از تحلیل‌های آماری عوامل تاثیرگذار بر حوادث تعیین می‌شوند. در ادامه با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلو و روش کیفی ماتریس ریسک، ریسک حوادث شغلی در معادن مربوطه مدل، و در نهایت سعی شده است با تکنیک پیش بینی سری زمانی، با استفاده از نرم افزارهای آماری متغیرهای حوادث، پیش بینی و اعتبارسنجی شود. در پایان نیز اقداماتی جهت کنترل و پایش ریسک‌ها پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی: حوادث شغلی، ریسک، تحلیل و ارزیابی ریسک، شبیه سازی مونت کارلو، سری زمانی

لیست مقالات استخراجی از پایان نامه

- مقایسه عملکرد پیمانکاران و شاغلین شرکت زغالسنگ البرز شرقی از نظر ایمنی، اولین کنگره ملی زغالسنگ در ایران، ۱۳۹۰.
- مدیریت و ارزیابی ریسک حوادث معدن زغالسنگ طزره، اولین کنگره ملی زغالسنگ در ایران، ۱۳۹۰.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: روش انجام تحقیق	
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- ضرورت انجام تحقیق	۲
۳-۱- اهداف تحقیق	۳
۴-۱- معرفی مطالعه موردی	۳
۵-۱- ساختار پایان نامه	۴
فصل دوم: مدیریت ریسک	
۱-۲- مقدمه	۵
۲-۲- مفاهیم	۶
۳-۲- فرآیند مدیریت ریسک	۸
۱-۳-۲- برنامه ریزی مدیریت ریسک	۱۲
۲-۳-۲- شناسایی ریسک	۱۳
۳-۳-۲- آنالیز و ارزیابی ریسک	۱۴
۱-۳-۳-۲- آنالیز کیفی ریسک	۱۵
۲-۳-۳-۲- آنالیز کمی ریسک	۱۶
۴-۳-۲- پاسخ به ریسک	۱۷
۵-۳-۲- نظارت و کنترل ریسک	۱۸
۴-۲- مروری بر تکنیکهای ارزیابی و آنالیز ریسک	۱۹
۱-۴-۲- تکنیکهای کیفی:	۲۰

۲۱	۲-۴-۱-۱- چک لیست :
۲۲	۲-۴-۱-۲- What-if : آنالیز
۲۳	۲-۴-۱-۳- مطالعه خطر و احتمال پذیری خطر (HAZOP)
۲۵	۲-۴-۲- تکنیکهای کمی
۲۵	۲-۴-۱-۲- تکنیک ارزیابی ریسک نسبی (PRAT)
۲۶	۲-۴-۲-۲- تکنیک ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم (DMRA)
۲۷	۲-۴-۲-۳- شبیه سازی مونت کارلو
۲۸	۲-۵- تابع توزیع
۲۹	۲-۶- ارزیابی ریسک در صنعت معدن
۳۱	۲-۷- مدل احتمالی از داده های حوادث
۳۲	۲-۸- پیش بینی حادثه
۳۳	۲-۸-۱- روشهای پیش بینی حوادث
۳۳	۲-۸-۱-۱- آنالیز سناریو
۳۴	۲-۸-۱-۲- روش رگرسیون
۳۵	۲-۸-۱-۴- مدل خاکستری
۳۵	۲-۸-۱-۵- شبکه های عصبی
۳۷	۲-۸-۱-۶- شبکه های بیزین (BN)
۳۷	۲-۸-۱-۷- روش سری زمانی
۳۹	۲-۹- پیش بینی با استفاده ازمدل
۳۹	۲-۹-۱- فرآیند AR
۴۰	۲-۹-۲- فرآیند MA

۴۰	۲-۹-۳- روش باکس- جنگینز
۴۳	۲-۹-۴- ایستایی
۴۴	۲-۱۰-۱- بررسی علل حوادث شغلی در معادن زیرزمینی
۴۴	۲-۱۰-۱- انواع حوادث شغلی در معادن زیرزمینی
۴۶	۲-۱۰-۲- وظایف گروه ایمنی و نجات
۴۶	۲-۱۱- جمع بندی

فصل سوم: شناسایی و تحلیل آماری معادن البرز شرقی

۴۸	۳-۱- مقدمه
۴۹	۳-۲- جمع آوری داده های حوادث شرکت البرز شرقی
۵۱	۳-۳- تحلیل آماری حوادث شغلی
۵۲	۳-۳-۱- بررسی آمار حوادث شغلی معدن طزره
۵۸	۳-۳-۲- بررسی آمار حوادث شغلی معدن رضی
۶۲	۳-۳-۳- بررسی آمار حوادث شغلی معدن تخت
۶۶	۳-۴- آمار حوادث منجر به فوت شرکت از سال ۸۰ تا ۹۰
۶۷	۳-۵- جمع بندی

فصل چهارم: ارزیابی و تحلیل ریسک

۷۰	۴-۱- مقدمه
۷۲	۴-۲- ارزیابی احتمال وقوع حوادث
۷۳	۴-۳- تعیین فرکانس حوادث
۷۳	۴-۴- تعیین شدت حوادث
۷۴	۴-۵- تلفیق احتمال و شدت حوادث با استفاده از شبیه سازی مونت کارلو و تعیین سطح ریسک

۸۹	۴-۶- ارائه مدل مفهومی با استفاده از تلفیق حوادث شغلی
۹۳	۴-۷- اقدامات کنترلی در خصوص حوادث شرکت
۹۵	۴-۸- نتیجه گیری
	فصل پنجم: پیش بینی
۹۸	۵-۱- مقدمه
۱۰۰	۵-۲- پیش بینی تعداد حوادث ماهانه
۱۰۰	۵-۲-۱- آزمون ایستایی متغیرهای مدل
۱۰۱	۵-۲-۲- برآورد مدل
۱۰۲	۵-۲-۳- ارزیابی مدل
۱۰۲	۵-۲-۳-۱- آزمون همبسته نگار مربعات جزء پسماند
۱۰۴	۵-۲-۳-۲- تست وجود خود همبستگی
۱۰۵	۵-۲-۳-۳- آزمون آرچ
۱۰۶	۵-۲-۳-۴- آزمون نرمال بودن جزء پسماند
۱۰۶	۵-۲-۴- تست خطای تبیین مدل
۱۰۷	۵-۲-۵- پیش بینی مدل برای سال ۱۳۹۱
۱۰۸	۵-۳- بررسی مدل تعداد روزهای از دست رفته ماهیانه
۱۰۸	۵-۳-۱- آزمون ایستایی و غیر ایستایی مدل
۱۰۹	۵-۳-۲- برآورد مدل
۱۱۰	۵-۳-۳- ارزیابی مدل
۱۱۰	۵-۳-۳-۱- آزمون همبسته نگار مربعات جزء پسماند
۱۱۱	۵-۳-۳-۲- تست وجود خود همبستگی

۱۱۲	۵-۳-۳-آزمون آرچ
۱۱۳	۵-۳-۴-آزمون نرمال بودن جزء پسماند
۱۱۳	۵-۳-۴-تست خطای تبیین مدل
۱۱۴	۵-۳-۵-پیش بینی مدل برای سال ۱۳۹۱
۱۱۴	۵-۵-اعتبار سنجی
۱۱۶	۵-۴-نتیجه گیری
	فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۱۸	۶-۱-نتیجه گیری
۱۲۱	۶-۲-پیشنهادهات
۱۲۲	منابع انگلیسی
۱۲۵	منابع فارسی

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۱-۱: مراحل انجام تحقیق و ساختار پایان نامه	۶
شکل ۱-۲: مراحل گوناگون فرایند مدیریت ریسک	۱۱
شکل ۲-۲: نمونه‌ای از ماتریس ریسک	۱۵
شکل ۳-۲: طبقه‌بندی روش‌های اصلی ارزیابی و آنالیز ریسک	۲۰
شکل ۴-۲: مراحل اصلی در ساختن الگوی باکس و جنکینز	۴۰
شکل ۱-۳: آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۸۰ معدن طزره	۵۴
شکل ۲-۳: آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۹۰ معدن طزره	۵۷
شکل ۳-۳: آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۸۰ معدن رضی	۵۹
شکل ۴-۳: آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۹۰ معدن رضی	۶۲
شکل ۵-۳: آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۸۶ معدن تخت	۶۴
شکل ۶-۳: آمار مرگ و میر شرکت زغالسنگ البرز شرقی از سال ۸۰ تا ۹۰	۶۷
شکل ۱-۴: روند طراحی ریسک به روش مونت کارلو	۷۲
شکل ۲-۴: گراف تکرار حوادث. الف) طزره ب) رضی ج) تخت د) کل حوادث ه) شاغلین و پیمانکاران	۷۶
شکل ۳-۴: توزیع روزهای از دست رفته ماهانه الف) طزره ب) رضی ج) تخت	۷۷
شکل ۴-۴: گراف شدت الف) طزره ب) رضی ج) تخت د) کل حوادث ه) شاغلین و پیمانکاران	۷۸
شکل ۵-۴: الف) طزره ب) رضی ج) تخت د) کل حوادث ه) شاغلین و پیمانکاران	۷۹
شکل ۶-۴: گراف ریسک الف) طزره ب) رضی ج) تخت د) کل حوادث ه) شاغلین و پیمانکاران	۸۰
شکل ۷-۴: گراف احتمالاتی ریسک الف) طزره ب) رضی ج) تخت د) کل حوادث ه) شاغلین و پیمانکاران	۸۱
شکل ۸-۴: از بالا به پایین. الف: نمودار توزیع حادثه برخورد با اجسام رها شده و پرتاب شده...	۹۰
شکل ۹-۴: الف: نمودار احتمالاتی متغیر جدید تولید شده (خروجی مونت کارلو)	۹۱
شکل ۱۰-۴: از بالا به پایین. نمودار توزیع روزهای از دست رفته انواع حوادث. الف: برخورد با...	۹۲
شکل ۱۱-۴: از راست به چپ. الف: نمودار احتمالاتی متغیر جدید تولید شده (خروجی مونت کارلو) و ...	۹۲
شکل ۱-۵: روند پیش‌بینی با استفاده از سری زمانی	۹۹

۱۰۰	شکل ۵-۲: آزمون ایستابودن متغیرهای مدل
۱۰۱	شکل ۵-۳: برآورد مدل
۱۰۳	شکل ۵-۴: ایستایی جزء پسماند
۱۰۴	شکل ۵-۵: آزمون خود همبستگی جملات پسماند
۱۰۵	شکل ۵-۶: آزمون تشخیص ناهمسانی واریانس
۱۰۶	شکل ۵-۷: آزمون نرمال بودن جزء پسماند
۱۰۶	شکل ۵-۸: آزمون خطای تبیین مدل
۱۰۸	شکل ۵-۹: ایستایی متغیر تعداد روزهای از دست رفته
۱۰۹	شکل ۵-۱۰: برآورد مدل پیش بینی متغیر روزهای از دست رفته
۱۱۰	شکل ۵-۱۱: ایستایی جزء پسماند
۱۱۱	شکل ۵-۱۲: آزمون خود همبستگی جملات پسماند
۱۱۲	شکل ۵-۱۳: آزمون تشخیص ناهمسانی واریانس
۱۱۳	شکل ۵-۱۴: آزمون نرمال بودن جزء پسماند
۱۱۳	شکل ۵-۱۵: آزمون خطای تبیین مدل روزهای از دست رفته
۱۱۵	شکل ۵-۱۶: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی تعداد حوادث بصورت ماهانه
۱۱۶	شکل ۵-۱۷: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی روزهای از دست رفته بصورت ماهانه

فهرست جداول

صفحه	عنوان
۲۴	جدول ۲-۱: لیست کلمات راهنما با مفاهیم‌شان
۲۶	جدول ۲-۲: درجه‌بندی مقدار ریسک در رابطه با سطح ضرورت مورد نیاز
۲۷	جدول ۲-۳: تکنیک ارزیابی ماتریس تصمیم، الف) ماتریس ریسک و ب) جدول تصمیم‌گیری
۵۰	جدول ۳-۱: داده‌های ورودی مربوط به گروههای استخراجی
۵۰	جدول ۳-۲: آمار کل حوادث شرکت البرز شرقی
۵۱	جدول ۳-۳: آمار تعداد حوادث بر اساس نوع حادثه

۵۱	جدول ۳-۴: آمار روزهای از دست رفته بر اساس نوع حادثه
۵۵	جدول ۳-۵: بررسی آماری حوادث در معدن طزره
۵۶	جدول ۳-۶: امتیازدهی عوامل اصلی در هر پارامتر
۶۰	جدول ۳-۷: بررسی آماری حوادث در معدن رضی
۶۰	جدول ۳-۸: امتیازدهی عوامل اصلی در هر پارامتر
۶۵	جدول ۳-۹: بررسی آماری حوادث در معدن تخت
۶۶	جدول ۳-۱۰: امتیازدهی عوامل اصلی در هر پارامتر
۸۲	جدول ۴-۱: ماتریس ریسک معدن زغالسنگ طزره
۸۲	جدول ۴-۲: ماتریس ریسک معدن زغالسنگ رضی
۸۳	جدول ۴-۳: ماتریس ریسک معدن زغالسنگ تخت
۸۳	جدول ۴-۴: ماتریس ریسک معدن زغالسنگ شاغلین
۸۳	جدول ۴-۵: ماتریس ریسک معدن زغالسنگ پیمانکاران
۸۵	جدول ۴-۶: تعیین سطح ریسک درمجموعه معادن طزره
۸۵	جدول ۴-۷: تعیین سطح ریسک درمجموعه معادن رضی
۸۵	جدول ۴-۸: تعیین سطح ریسک معدن تخت
۸۵	جدول ۴-۹: ارزیابی ریسک شاغلین شرکت و پیمانکاران
۸۶	جدول ۴-۱۰: رکوردهای ایمنی معدن طزره
۸۷	جدول ۴-۱۱: رکوردهای ایمنی معدن رضی
۸۸	جدول ۴-۱۲: رکوردهای ایمنی معدن تخت
۸۹	جدول ۴-۱۳: تاریخچه عملکرد شاغلین شرکت و پیمانکاران
۹۳	جدول ۴-۱۴: ماتریس پیشنهادی ریسک انواع حوادث شغلی
۹۳	جدول ۴-۱۵: سطح ریسک
۹۴	جدول ۴-۱۶: ریسک- اقدام اصلاحی و کنترلی- پایش
۱۰۷	جدول ۵-۱: مقادیر واقعی و پیش بینی شده تعداد حوادث در سال ۱۳۹۱ و فروردین ۱۳۹۲
۱۱۴	جدول ۵-۲: مقادیر واقعی و پیش بینی شده تعداد روزهای از دست رفته در سال ۱۳۹۱ و...

فصل اول

روش انجام تحقیق

۱-۱- مقدمه

مدیریت ریسک حوادث شغلی ابزاری مهم و سیستماتیک به منظور کنترل و پایش حوادث در یک سیستم می‌باشد. در تمام دنیا با توجه به آمار زیاد مرگ و میر و حوادث ناشی از خطرات موجود در یک واحد صنعتی یا معدنی، مدیران بر آنند تا فرآیند فرهنگ ایمنی و مدیریت ریسک حوادث را در بهترین شرایط در محیط کاری به اجرا بگذارند. در کشور ایران نیز، چند سال اخیر مطالعات خوبی در این زمینه انجام گرفته و روش‌های مناسبی در راستای جا انداختن فرهنگ ایمنی حوادث و مدیریت ریسک در واحدهای علی‌الخصوص معدنی شروع شده است. در این مطالعه نیز هدف اصلی تعیین مدلی جامع به منظور کاهش و پایش حوادث در شرکت البرز شرقی و ارائه یک ساختار مدیریت ریسک به منظور پیشگیری از وقوع حوادث علی‌الخصوص حوادث تکراری است.

۲-۱- ضرورت انجام تحقیق

میل به ایمنی و امنیت بخش تفکیک ناپذیر از ماهیت انسان است. هیچ مکان و اقدامی به طور کامل ایمن نیست، به عبارتی ایمنی مطلق وجود ندارد و عملاً در هیچ شغلی ایجاد نخواهد شد. معدنکاری زیرزمینی زغال سنگ نیز یکی از پرمخاطره‌ترین فعالیت‌های صنعتی در هر کشور می‌باشد، زیرا حوادث ناشی از آن همه ساله منجر به مرگ و معلولیت جسمی بسیاری از معدنکاران می‌شود. علاوه بر این، اینگونه حوادث می‌توانند منجر به خسارات مالی جبران ناپذیری به معدنکار و پیمانکار شوند. لذا مدیریت ریسک اینگونه حوادث، امری ضروری به نظر می‌رسد که می‌تواند نقش قابل ملاحظه‌ای در ایمنی معادن داشته باشد.

مدیریت ریسک به فرآیند سیستماتیک شناسایی، آنالیز و کنترل ریسک‌های مربوط به هر پروژه اطلاق می‌شود. اجرای صحیح مدیریت ریسک در تمامی طول عمر پروژه منجر به کاهش وقوع حوادث زیان آور می‌شود از این رو به کارگیری برنامه‌های مدیریت ریسک در تمامی پروژه‌ها ضروری به نظر می‌رسد. ساختارهای مدیریت

ریسک نخستین بار جهت استفاده در کارخانجات مواد شیمیایی خطرناک توسعه یافتند ولی پس از گذشت مدت زمانی در کلیه فعالیت‌ها از جمله فعالیت‌های صنعتی خصوصاً معدنکاری مورد استفاده قرار گرفتند. درواقع استفاده از چنین ساختارهایی نوعی پیشگیری از وقوع حوادث ناگوار است. امروزه در کشورهایی که به پیشگیری اهمیت ویژه‌ای می‌دهند، ساختارهای مدیریت ریسک بیش از هر جای دیگر گسترش یافته‌اند.

۳-۱- اهداف تحقیق

در حالت کلی هدف از بررسی و انجام فرآیند مدیریت ریسک در هر سیستم کمینه کردن احتمال وقوع حوادث و ریسک‌ها می‌باشد. در این پایان نامه نیز سعی شده است با توجه به اینکه خیلی کم به ریسک حوادث شغلی در معادن زغال سنگ پرداخته شده است، معادن شرکت البرز شرقی از لحاظ حوادث مقایسه شوند، حوادث غالب شناسایی و در نهایت ریسک این حوادث مدل سازی شود. در واقع هدف از انجام این مطالعه تعیین شدت ریسک معادن و تعیین یک الگوی مناسب بمنظور برآورد ریسک معادن می‌باشد.

۴-۱- معرفی مطالعه موردی

داده‌های مورد نیاز بمنظور انجام این پایان نامه از دفتر ایمنی و بهداشت حوادث البرز شرقی در بازه زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۰ جمع آوری شده است. آمار حوادث کل (جزئی و شدید)، شامل تعداد حوادث در ماه‌ها و سال‌های مختلف، آمار روزهای از دست رفته در اثر وقوع حوادث، انواع حوادث و موارد مربوط به علل حوادث می‌باشد. شرکت معادن زغالسنگ البرز شرقی (سهامی خاص - مالکیت سهامی دولتی) یکی از بزرگترین تولیدکننده‌های کنسانتره زغالسنگ به منظور استفاده در کوره‌های کک سازی ذوب آهن اصفهان به شمار می‌رود. شرکت معادن زغالسنگ البرز شرقی فعالیت اکتشافی خود را از سال ۱۳۴۹ آغاز و از سال ۱۳۵۱ به موازات ادامه فعالیت اکتشافی رسماً شروع به بهره برداری نمود. همانطور که از اسم شرکت استنباط می‌گردد حوزه فعالیت آن در

شرق سلسله جبال البرز (از شمال شهرستان دامغان در استان سمنان تا جنوب شهرستان مینودشت واقع در استان گلستان) به طول ۲۲۰ کیلومتر گسترش دارد. اداره مرکزی این حوزه در شهرستان شاهرود و استان سمنان جای گرفته است. در حال حاضر توان تولید سالانه شرکت ۳۰۰ هزار تن زغالسنگ کنسانتره است، که از فرآوری ۶۰۰ هزارتن زغالسنگ تولیدی معادن شرکت و جمع آوری شده از معادن شخصی، بدست می آید و عمده مصرف کننده گان زغال تولیدی شرکت، ذوب آهن اصفهان و کک سازی زرند کرمان می باشند. شرکت زغالسنگ البرز شرقی با بکارگیری نزدیک به ۲۰۰۰ نفر پرسنل، اعم از مدیران، مهندسین، تکنیسین ها، کارمندان اداری، کارگران ماهر و غیره یکی از فعال ترین و تاثیرگذارترین بنگاه های اقتصادی منطقه محسوب می گردد. عمده فعالیت شرکت در سه منطقه معدنی طزره، تخت و رضی و کارخانه زغالشوئی متمرکز می باشد.

۵-۱- ساختار پایان نامه

در این پایان نامه ابتدا کلیه حوادث شغلی مربوط به معدنکاری در معادن زیر زمینی و سپس مجموعه معادن البرز شرقی شناسایی و سپس با استفاده از تحلیل های آماری عوامل تاثیر گذار بر حوادث تعیین می شوند. در ادامه با استفاده از داده های جمع آوری شده، ریسک ناشی از حوادث شغلی مورد ارزیابی قرار می گیرد. سپس سعی شده است با توجه به اینکه یکی از روش های مناسب به منظور کنترل ریسک ناشی از حوادث، پیش بینی رخداد حوادث در آینده می باشد و با عنایت به عدم قطعیت های موجود پیش بینی آن بسیار مشکل است، با استفاده از داده های جمع آوری شده و تکنیک های پیش بینی، نرخ رخداد حوادث در آینده تعیین و راهکارهای مناسب جهت کاهش حوادث ارائه شود.

لذا فصل اول ساختار پایان نامه را مشخص می کند، در فصل دوم به مرور کلیاتی در مورد نحوه مدیریت ریسک پروژه و مراحل گوناگون این فرآیند پرداخته و در رابطه با انواع روش های ارزیابی ریسک و پیش بینی حوادث بحث می شود.

در فصل سوم این تحقیق، تحلیلی کلی روی آمار جمع آوری شده از مجموعه معادن البرز شرقی ضمن معرفی اجمالی معادن و شرکت، انجام شده و عوامل اصلی حوادث شناسایی می‌شوند. چرا که آمار مهم‌ترین ابزار برای ریشه یابی بهتر علل حوادث و برطرف کردن منابع آن می‌باشد، تا بتوان با شناسایی، رده بندی و تحلیل آن‌ها به تدوین اصول پیشگیری پرداخت. در فصل چهارم با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلو و تکنیک ماتریس ریسک به آنالیز و ارزیابی حوادث در معادن پرداخته، در نهایت سطح ریسک مشخص و رکوردهای ایمنی حوادث در تمام معادن البرز شرقی محاسبه شده و در فصل پنجم با استفاده از روش سری زمانی به پیش بینی رخدادهای در آینده پرداخته می‌شود و در آخر نتایج به دست آمده از مطالب ارائه شده در فصول قبل، در فصل ششم با عنوان "نتیجه‌گیری و پیشنهادات" آورده شده است. روند نشان داده شده در شکل ۱-۱ می‌تواند در مطالعه این پایان نامه مفید باشد. شکل ۱-۱ ساختار کلی پایان نامه را نشان می‌دهد.

جستجوی کتابخانه‌ای و جمع آوری منابع داخلی و خارجی در زمینه‌های مرتبط با:

- مروری بر تحقیقات قبلی در زمینه ریسک معادن
- فرآیند مدیریت ریسک
- انواع روش‌های آنالیز ریسک و کاربرد آن‌ها در معادن

فصل دوم: مدیریت ریسک

- تعریف‌ها و مفاهیم
- روش‌های مدیریت ریسک
- تکنیک‌های پیش‌بینی

فصل سوم: شناسایی خطرات و تحلیل آمار

- آمار حوادث البرز شرقی (الف) آمار تعداد حادثه (ب) آمار روزهای از دست رفته

فصل چهارم: آنالیز ریسک

- شبیه‌سازی مونت کارلو
- ماتریس ریسک
- مطالعه خطر و احتمال پذیری خطر

فصل سوم: پیش‌بینی

- سری زمانی

فصل ششم: جمع‌بندی و نتیجه‌گیری در ارتباط با

- آمار و تحلیل آن
- ارزیابی سطح ریسک معادن
- پیش‌بینی و اعتبار سنجی

شکل ۱-۱- مراحل انجام تحقیق و ساختار پایان نامه

فصل دوم

مدیریت ریسک

۲-۱- مقدمه

به منظور رشد، توسعه، تعامل و سازگاری با حرکت جهانی فن آوری و صنعت، باید در هر لحظه به دنبال ابزارهایی نو و کارا بود. ارتقاء و تعالی محقق نخواهد شد جز با خطر کردن و حرکت هدفدار در دنیای پرشتاب و ناپایدار، که لازمه آن افزایش توانمندی و بنیه رقابتی افراد و سازمان می باشد.

ریسک و مدیریت ریسک در دو دهه اخیر به موضوعی حساس و ضروری برای سازمان ها و خصوصاً قشر مدیران تبدیل شده است، چرا که در یک محیط بی ثبات و نامعین، هر لحظه می توان انتظار وقوع رخداد‌های خارج از برنامه و غیرمنتظره را داشت. مدیران همیشه سعی دارند بدانند چرا پروژه ها به تأخیر می افتند و یا هزینه و کیفیت محصول و پروژه بر اساس آنچه پیش بینی شده محقق نمی گردد.

یک سیستم مرکب از انسان- ماشین ظاهراً به انسان ها، ماشین ها و فعالیت مشترک بین آن ها تقسیم می شود که بطور قطع و یقین بعنوان یک مدل سیستم بررسی می شود. در مدل سیستم، تفکر در مورد اینکه احتمال خرابی سیستم وجود دارد یا بعبارتی تفکر در مورد ریسک های احتمالی امری ضروری می باشد. یک تشخیص اساسی در این مرحله ضرورت دارد که آیا تصادفات بعلت معایب خاص یا خطای ماشینی می باشد یا بعلت تطابق و همزمانی بدشانسی اتفاق افتاده است (Hollnagel, 2004). ارزیابی ریسک یک فرایند لازم و سیستماتیک در ارزیابی شدت رویداد و عواقب فعالیت های انسانی بر روی سیستم ها با خصوصیات پرخطر و تشکیل یک ابزار مفید برای سیاست ایمنی شرکت می باشد. تنوع در فرآیندهای آنالیز ریسک اینگونه است که تکنیک های متعدد و مناسب زیادی برای انجام این کار وجود دارد. ریسک را می توان بعنوان یک کمیت که قابل اندازه گیری است و یا بصورت روابط ریاضی با استفاده از داده های تصادفی بیان نمود (Koulouriotis et al, 2009). مدیریت ریسک به فرآیند سیستماتیک شناسایی، آنالیز و کنترل ریسک های مربوط به هر پروژه اطلاق می شود. اجرای صحیح مدیریت ریسک در تمامی طول عمر پروژه منجر به کاهش وقوع حوادث زیان آور می شود از این رو به کارگیری برنامه های مدیریت ریسک در تمامی پروژه ها ضروری به نظر می رسد. ساختارهای

مدیریت ریسک نخستین بار بمنظور استفاده در کارخانجات مواد شیمیایی خطرناک توسعه یافتند ولی پس از گذشت مدت زمانی در کلیه فعالیت‌ها از جمله فعالیت‌های صنعتی خصوصاً معدنکاری مورد استفاده قرار گرفتند. در واقع استفاده از چنین ساختارهایی نوعی پیشگیری از وقوع حوادث ناگوار است. امروزه در کشورهایی که به پیشگیری اهمیت ویژه‌ای می‌دهند، ساختارهای مدیریت ریسک بیش از هر جای دیگر گسترش یافته‌اند از جمله این کشورها می‌توان کشور استرالیا را نام برد که به خوبی از این ساختارها در صنعت معدنکاری خود بهره می‌گیرد (Tweedal et al, 1997).

۲-۲- مفاهیم

به منظور درک صحیح ایمنی سیستم در ابتدا مفاهیم و اصول ایمنی و ریسک و فرایند مدیریت ریسک تعریف و مورد بررسی قرار می‌گیرد (فام، ۱۳۸۸):

ایمنی^۱: در فرهنگ لغات اصطلاح ایمنی به معنی امنیت، آسایش، سلامتی و ... است و از لحاظ تعریف عبارتست از میزان فرار از خطر.

سیستم^۲: عبارتست از مجموعه افراد، تجهیزات، قوانین، روش‌ها و دستورالعمل‌ها که به منظور اجرای یک فعالیت معین در یک محیط خاص کنار یکدیگر قرار می‌گیرند.

خطر^۳: به شرایطی اطلاق می‌شود که دارای پتانسیل رساندن آسیب و صدمه به کارکنان، خسارت به وسایل، تجهیزات، ساختمان‌ها و از بین بردن مواد یا کاهش قدرت کارایی در اجرای یک عمل از قبل تعیین شده باشد.

شدت خطر^۴: عبارتست از یک توصیف طبقه بندی شده از سطح خطرات بر اساس پتانسیل واقعی یا مشاهده شده آن‌ها در ایجاد جراحت، صدمه و یا آسیب.

^۱Safety

^۲System

^۳Hazard

^۴Hazard Severity

احتمال خطر^۵: عبارتست از امکان بروز شرایط خاص در یک وضعیت معین یا محیط کاری.

حادثه^۶: واقعه برنامه‌ریزی نشده و بعضاً صدمه آفرین یا خسارت‌رسان که انجام، پیشرفت، یا ادامه طبیعی یک فعالیت یا کار را مختل می‌سازد.

شبه حادثه^۷: رویدادهایی هستند که هر چند می‌توانند باعث صدمه یا جراحت شوند ولی به موارد فوق منجر نشده و به اصطلاح به خیر می‌گذرند.

ریسک^۸: عبارتست از امکان وقوع حادثه بر حسب احتمال وقوع و شدت آن.

قابلیت اعتماد^۹: عبارتست از حد اطمینانی که یک محصول یا سیستم می‌تواند کارکرد معین خود را تحت شرایط عملیاتی و محیطی از پیش تعریف شده برای یک مدت معین انجام دهد.

۳-۲- فرآیند مدیریت ریسک

فرآیند مدیریت ریسک براساس استاندارد استرالیا مراحل زیر را در بر می‌گیرد همچنین این مراحل را می‌توان در شکل ۱-۱ مشاهده نمود (Tweedale et al, 1997):

۱- برنامه ریزی مدیریت ریسک^{۱۰}: شامل تعیین اهداف و شرح وظایف فعالیت‌های مدیریت ریسک برای یک پروژه.

۲- شناسایی ریسک^{۱۱}: شامل شناسایی ریسک‌هایی که ممکن است اهداف پروژه را تحت تاثیر قرار دهند و مستندسازی خصوصیات آنها.

۳- آنالیز ریسک^{۱۲}: احتمال وقوع و پیامدهای حاصل از هر ریسک تعیین می‌شوند.

^۵Hazard Probability

^۶Accident

^۷Near Miss

^۸Risk

^۹Reliability

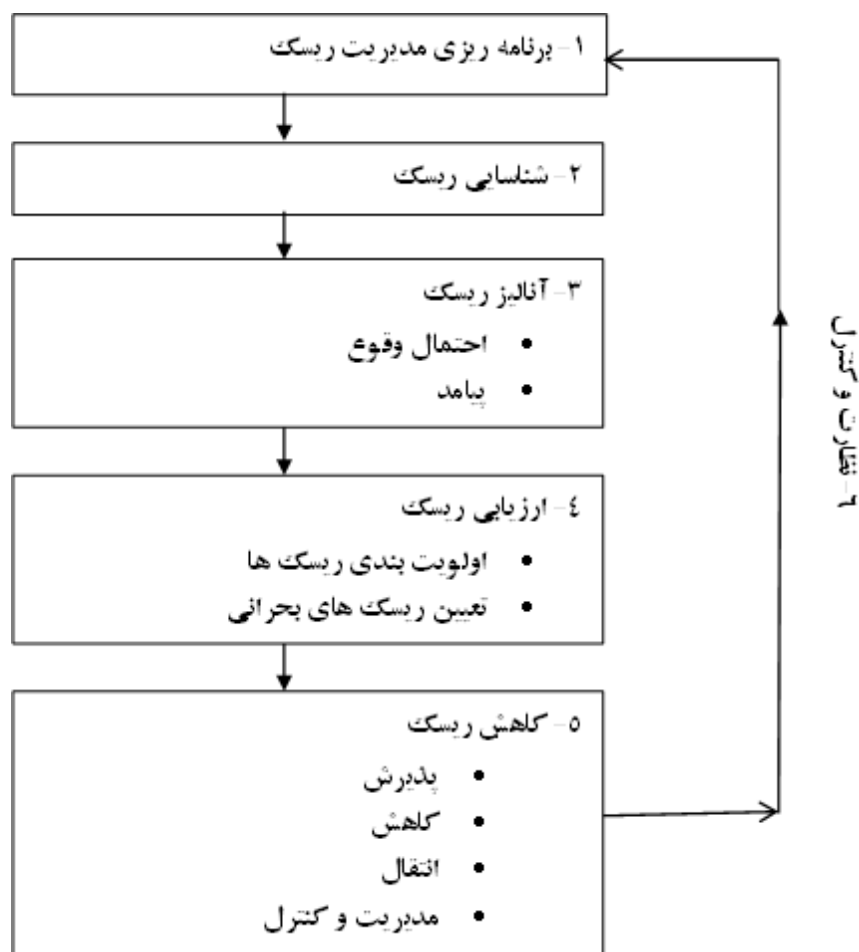
^{۱۰}- Risk Management Planning

^{۱۱}- Risk Identification

۴- ارزیابی ریسک^{۱۳}: به منظور تعیین اولویت و درجه اهمیت هر ریسک و همچنین تعیین ریسک‌های بحرانی (آنهایی که باید سریعاً کنترل شوند).

۵- پاسخ به ریسک: توسعه روش‌ها و تکنیک‌ها جهت کاهش، انتقال یا حذف حوادث زیان آور.

۶- نظارت و کنترل ریسک^{۱۴}: کنترل ریسک‌های باقیمانده، تعیین ریسک‌های جدید، اجرای طرح‌های کاهش ریسک و ارزیابی تاثیر آن بر روی پروژه.



شکل ۲-۱- مراحل گوناگون فرآیند مدیریت ریسک (PMI, 2000)

¹²- Risk Analysis

¹³- Risk Assessment

¹⁴- Risk Monitoring and Control

۲-۳-۱- برنامه‌ریزی مدیریت ریسک

برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، فرآیند تصمیم‌گیری در مورد تعیین اهداف و چگونگی فعالیت‌های مدیریت ریسک می‌باشد. قبل از هرچیزی باید اهداف و گستره‌ی مدیریت ریسک در پروژه تعیین شود زیرا بسیاری از ابتکارات مدیریت ریسک به دلیل عدم توجه کافی به تعیین اهداف آن با شکست مواجه شده‌اند. تیم پروژه شامل مدیر پروژه، رؤسای قسمت‌های مختلف پروژه و متخصصین امر ملاقات‌هایی را جهت برنامه‌ریزی مدیریت ریسک برگزار می‌کنند و طرح مناسب مدیریت ریسک را توسعه می‌دهند. طرح مدیریت ریسک، زمان و چگونگی تعیین ریسک، آنالیز کیفی و کمی ریسک و نحوه کنترل و نظارت بر روی ریسک‌ها را در طول عمر پروژه تشریح می‌کند. طرح مدیریت ریسک موارد زیر را شامل می‌شود (PMI®, 2000):

- روش کار^{۱۵}: ابزارها و نگرش‌هایی که ممکن است برای اجرای مدیریت ریسک در پروژه مورد استفاده قرار گیرند، تعیین می‌کند.
- نقش‌ها و مسئولیت‌ها^{۱۶}: رهبری، اعضای تیم مدیریت ریسک و پشتیبانی را برای عملیات‌های گوناگون در زمان اجرای پروژه تعیین می‌کند.
- تعیین بودجه^{۱۷}: بودجه‌ای برای اجرای مدیریت ریسک در نظر می‌گیرد.
- زمان^{۱۸}: تعیین می‌کند که هرچند وقت یکبار فرآیند مدیریت ریسک در سرتاسر طول عمر پروژه اجرا خواهد شد.

۲-۳-۲- شناسایی ریسک

در این مرحله ریسک‌هایی که پروژه را تحت تاثیر قرار می‌دهند شناسایی و خصوصیات آنها مستندسازی می‌شوند. این مرحله اساسی‌ترین و بحرانی‌ترین مرحله فرآیند مدیریت ریسک می‌باشد زیرا ریسکی که به

¹⁵- Methodology

¹⁶- Roles and Responsibilities

¹⁷- Budgeting

¹⁸ - Timing

درستی شناسایی نشده باشد را نمی‌توان به طور فعال مدیریت و کنترل کرد. هدف از این مرحله شناسایی تمامی ریسک‌ها اعم از بزرگ و کوچک نیست بلکه سعی بر آن است که ریسک‌های بارز و چشمگیر شناسایی شوند (Tweedale et al, 1997).

به منظور شناسایی ریسک‌ها لازم است که تمامی سناریوهای احتمالی و ممکن پروژه توسط تیم مدیریت ریسک و متخصصین امر مورد توجه و بررسی قرار گیرند. شناسایی ریسک می‌بایست توسط تیمی از اشخاص، با تنوعی از تخصص فنی در زمینه‌های مرتبط صورت پذیرد. تکنیک‌ها و ابزارهای بسیاری برای شناسایی ریسک‌ها وجود دارد اما از هیچ یک از آنها نمی‌توان انتظار شناسایی تمام ریسک‌ها، بزرگ و کوچک، را داشت. رایج‌ترین این تکنیک‌ها عبارتند از (PMI®, 2000):

- **مرور اسناد^{۱۹}**: بازنگری و بررسی پروژه‌های مشابه قبلی به منظور شناسایی ریسک‌ها که اصولاً اولین گامی است که توسط تیم مدیریت ریسک اجرا می‌شود.
- **طوفان ذهنی^{۲۰}**: رایج‌ترین تکنیک شناسایی ریسک می‌باشد، هدف از اجرای آن بدست آوردن لیستی جامع از ریسک‌ها می‌باشد. براساس این تکنیک تیم مدیریت ریسک و عده‌ای از متخصصین گرد هم جمع شده و ریسک‌های ممکنه در زمان اجرای پروژه را بررسی و شناسایی می‌کنند.
- **تکنیک دلفی^{۲۱}**: تکنیک دلفی روشی است برای اجماع متخصصین بر روی یک موضوع مانند ریسک پروژه. براساس این تکنیک به منظور شناسایی ریسک‌ها، پرسش نامه‌هایی بین متخصصین پخش می‌شود و سپس پاسخ‌ها گردآوری و آنالیز می‌شوند.
- **مصاحبه^{۲۲}**: ریسک‌ها را می‌توان از طریق مصاحبه با مدیران باتجربه و متخصصین موضوع شناسایی کرد.

¹⁹ - Documentation Review

²⁰ - Brainstorming

²¹ - Delphi Technique

²² - Interviewing

- چک لیست^{۲۳}: برای شناسایی ریسک‌ها می‌توان براساس اطلاعات گذشته و دانشی که از پروژه‌های مشابه قبلی و سایر منابع اطلاعاتی گردآوری شده چک لیستی تهیه کرد. موارد در نظر گرفته شده در چک لیست باید تمامی ریسک‌های ممکنه در پروژه را در برگیرد. مزیت استفاده از چک لیست شناسایی سریع و ساده ریسک‌ها می‌باشد اما باید در نظر داشت که تهیه لیستی کامل از تمامی ریسک‌ها تقریباً غیر ممکن است.

۲-۳-۳- آنالیز و ارزیابی ریسک

همانگونه که در شکل ۱-۱ نشان داده شد، آنالیز ریسک و ارزیابی ریسک به ترتیب مراحل ۳ و ۴ فرآیند مدیریت ریسک را شکل می‌دهند و شدیداً با هم در ارتباط‌اند. هدف از اجرای این دو مرحله به ترتیب تعیین احتمال وقوع و پیامدهای حاصل از هر ریسک و تعیین اولویت و درجه اهمیت هر ریسک به منظور شناسایی ریسک‌های بحرانی (ریسک‌هایی که به کنترل و مدیریت بیشتری نیاز دارند) می‌باشد. برای این منظور می‌توان از دو تکنیک زیر استفاده کرد (PMI®, 2000):

۱-۳-۳-۱- آنالیز کیفی ریسک^{۲۴}

آنالیز کیفی ریسک فرآیند ارزیابی احتمال و پیامد ریسک‌های شناسایی شده به صورت کیفی می‌باشد. قبل از هر توضیحی باید یادآوری شود که بزرگی (شدت) هر ریسک از حاصلضرب احتمال ریسک با پیامد حاصل از ریسک بدست می‌آید. احتمال ریسک یعنی احتمال وقوع ریسک و پیامد ریسک یعنی تاثیر آن بر روی اهداف پروژه در صورتیکه رخ دهد.

آنالیز کیفی ریسک نیازمند آن است که احتمال و پیامد ریسک‌ها با استفاده از روش‌ها و ابزارهای کیفی ارزیابی شوند. این فرآیند، ریسک‌ها را براساس تاثیر بالقوه‌ای که بر روی اهداف پروژه دارند، اولویت‌بندی می‌کند

²³ - Checklist

²⁴ Qualitative Risk Analysis

و نتایج بدست آمده از این ارزیابی ریسک‌هایی که نیازمند مدیریت بیشتری می‌باشند، مشخص می‌سازد. لازم است آنالیز کیفی ریسک در تمامی طول عمر پروژه بازنگری شود تا با تغییرات در ریسک‌های پروژه هماهنگ شود. تحلیل کیفی ریسک به داده‌های دقیق و غیرمتعصبانه نیاز دارد، استفاده از داده‌ها با دقت کم منجر به خطا شده و چنین تحلیلی کارآیی چندانی ندارد.

یکی از تکنیک‌های رایج آنالیز کیفی ریسک به منظور تعیین سطح کیفی آن، استفاده از ماتریس ریسک^{۲۵} می‌باشد. در این روش جهت تعیین احتمال و پیامد هر ریسک از واژه‌های توصیفی استفاده می‌شود. به عنوان مثال، شکل زیر ماتریس ریسکی را نشان می‌دهد که در آن برای توصیف احتمال ریسک از سه واژه خیلی محتمل^{۲۶}، محتمل^{۲۷} و غیرمحتمل^{۲۸} استفاده شده است همچنین برای توصیف پیامد سه واژه ناچیز^{۲۹}، متوسط^{۳۰} و شدید^{۳۱} به کار گرفته شده است. و به این ترتیب همانگونه که در شکل مشاهده می‌شود سطوح ریسک (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) مشخص شده‌اند. ریسک‌هایی با احتمال زیاد و پیامد شدید نیازمند توجه بیشتری می‌باشند و باید سریعاً کنترل و مدیریت شوند (نواحی مشخص شده با رنگ تیره در شکل ۱-۲) (Tweedale et al 1997). در فصل چهارم از این تکنیک برای بدست آوردن سطح ریسک معادن استفاده می‌شود.

پیامد احتمال	ناچیز	متوسط	شدید
خیلی محتمل	ریسک متوسط	ریسک زیاد	ریسک خیلی زیاد
محتمل	ریسک کم	ریسک متوسط	ریسک زیاد
غیرمحتمل	ریسک خیلی کم	ریسک کم	ریسک متوسط

شکل ۲-۲- نمونه ای از ماتریس ریسک (PMI®, 2000)

²⁵- Risk Matrix

²⁶- Very Likely

²⁷- Possible

²⁸- Unlikely

²⁹- Minor

³⁰- Medium

³¹- Severe

۲-۳-۳-۲- آنالیز کمی ریسک^{۳۲}

هدف از آنالیز کمی ریسک، تحلیل عددی^{۳۳} احتمال هر ریسک و پیامد آن بر روی اهداف پروژه می‌باشد. آنالیز کمی ریسک عموماً آنالیز کیفی ریسک را دنبال می‌کند و نیازمند شناسایی ریسک می‌باشد. آنالیز کمی و کیفی می‌توانند جداگانه یا با هم مورد استفاده قرار گیرند. نتایج حاصل از آنالیز کمی ریسک همانند آنالیز کیفی ریسک می‌تواند ریسک‌هایی که نیاز به کنترل و مدیریت بیشتری دارند، مشخص سازد. تکنیک‌ها و ابزارهای رایج آنالیز کمی ریسک عبارتند: (PMI®, 2000).

- **مصاحبه کردن:** تکنیک‌های مصاحبه‌ای برای تعیین مقدار احتمال و پیامدهای ریسک‌ها بر روی اهداف پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرند. یک مصاحبه ریسک با سهامداران پروژه و متخصصین ممکن است اولین قدم در تعیین کمی ریسک باشد. اطلاعات مورد نیاز بستگی به نوع توزیع احتمال^{۳۴} دارد که مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال، در توزیع مثلثی اطلاعات برپایه خوش بینی^{۳۵} و بدبینی^{۳۶} جمع آوری می‌شوند و محتمل‌ترین سناریوها^{۳۷} استفاده می‌شوند. معمولاً توزیع‌های پیوسته احتمال در تحلیل کمی ریسک استفاده می‌شوند که رایج‌ترین آنها عبارتند از: یکنواخت^{۳۸}، نرمال^{۳۹}، مثلثی^{۴۰}، بتا^{۴۱}، لاگ نرمال^{۴۲}.

³²- Quantitative Risk Analysis

³³- Analyze Numerically

³⁴- Probability Distribution

³⁵- Optimistic

³⁶- Pessimistic

³⁷- Likely Scenarios

³⁸- Uniform

³⁹- Normal

⁴⁰- Triangular

⁴¹- Beta

⁴²- Log Normal

- **تحلیل حساسیت^{۴۳}:** تحلیل حساسیت به تعیین اینکه چه ریسک‌هایی بیشترین تاثیر بالقوه را بر روی اهداف پروژه دارند، کمک می‌کند. براساس این تکنیک تاثیر هر یک از اجزای پروژه بر روی اهداف پروژه زمانی که سایر اجزای پروژه ثابت نگه داشته شده‌اند، تعیین می‌شود.
- **شبیه‌سازی^{۴۴}:** با استفاده از شبیه‌سازی پروژه می‌توان تاثیر بالقوه‌ی ریسک‌های شناسایی شده را بر روی اهداف پروژه مشاهده کرد. عموماً شبیه‌سازی پروژه با استفاده از تکنیک مونت کارلو^{۴۵} اجرا می‌شود.

۲-۳-۴- پاسخ به ریسک

- برنامه‌ریزی پاسخ در مقابل ریسک، فرآیند تهیه راه‌حل‌ها و واکنش‌هایی است که بمنظور کاهش تهدیدهای پیش روی اهداف پروژه انجام می‌شود. برنامه واکنش در مقابل ریسک باید متناسب با شدت ریسک، هزینه ناشی از رخداد ریسک، زمان و واقعیات پروژه بوده و به تأیید همه افراد درگیر برسد (PMI®, 2000).
- **اجتناب^{۴۶}:** تغییر برنامه‌ی مدیریت پروژه به شکلی که تهدید حذف شود و روی اهداف پروژه تأثیر نگذارد. این اقدام از نوع پیشگیرانه است.
 - **انتقال^{۴۷}:** انتقال مسئولیت مدیریت و پاسخ به تهدید به بخشی دیگر
 - **کاهش اثر ریسک^{۴۸}:** اجرای اقداماتی به منظور کاهش احتمال وقوع و یا تأثیر تهدید و یا هردو اقداماتی که برای استفاده بهینه از فرصت‌ها استفاده می‌شود عبارت‌اند از:
 - **بهره‌برداری از ریسک^{۴۹}:** این اقدام موازی اقدام اجتناب از ریسک است و در واقع هدف اجرای اقداماتی در

⁴³- Sensitivity Analysis

⁴⁴- Simulation

⁴⁵- Monte Carlo Technique

⁴⁶- Risk Avoidance

⁴⁷- Risk Transfer

⁴⁸- Risk Mitigation

⁴⁹- Risk Exploit

راستای ایجاد اطمینان از وقوع فرصت است.

- سهم کردن دیگران در ریسک^{۵۰}: تقسیم کردن فرصت یا بخشی دیگر که توان بیشتری در استفاده از فرصت را دارد.
- ارتقاء ریسک^{۵۱}: اجرای اقداماتی به منظور افزایش احتمال وقوع یا تأثیر فرصت و یا هردو اقداماتی که هم برای استفاده‌ی بهینه از فرصت‌ها و هم برای مهار تهدیدها استفاده می‌شوند عبارت‌اند از:
- پذیرش^{۵۲}: این روش ساده‌ترین روش برای رویارویی با ریسک می‌باشد. در این شرایط احتمال وقوع ریسک وجود داشته و میزان تأثیر ریسک بر روی پروژه در حدود تحمل تیم پروژه و سازمان می‌باشد.
- پاسخ/احتمالی: اقداماتی که تنها در صورتی اتفاقات خاصی به وقوع بپیوندد اجرا خواهند گردید.

۲-۳-۵- نظارت و کنترل ریسک

نظارت و کنترل ریسک فرآیندهای کنترل ریسک‌های شناسایی شده، نظارت بر ریسک‌های باقیمانده، تعیین ریسک‌های جدید، تضمین اجرای طرح‌های مقابله با ریسک و ارزیابی تأثیر آنها در کاهش ریسک را شامل می‌شود. نظارت و کنترل ریسک یک فرآیند مستمر در تمامی طول عمر پروژه می‌باشد. فرآیند نظارت و کنترل ریسک منجر به گردآوری مطالب مفیدی می‌شود که می‌توانند در گرفتن تصمیم‌های موثر فوری هنگام وقوع ریسک مفید واقع شوند. هدف از فرآیند نظارت و کنترل ریسک تعیین این است که آیا (Tweedale et al, 1997):

- طرح‌های مقابله با ریسک همانگونه که طراحی شده‌اند، اجرا می‌شوند.
- طرح‌های مقابله با ریسک به میزان مورد انتظار موثر هستند یا اینکه باید طرح‌های جدیدی برای کاهش ریسک‌ها توسعه داد.

⁵⁰- Risk Sharing

⁵¹- Risk Enhancement

⁵²- Risk Acceptance

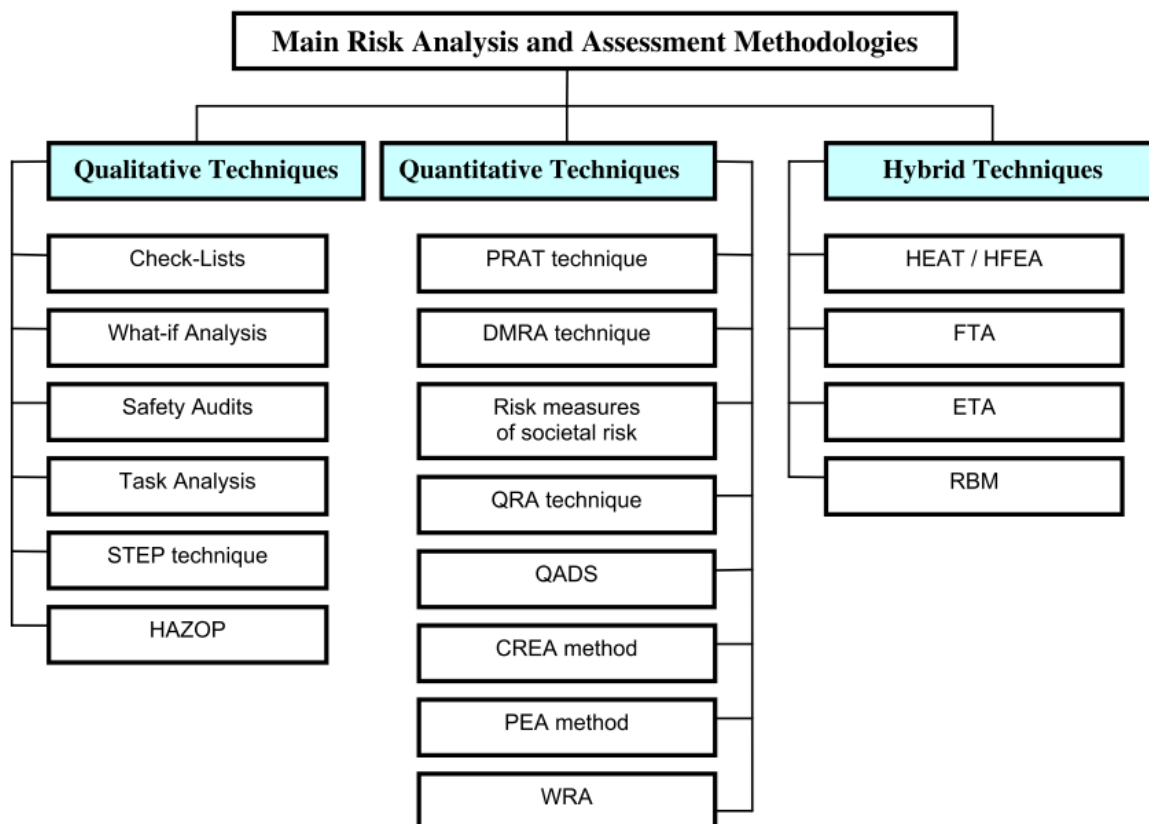
- ریسک‌های جدیدی رخ داده‌اند که قبلاً شناسایی نشده‌اند.

براساس استراتژی‌های جایگزین و طرح‌های جدید برای پاسخ به ریسک به کار گرفته شوند. حتی ممکن است با ظهور ریسک‌های جدید، چک لیستی که برای شناسایی ریسک‌های پروژه استفاده می‌شود دچار تغییر شود (PMI®, 2000).

۴-۲- مروری بر تکنیک‌های ارزیابی و آنالیز ریسک

بررسی‌های انجام شده در مطالعات متنوع نشان داده است که روش‌های ارزیابی و آنالیز ریسک در سه دسته کلی تقسیم می‌شوند؛ الف) روش‌های کیفی، ب) روش‌های کمی و ج) روش‌های مرکب (کمی - کیفی) (Marhavalas et al, 2011).

آنالیز کیفی ریسک فرآیند ارزیابی احتمال و پیامد ریسک‌های شناسایی شده به صورت کیفی می‌باشد. آنالیز کمی ریسک تحلیل عددی ریسک‌های پروژه و پیامدهای آن روی اهداف بلند مدت یک سیستم می‌باشد. تکنیک‌های مرکب پیچیدگی بزرگی بعلاوه خاصیت تک کاره بودنشان ارائه می‌دهند که از کاربرد وسیع آنها جلوگیری می‌کند. شکل ۲-۳ طبقه‌بندی روش‌های اساسی ارزیابی و آنالیز ریسک را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۳- طبقه‌بندی روش‌های اصلی ارزیابی و آنالیز ریسک (Marhavilas et al, 2011)

از بین روش‌های معرفی شده در شکل ۲-۳ بیشترین کاربرد در صنعت و معدن روش‌های کیفی می‌باشند چون اکثر روش‌های این مجموعه بر اساس تجربیات ارائه می‌شود. در ادامه از میان روش‌های کیفی و کمی ارائه شده در نمودار ۲-۳، تکنیک‌هایی که بیشترین کاربرد در صنعت و معدن را دارا هستند به آنها اشاره شده و توضیحاتی در مورد هر روش ارائه گردیده است.

۲-۴-۱- تکنیک‌های کیفی^{۵۳}:

روش‌های کیفی براساس فرایندهای تخمین تحلیلی و توانایی مهندسين - مدیران بنا شده است. در بعضی مواقع نتایج این روش‌ها مقدمه‌ای برای تکنیک‌های کمی و ترکیبی می‌باشد و در تحلیل این روش‌ها از ماحصل کیفی مدیران و مهندسين پروژه استفاده می‌شود. در ادامه، در رابطه با هر کدام از این تکنیک‌ها مختصری ارائه بیان می‌گردد.

⁵³ Qualitative techniques

۲-۴-۱-۱- چک لیست^{۵۴}:

آنالیز چک لیست یک ارزیابی سیستماتیک در برابر معیار از پیش تعیین شده در فرم یک یا چند چک لیست است که با اشاره به سوال‌هایی در مورد عملیات، سازمان‌دهی، نگهداری و دیگر نواحی برقرار کننده امنیت و ایمنی، ساده‌ترین روش بکاربرده شده برای شناسایی خطر را ارائه می‌دهد. خلاصه‌ای از مشخصات و خصوصیات این روش را می‌توان اینگونه بیان نمود؛

- (الف) قابل کاربرد روی هر سیستم و فعالیتی شامل مباحث تجهیزاتی و مباحث فاکتورهای انسانی،
- (ب) روشی سیستماتیک که یک دانش کلی در مورد سوال‌های چک لیست ارائه می‌دهد،
- (ج) بطور معمول توسط یک کارشناس خبره برای درک سوالات چک لیست و یا گاهی توسط یک گروه کوچک انجام می‌شود،
- (د) اغلب بر اساس مذاکره، مطالعه اسناد و نظارت زمینی بنا شده است،
- (ه) لیستی کیفی از تصمیمات تابع و غیر تابع با پیشنهادهایی برای تصحیح غیر تابع‌ها را تولید می‌کند،
- (و) کیفیت ارزیابی مقدماتاً توسط تجربه مردم تهیه کننده چک لیست و کارآموزی کاربران چک لیست تعیین می‌شود،
- (ز) برای آنالیز جزئی و یا سطح بالا مانند آنالیز مسبب اصلی (ریشه) بکاربرده می‌شود،
- (ی) بعنوان یک بخش تکمیل کننده روشی دیگر، مخصوصاً آنالیز What-if برای نشان دادن ابزارهای مخصوص استفاده می‌شود.

اگرچه آنالیز چک لیست در تشخیص خطرات سیستم پرکاربرد است اما این روش دو محدودیت نیز دارد؛

(الف) ساختار آنالیز چک لیست منحصراً بر شناخت ساختار درون چک لیست برای تشخیص مشکلات بالقوه تکیه دارد. اگر چک لیست یک بحث کلیدی را نشان ندهد دچار ضعف بزرگی می‌شود و

⁵⁴ Cheek List

ب) فقط اطلاعات کیفی تولید می‌کند. اغلب چک لیست نتایج کیفی تولید می‌کند و هیچ تخمین کمی از خصوصیات مربوط به ریسک را ارائه نمی‌دهد (Marhavalas et al, 2011).

۲-۴-۱-۲- آنالیز What-if :

این روش که کاربرد وسیعی دارد و تعیین می‌کند که چه عناصری از سیستم آسیب می‌بینند و پیامدهای موقعیت‌های اتفاق افتاده را تشخیص می‌دهد (Ayyub, 2003; Reniers et al., 2005).

مشخصات و خصوصیات اصلی این تکنیک بصورت مختصر در زیر آورده شده است:

- روشی سیستماتیک است اما بدون ساختار، متکی بر یک تیم کارشناسی مجرب.
- بطور معمول توسط یک یا چند تیم با تجارب و زمینه متفاوت بکار می‌رود که در جلسه مرور اسناد مشارکت می‌کنند.
- بعنوان یک روش ارزیابی ریسک سطح بالا و یا مسائل جزئی نیز بکار می‌رود.
- توصیفات کیفی مسائل بالقوه در فرم سوالها و جوابها، همچنین تهیه لیستی از پیشنهادات لازم برای مسائل بازدارنده ارائه می‌دهد.
- کیفیت ارزیابی وابسته به کیفیت اسناد، آموزش راهنمای تیم و تجربه تیم‌های بررسی کننده می‌باشد.
- برای هر نوع کاربرد آنالیز ریسک بکاربرده می‌شود.
- بعضی اوقات به تنهایی بکاربرده می‌شود ولی در اغلب مواقع بعنوان تکمیل کننده روش چک لیست بکار می‌رود.

فرایند کلی برای اجرای آنالیز What-if، شامل مراحل زیر می‌باشد:

- تعریف و ذکر دقیق مرزها
- تعیین مشکلات مدنظر که آنالیز بایستی نشان دهد (مشکلات ایمنی، بحثهای محیط زیستی، اثرات اقتصادی و..)

- هدف درون عناصر اصلی تقسیم می‌شود (مانند موقعیت مسیر آب، ریزسیستم‌ها). بنابراین آنالیز در این سطح انجام می‌شود.
- سوال‌های What-if برای هر عنصر سیستم یا فعالیتی مطرح می‌شود.
- به هر سوال جواب داده می‌شود و پیشنهادات مناسب برای بهبود موقعیتی که ریسک مشکلات بالقوه به نظر ناخوشایند می‌رسد، توسعه داده می‌شود.
- در مرحله بعدی اگر لازم باشد عناصر سیستم تقسیم شوند، مقطع برخی از عناصر درون سطوح متوالی کیفیت تا زمانیکه بخش فرعی بعدی، هیچ اطلاعات بارزش دیگری فراهم نکند واز کنترل تشکیلات تجاوز کند، فرآیند بهبود سازی انجام می‌شود. اصولاً هدف، کمینه کردن سطح لازم کیفیت برای ارزیابی می‌باشد.
- از نتایج برای تصمیم گیری استفاده می‌شود.

۲-۴-۱-۳- مطالعه خطر و احتمال پذیری خطر^{۵۵} (HAZOP)

روشی است که در آن خطرات از طریق تفکر پنداری و تخیل پردازی تشخیص داده می‌شوند. این روش دربرگیرنده یک سری آزمون‌های سیستماتیک اسناد طرح است که تاسیسات یا ساختمان تحت بررسی را توصیف می‌کند. تکنیک آنالیز HAZOP، فرایندی سیستماتیک است که برای، تشخیص انحرافات احتمالی از روند عادی عملیات و اطمینان از اینکه نگهدارنده‌های مناسب در موقعیت برای کمک به جلوگیری از حوادث وجود دارند، بکار می‌رود. تیم HAZOP تیمی منظم و چندمنظوره است که از کارشناسان با شناخت کامل از طراحی، عملیات و نگهداری عملکرد واحد صنعتی تشکیل شده است. بطور معمول، یک تیم ۶ عضوی شامل سرگروه، مهندس فرآیند، نماینده عملیات، نماینده ایمنی، مهندس کنترل سیستم و مهندس تعمیر و نگهداری توصیه می‌شود. اعضای تیم HAZOP سعی در تصویرنمودن مشکلات عملیاتی و خطرات ناشی از عملکرد واحد

⁵⁵ Hazard and Operability study

صنعتی دارند. برای پوشش تمام معایب محتمل در واحد صنعتی، تیم HAZOP یک مجموعه از کلمات راهنما برای انحرافات متغیر فرایند بکار می‌برند. مجموعه کلمات راهنمایی که اغلب استفاده می‌شوند عبارتند از: نه یا هیچ، بیشتر، کمتر، بخشی از و همچنین. این کلمات در هر خط یا واحد صنعتی برای متغیرهای فرایند بکار می‌رود. لیستی از کلمات راهنما همراه با پارامتر و مفاهیم‌شان در جدول ۱-۱ آورده شده است. تمام کلمات کلیدی برای تمام متغیرها بکار نمی‌رود. برای مثال وقتی متغیر مورد نظر دما است فقط کلمات بیشتر و کمتر انحرافات متغیر فرایند را معنی می‌بخشد.

جدول ۱-۲- لیست کلمات راهنما با مفاهیم‌شان (Khan et al, 1997)

کلمات راهنما	مفهوم
نه یا هیچ	نفی کلی در طراحی
بیشتر	افزایش کمی
کمتر	کاهش کمی
بخشی از	فقط بخشی از هدف برآورده شده است
همچنین	علاوه بر هدف طراحی، هموارسازی نیز اتفاق می‌افتد
بطور معکوس	مخالف منطقی هدف طراحی اتفاق می‌افتد
متفاوت	جانشینی کامل

برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح HAZOP یکی از فاکتورهای تعیین کننده برای بهتر شدن اثر و اعتبار نتایج می‌باشد (Ayyub, 2003; Baysari et al, 2008). خصوصیات اصلی روش بشرح ذیل می‌باشد:

- یک روش سیستماتیک با قدرت ارزیابی بالا متکی بر کلمات راهنمای HAZOP برای ایجاد یک بررسی جامع و اطمینان از اینکه محافظ‌های مناسب در موقعیت در مقابل بروز حوادث هستند.
- بصورت کلی توسط یک تیم منظم چندمنظوره بکاربرده می‌شود.
- قابل کاربرد برای هر سیستم و فرآیند

روش HAZOP نتایج کیفی تولید می‌کند اگرچه برخی کمی‌سازی نیز محتمل است.

• ۲-۴-۲- تکنیک‌های کمی

براساس تکنیک‌های کمی، ریسک می‌تواند بعنوان یک کمیت بررسی شود که توسط یک رابطه ریاضی تخمین زده شده و بر اساس داده‌های تصادفی ثبت شده در محیط کار بیان می‌شود. انواع روش‌های پرکاربرد این تکنیک‌ها در ادامه آمده است.

۲-۴-۲-۱- تکنیک ارزیابی ریسک نسبی^{۵۶} (PRAT)

این روش به عنوان یک روش نسبی برای محاسبه ریسک حاصل از خطر بکار می‌رود. ریسک محاسبه شده عواقب بالقوه یک حادثه، فاکتور فرکانس و فاکتور احتمال را شامل می‌شود (Fine et al, 1971).

$$R = P.S.F \quad (1)$$

در این رابطه R ریسک، P فاکتور احتمال، S فاکتور شدت خطر و F، فاکتور فرکانس است. این رابطه یک سیستم منطقی برای مدیریت ایمنی در اجرای اولویت‌ها برای اطلاع از موقعیت‌های خطرناک تولید می‌کند. صحت این اولویت‌ها یا این تصمیمات تابعی از صحت تخمین پارامترهای P، S است و این پارامترهای ظاهراً خیلی ساده، نیازمند جمع آوری اطلاعات، مشاهده مکان کار و بحث با کارگران در مورد فعالیت‌شان می‌باشند (Reniers et al., 2005). هر فاکتور در معادله ذکر شده مقادیری در مقیاس ۱-۱۰ می‌گیرد بنابراین R می‌تواند در مقیاس ۱-۱۰۰۰ بیان شود. جدول ۱-۲ رابطه مقدار R با سطح ضرورت فعالیت‌های مورد نیاز را نشان می‌دهد.

⁵⁶ The proportional risk-assessment technique

جدول ۲-۲- درجه بندی مقدار ریسک در رابطه با سطح ضرورت مورد نیاز (Marhavalas et al, 2008)

سطح ضرورت فعالیت‌های مورد نیاز	مقدار ریسک (R)
فعالیت سریع	۷۰۰-۱۰۰۰
فعالیت مورد نیاز قبل از یک روز	۵۰۰-۷۰۰
فعالیت مورد نیاز قبل از یک ماه	۳۰۰-۵۰۰
فعالیت مورد نیاز قبل از یک سال	۲۰۰-۳۰۰
فعالیت سریع نیاز نیست ولی نیاز به مراقبت رویداد می‌باشد	۲۰۰ <

۲-۲-۴-۲- تکنیک ارزیابی ریسک ماتریس تصمیم^{۵۷} (DMRA)

این تکنیک، روشی سیستماتیک برای تخمین ریسک‌هایی که شامل اندازه‌گیری و طبقه‌بندی ریسک‌ها بر اساس احتمال و پیامد آن است، ارائه می‌دهد. شدت (S) و احتمال (P) معیاری از ریسک تولید می‌کنند که بفرم معادله زیر نشان داده می‌شود:

$$R = S.P \quad (2)$$

وقتی خطرات تشخیص داده می‌شوند، موضوع تغییرات شدت و احتمال بایستی مطرح شود. سرانجام تکنیک با تشکیل ماتریس ریسک (جدول ۳) در قسمت الف و جدول تصمیم‌گیری (۳) در قسمت ب عملی می‌شود. تکنیک DMRA دو مزیت کلیدی دارد: ریسک‌ها را می‌تواند در ساده نمودن تصمیم‌گیری تفکیک کند و ثبات و اساس تصمیم را بهبود می‌بخشد. بنابراین این روش یک روش گرافیکی و کمی است که می‌تواند به مدیران در اولویت‌بندی و سازمان‌دهی ریسک‌های اصلی کمک کند (Marhavalas et al, 2008).

⁵⁷ The decision matrix risk-assessment technique

جدول ۲-۳- تکنیک ارزیابی ماتریس تصمیم، الف) ماتریس ریسک و ب) جدول تصمیم‌گیری (Marhavilas, 2008)

امتیاز احتمال خطر (P)						
۱	۲	۳	۴	۵	۶	امتیاز شدت نتایج (P)
۶	۱۲	۱۸	۲۴	۳۰	۳۶	۶
۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵	۳۰	۵
۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۲۴	۴
۳	۶	۹	۱۲	۱۵	۱۸	۳
۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۲
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۱

۱۸-۳۶	غیر قابل قبول	
۱۰-۱۶	نامطلوب	
۵-۹	قابل قبول با کنترل	
۱-۴	قابل قبول	

۲-۴-۲- شبیه‌سازی مونت کارلو

زمانی که یک مدل تابعی از چندین متغیر است سه روش برای تعیین کمی عدم قطعیت مرتبط با مدل امکانپذیر است (You et al., 2005): آنالیز قطعی^{۵۸}، آنالیز حساسیت^{۵۹} و شبیه‌سازی. در آنالیز قطعی، میانگین مقادیر متغیرها به عنوان داده ورودی برای شبیه‌سازی مدل استفاده می‌شوند. مقادیر در نظر گرفته شده در این روش به تنهایی هیچ اطلاعاتی در مورد تغییرپذیری متغیرهای ورودی نمی‌دهند. در آنالیز حساسیت تنها یک پارامتر به صورت سیستماتیک تغییر می‌کند در حالیکه سایر پارامترها ثابت نگه داشته می‌شوند. اگر چه این روش ساده باعث فهم تأثیر هر پارامتر بر رفتار کلی مدل می‌شود، اما یک خروجی با کاربرد عملی محدود تولید می‌کند. در روش شبیه‌سازی، نمونه‌ها به طور مکرر از توابع چگالی احتمال^{۶۰} متغیرها گرفته می‌شوند و برای محاسبه خروجی یک مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند البته تا زمانی که توزیع آن با یک دقت مطلوب به دست آید. این روش به عنوان شبیه‌سازی مونت کارلو شناخته می‌شود.

⁵⁸- Deterministic analysis

⁵⁹- Sensitivity analysis

⁶⁰- Probability density functions

روش شبیه‌سازی مونت کارلو برای تولید متغیرهای تصادفی برای یک مدل که تابعی از چندین متغیر است به کار می‌رود. در این روش، تعداد وسیعی از مقادیر برای هر متغیر به طور تصادفی انتخاب می‌شود و محاسبات مدل به طور مکرر با هر مقدار تصادفی تولید شده اجرا می‌شود. محدوده مقادیر برای پارامترهای ورودی عموماً یا از تغییرپذیری طبیعی آماری یا از فقدان آگاهی در مورد پارامترها که ناشی از داده‌های نا کافی می‌باشد، ناشی می‌شود. که این مورد آخر (فقدان آگاهی)، عدم قطعیت^{۶۱} و مورد اولی تغییرپذیری^{۶۲} پارامتر نامیده می‌شود (Shorter et al., 1997). سرانجام پس از اجرای شبیه‌سازی یک توزیع از مدل به عنوان خروجی به دست می‌آید. این توزیع، عدم قطعیت در نتایج خروجی ناشی از عدم قطعیت در پارامترهای ورودی را ارائه می‌کند. تابع چگالی احتمال خروجی مدل الزاماً شبیه به توابع در نظر گرفته شده برای پارامترهای ورودی نمی‌باشد. این امر به خاطر ماهیت غیر خطی ارتباط بین ورودی-خروجی در مدل‌های پیچیده است. اگر چه روش شبیه‌سازی مونت کارلو اغلب به عنوان یک روش تقریبی مورد انتقاد است ولی با افزایش تعداد شبیه‌سازی‌ها می‌توان یک توزیع با دقت مطلوب به دست آورد. نقایص این روش، تعداد محدود مقادیر تصادفی تولید شده و همچنین افزایش زمان محاسبات به دلیل تکرار می‌باشد (Cuny et al, 1999).

۲-۵- تابع توزیع

به عقیده باری^{۶۳} در سال ۱۹۹۰ بیش از ۳۰ تابع توزیع تئوریک وجود دارد که در حالات مختلف با موفقیت انجام شده است (Bari, 1990). تابع توزیع مجموعه‌ای از احتمالات ممکن از یک رخداد غیر قطعی است که برای بررسی تغییرات پارامترهای غیر قطعی و پیش بینی رفتار این پارامترها در مدل‌سازی و شبیه‌سازی سیستم‌های دارای عدم قطعیت به کار گرفته می‌شود. هر تابع توزیع خصوصیات آماری و احتمالی را که مستقیماً وابسته به پارامترهای متغیر است، اندازه‌گیری می‌کند. به عبارتی دیگر نحوه تغییرات یک متغیر یا مجموعه‌ای از

^{۶۱}- Uncertainty

^{۶۲}- Variability

^{۶۳} Bari

داده‌ها در غالب این متغیر به کمک توابع توزیع قابل تشریح است و در واقع برای بیان توزیع آماری داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. توابع توزیع شامل دو عنصر هستند، که با آنها شناخته می‌شوند. این دو عنصر نام تابع و پارامترهای تابع توزیع می‌باشند. نوع توزیعی که استفاده می‌شود، توسط نام تابع معرفی می‌شود و پارامترهای توزیع، آنچه را که برای ارائه توزیع احتیاج دارد، در اختیار می‌گذارند. این پارامترها در اکثر توابع متفاوت هستند. به عنوان مثال تابع توزیع نرمال^{۶۴} از مقدار متوسط و انحراف معیار داده‌ها بهره می‌گیرد. لیستی از انواع این توزیع‌ها در جدول ۲-۴ آمده است. توابع توزیع مهمی که در مدیریت ریسک بکاربرده می‌شود، پواسون، نرمال و توزیع بتا می‌باشند.

نرم افزارهای مختلفی برای برازش داده‌ها و تعیین توابع توزیع استفاده می‌شوند، Best Fit یکی از این نرم افزارها است، که به راحتی نصب و اجرا می‌شود. نمودارهای مختلفی در این نرم افزار، هنگام برازش به نمایش در می‌آید. این نمودارها کمک می‌کنند تا مشخص شود که آیا توزیع‌های به دست آمده با اطلاعات ورودی برازش دارند یا خیر. در این بین، نمودارهای احتمال- احتمال^{۶۵} (P-P) و چارک- چارک^{۶۶} (Q-Q) برای سنجش کیفیت برازش تابع توزیع به داده‌ها به کار می‌روند و اگر برازش مناسب باشد، این نمودارها تقریباً خطی خواهند بود (فام، ۱۳۸۸)

۲-۶- ارزیابی ریسک در صنعت معدن

ارزیابی تصادفی از احتمال ریسک و تعیین دقیق روش‌های کنترل احتمال خطر در کارهای معدنی برای کاهش هزینه‌ها امری ضروری است (Sari, 2002). در این تحقیق برای مدل‌سازی تصادفی از دو متغیر تصادفی فراوانی حادثه و شدت حادثه استفاده شده است. تعداد حوادث اتفاق افتاده در هر سال تحت عنوان فراوانی

⁶⁴ Normal Distribution

⁶⁵ Probablity- Probablity

⁶⁶ Quantile- Quantile

حادثه مشخص می‌شود و تعداد روزهای از دست رفته در هر حادثه تحت عنوان شدت حادثه مشخص می‌شود، که این دو متغیر اجزای اصلی ماتریس ریسک را تشکیل می‌دهند.

محاسبه ریسک بر اساس داده‌ها و اطلاعات گذشته به آسانی قابل درک بوده و اغلب یک روش مطمئن به حساب می‌آید. زمانی که شدت حوادث قابل اندازه‌گیری باشد و احتمال وقوع حوادث را بتوان با استفاده از داده‌های گذشته تعیین کرد، می‌توان یک ارزیابی ریسک انجام داد. آنالیز کمی از داده‌های حوادث و آسیب‌ها، به منظور اندازه‌گیری سطح ریسک در معادن معمولاً از طریق دو شاخص زیر انجام می‌گیرد (Brancoli, 1983): نرخ تکرار حوادث^{۶۷} (AFR) و نرخ شدت حوادث^{۶۸} (ASR)

شاخص نرخ فراوانی حوادث و نرخ شدت حوادث از روابط زیر محاسبه می‌شوند (Brancoli, 1983):

$$AFR = \frac{\text{تعداد کل حوادث}}{\text{کل ساعات کاری}} * 1000000 \quad \quad ASR = \frac{\text{تعداد روزهای از رفته دست}}{\text{کل ساعات کاری}} * 1000$$

AFR عبارت است از رابطه بین تعداد حوادث نسبت به تعداد ساعات کاری کارگران. AFR از تقسیم تعداد حوادث (ضربدر ۱۰۰۰۰۰۰) رخ داده در طول یک دوره زمانی مشخص نسبت به تعداد ساعات کاری کارگرانی که در طول همان دوره دچار حادثه شده‌اند، محاسبه می‌شود. نرخ شدت حوادث (ASR) از طریق نسبت تعداد روزهای کاری از دست داده (ضربدر ۱۰۰۰) تقسیم بر تعداد ساعات کاری همه افراد شامل محاسبه می‌شود. مدیریت ایمنی و بهداشت معادن آمریکا، همین روش را با مقداری تغییر در ثابت‌های آن به تصویب رسانده است (Anon, 1990). میزان حوادث تحت عنوان تعداد صدمات برحسب ۲۰۰۰۰۰ ساعت کاری تعریف می‌شود و شدت حوادث برحسب تعداد روزهای کاری از دست رفته در ۲۰۰۰۰۰ ساعت کاری اندازه‌گیری می‌شود. عدد ۲۰۰۰۰۰ به طور استاندارد برای ۱۰۰ کارگر که به صورت تمام وقت به اندازه ۴۰ ساعت در هفته و ۵۰ هفته در سال کار می‌کنند، استفاده می‌شود. ممکن است با مقایسه این شاخص‌ها در طی چندین سال برای یک دوره یا

⁶⁷ Accident Frequency Rate

⁶⁸ Accident Severity Rate

دوره‌های مختلف در یک سال خاص برای به دست آوردن یک دید کلی از سطح ایمنی استفاده شود (Anon, 2006; BLS, 2007). معدن کاری هرگز از نظر ایمنی و بهداشت حرفه‌ای نمی‌تواند مطلق باشد، زیرا همیشه درجه‌ای از عدم قطعیت با توجه به نوع و میزان تاثیرات جانبی می‌تواند وجود داشته باشد. بنابراین به نوعی باید عدم قطعیت در بروز حادثه را در کمی سازی ریسک دخالت داد. این امر با استفاده از روش شبیه‌سازی امکان پذیر است.

۲-۷- مدل احتمالی از داده‌های حوادث

ارزیابی ریسک شامل دو مرحله مجزا می‌باشد: الف) ارزیابی کمی ریسک، که شامل برآورد احتمال (برای مثال فراوانی حوادث) و پیامدهای ناشی از خطرات می‌شود ب) شناسایی کیفی، توصیف و رتبه بندی خطرات (Vose, 2000). رامانی^{۶۹} در سال ۱۹۹۰ بیان کرد، اصطلاح حادثه برای توصیف موقعیت خطرناک در معدن به کار می‌رود و حادثه ممکن است به دلایل اعمال نایمن، محیط نایمن و یا عوامل غیر منتظره رخ دهد (Sari, 2002). به طور خلاصه گام‌های اساسی روش تجزیه و تحلیل تصادفی ریسک بر اساس این روش شامل موارد زیر می‌باشد:

- ارزیابی احتمال وقوع حادثه (AFR)
- تعیین شدت حوادث (ASR)
- تلفیق احتمال و شدت حوادث با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو
- تعیین سطح ریسک بر اساس شدت و احتمال
- پیش بینی با استفاده از تحلیل سری‌های زمانی
- روش‌های مدیریت و کنترل ریسک

⁶⁹ Ramani

۸-۲- پیش بینی حادثه

پیش‌بینی حادثه یعنی پیش‌بینی وضعیت ایمنی بر اساس مشاهدات و اطلاعات جمع آوری شده و در دسترس. به منظور آنالیز روند حادثه یا تشخیص و تعیین پتانسیل منابع خطر ساز، پیش‌بینی حادثه اهمیت بسیار بالایی دارد. روش‌های پیش‌بینی اصولاً روش‌های کمی‌اند اما آنالیز کیفی، کم و بیش نقشی در فرایند آنالیز، مدل‌سازی و پیش‌بینی حادثه بازی می‌کند. روش‌های کمی معمولاً به دو گروه اصلی روش‌های پیش‌بینی سری زمانی (مانند سری‌های زمانی، زنجیره مارکف، مدل خاکستری و شبکه‌های عصبی) و روش‌های پیش‌بینی مبتنی بر رابطه علی و معلولی (مانند آنالیز سناریو، روش رگرسیون و شبکه‌های بیزین) طبقه‌بندی می‌شوند (Zheng and Liu, 2009). در ادامه این فصل به بعضی از این روش‌های پرکاربرد اشاره می‌شود.

۸-۲-۱- روش‌های پیش‌بینی حوادث^{۷۰}

۸-۲-۱-۱- آنالیز سناریو^{۷۱}

آنالیز سناریو یک فرایندی از آنالیز رویدادهای محتمل آینده با توجه به چندین سناریو مختلف می‌باشد. پیشرفت حادثه بر اساس فعل و انفعالات بین سیستم ایمنی و محیط آن تغییر می‌کند. حتی برای یک محیط یکسان حوادث می‌توانند با سناریوهای متفاوت باشند. در یک سناریوی مشخص برخی رویدادهای خطا بصورت مداوم رخ می‌دهند و همبستگی بین رویدادهای خطا شاید بوجود آید. برای پیش‌بینی انواع خطا و احتمالات، آنالیز سناریو که می‌تواند مفهوم موقعیتی یک حادثه را درک کند بکار برده می‌شود (e.g., Jung, Yoon, & Kim, 2001; Luxhoj, 2002; Tsai & Su, 2004). در کاربرد عملی پیش‌بینی حادثه، آنالیز سناریو اغلب با روش‌های دیگر پیش‌بینی ترکیب می‌شود.

⁷⁰ Accident forecasting methods

⁷¹ Scenario analysis

آنالیز سناریو می‌تواند سناریوها و احتمالات اختصاص داده شده به آنها را پیش‌بینی و همچنین فاکتورهایی که سبب یک حادثه می‌شوند را تشخیص دهد. بسته به پیچیدگی مسئله می‌تواند یک آزمایش طاقت‌فرسا باشد. (Nivolianitou et al, 2004). نیوولیانی‌تو و همکاران سه روش آنالیز حادثه را مقایسه کردند و دریافتند که شبکه‌های پتری، نمایش مدت/زمان بهتری از یک توسعه حادثه ارائه می‌دهند در حالیکه درخت‌های رویداد عوامل را بهتر ارائه می‌دهد و درخت‌های شکست رویدادهای اولیه‌ای که آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. برای کاهش هزینه آنالیز و جلوگیری از تاکید بی فایده بر روی سناریوهای معتبر در هزینه سناریوهای معتبر، خان و عباسی ۱۹۹۷ و ۱۹۹۹ آنالیز حادثه معتبر بیشینه (MCA) که از آنالیز سناریو استنتاج می‌شود، را ارائه دادند (Khan et al, 1997, 1999). علاوه بر این، خان، حوسین و عباسی (۲۰۰۲) آنالیز درخت شکست احتمالاتی و آنالیز حادثه معتبر بیشینه را در بدست آوردن یک روش جدید برای یک ارزیابی ایمنی مناسب، موثق، و واقع‌گرایانه ترکیب کردند. این روش (آنالیز درخت شکست احتمالاتی، ایمنی، حادثه معتبر)^{۷۲} SCAP نامیده شده است (Khan et al, 2002).

۲-۸-۱-۲- روش رگرسیون^{۷۳}

مدل پیش‌بینی رگرسیون بر اساس قانون توزیع نمونه‌های گذشته برای ارائه بهترین برازش به داده‌ها برقرار شده است. در مدل رگرسیون متغیر غیرمستقل بعنوان یک تابعی از متغیرهای مستقل، پارامترهای مشابه و ترم خطا، $Y = f(X, \beta) + \varepsilon$ مدلسازی می‌شود. بدان وسیله یک حدسی در مورد فرم تابع معادله رگرسیون باید در وهله اول ایجاد شود. بر اساس انواع تصادفات می‌توان مدل خطی، مدل نمایی، مدل توانی، مدل لگاریتمی، مدل چندجمله‌ای و از این قبیل بکار برده می‌شود. بعضی اوقات فرم تابع رگرسیون مشخص است. وقتی که این تابع معلوم نباشد بایستی با سعی و خطا آن را تولید کرد. اگر متغیر وابسته یک شمارشی از رویدادهای کمیاب در یک مدت زمانی معین است، رگرسیون دوجمله‌ای منفی یا پواسون در مدل کردن داده‌ها بکاربرده می‌شود. مدل

⁷²Safety, Credible, Accident, Probabilistic fault tree analysis

⁷³ Regression method

پواسون یک مدل لاگ-خطی است که به فرم $Ln(E(Y)) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p$ می‌باشد و میانگین فرکانس حادثه $\lambda = E(Y)$ است. یک خصوصیت مدل پواسون این است که میانگین آن معادل واریانس آن است که آن را در شرایطی که واریانس مشاهده شده بزرگتر از میانگین است نامناسب می‌سازد. در این موارد مدل دوجمله‌ای منفی (NB) استفاده می‌شود (Maher et al, 1997). با این حال این دو توزیع وقتی که تصادفات محل صفر زیادی مشاهده شود غیر قابل کاربردند. بنابراین فرایندهای احتمالی در صفر دگرگون شده مانند مدل پواسن در صفر متورم شده (ZIP) و مدل دوجمله‌ای (ZINB) در این مورد پیشنهاد می‌شود (Shankar, et al, 1997 & Mannering). مدل‌های دوقوعیتی صریحاً فرایند موقعیت صفر را از فرایند داده-شمارش جدا می‌کند. در برنامه‌ریزی ایمنی شدت-صدمه تصادفات درون سطوح زیادی طبقه‌بندی شده‌اند. فرکانس‌های حادثه هر سطح شدت می‌تواند با جدایش مدل‌های دوجمله‌ای منفی پیش‌بینی شوند. متأسفانه، این قبیل روش احتمالاً خطاهای تخمین معنی‌داری معرفی می‌کنند چون که فرض بر این است که فاکتورهای مسبب رخداد یک حادثه در سرتاسر خروجی‌های شدت مستقل‌اند. در حقیقت وقتی فرکانس یک سطح شدت تغییر می‌کند، فرکانس‌های سطوح دیگر نیز بطور مشابه تغییر می‌کند. در این رابطه ملیتون، شانکر و مانرینگ در سال ۲۰۰۸ یک مدل منطقی ترکیبی بکار بردند (Milton et al, 2008).

۲-۸-۱-۴- مدل خاکستری^{۷۴}

یک سیستم به عنوان یک واحد سفید تعریف می‌شود اگر اطلاعات در آن شناخته شده باشد، در غیر این صورت یک سیستم واحد سیاه خواهد بود اگر هیچ چیزی در آن واضح نباشد. پیش‌بینی این مدل، تخمینی بر اساس تئوری خاکستری تولید می‌کند که بین یک سیستم سفید و یک سیستم سیاه است. بر عکس روش‌های پیش‌بینی دیگری که به یک سری داده‌های کمی در تنظیم بهتری از متغیرهای تصادفی نیاز دارند، تئوری

⁷⁴ Grey model

خاکستری یک توالی داده‌های جدیدی از طریق تکنیک عملیات تولیدی تجمعی^{۷۵} (AGO) تولید می‌کند. کاربرد تکنیک AGO این است که نویز را با تبدیل داده‌های مبهم سری زمانی اصلی به سری‌های زمانی یکنواخت کاهش می‌دهد. روش پیش‌بینی خاکستری اغلب برای حوادث با اطلاعات نامشخص و کم اهمیت به کار برده می‌شود (Mao et al, 2006).

۲-۸-۱-۵- شبکه‌های عصبی^{۷۶}

مدل‌های پیش‌بینی بالا همگی بر اساس رابطه تعریف شده از قبل بین متغیرهای مستقل و وابسته می‌باشند. اگر این فرضیه نقض شود، مدل می‌تواند به تخمین همراه با خطای احتمال حادثه روبرو شود (Chang, 2005). در مقابل شبکه‌های عصبی ساختگی^{۷۷} (ANNs)، که می‌تواند روابط غیر خطی بین ورودی‌ها و خروجی‌های یک ساختار جعبه سیاه را برازش کند به عنوان یک ابزار قوی برای پیش‌بینی حوادث مطرح می‌شود. کاربردهای شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی حوادث به دو نوع مد تفکیک می‌شود: پیش‌بینی روند^{۷۸} و پیش‌بینی رابطه بین علت و معلول^{۷۹}.

در مورد اولی جین و کومار (۲۰۰۷) نشان دادند که داده‌های سری زمانی همچنین نیاز است که برای تولید پیش‌بینی‌های دقیق‌تر پایا باشند (Jain et al, 2007). بنابراین مراحل آنالیز سری‌های زمانی از قبیل روندزدایی و فصل‌زدایی لازم است که قبل از ارائه به تدریج داده‌های سری زمانی در شبکه‌های عصبی انجام شود. در نوع دوم پیش‌بینی یک سری از فاکتورهای تأثیرگذار مربوط به حادثه به عنوان ورودی‌ها استفاده می‌شود. در این حالت این در اندازه‌گیری سهم هر متغیر شرحی می‌تواند موثر باشد. در ابتدا بر اساس آنالیز نفوذ متغیرهای ورودی بر خروجی‌ها (Gevrey et al, & Lek, 2003)، متغیرهای ورودی که پایین یک حد آستانه ثابتی هستند،

⁷⁵accumulated generating operation

⁷⁶ Neural networks

⁷⁷ artificial neural networks

⁷⁸trend forecasting

⁷⁹causality forecasting

از شبکه بیرون گذاشته می شوند. دوماً اوزان شبکه می توانند آشکارا تفسیر شوند. از طرف دیگر ناتوانی شبکه-های عصبی در توصیف و تعدیل خودشان یک محدودیت بزرگ در کاربردها است. سوماً جدایش شبکه های عصبی بر اساس تغییر اهمیت فاکتورها با تغییر سطح حادثه توسعه داده می شوند. مارخام و راکس (۱۹۹۸) دریافتند (Markham et al, 1998) که اجرای شبکه های عصبی برای مسائل رگرسیون خطی و سطح نویز وابسته است. در یک مسئله واقعی خصوصیات داده ها به سختی قابل تشخیص هستند. از این رو بررسی یک سری زمانی مرکب از ساختار خود همبسته خطی و مولفه غیر خطی منطقی می باشد. ژانگ (۲۰۰۳) ARIMA را برای مدل کردن مولفه خطی و سپس شبکه های عصبی را برای مدل کردن باقیمانده های مدل ARIMA که فقط شامل رابطه غیر خطی هستند به کار برد (Zhang, 2003).

۲-۸-۱-۶- شبکه های بیزین^{۸۰} (BN)

شبکه های بیزین یک مدل گرافیکی احتمالاتی بر اساس قضیه بیز است. با تعیین یک شبکه احتمالاتی BN می تواند رابطه ای بین فاکتورهای مختلف را کمی سازی و توصیف نماید. این فاکتورها که مستقیم یا غیر مستقیم مربوط به حادثه می شوند که خیلی پیچیده و نامعلوم هستند مخصوصاً زمانی که ایمنی و فاکتورهای رفتار انسانی را در بر گیرند. مدل BN در پیش بینی یا تشخیص دلایلی که بیشترین تاثیر بر حوادث را دارند، توسعه داده شده است. فرایندهای مسائل عملی، پیچیده و قابل تغییر نسبت به زمان هستند. شبکه های بیزین سنتی نمی توانند یک مکانیزم واضحی برای نمایش وابستگی های زمانی ایجاد کنند. راهکارهای متعددی در تحقیقات قبلی پیشنهاد شده است. نئوفل و همکارانش احتمالات را به عنوان تابعی از زمان ارائه دادند. محققین در سال ۱۹۹۸ هر گره شبکه را متشکل از دو بخش بررسی کردند؛ مقدار وضعی متغیر تصادفی و فاصله زمانی مربوط به تغییر موقعیت. بنابراین هر رابطه ای نیاز به شناختی دارد که احتمالات یا موقعیت ها نسبت به زمان چطور تغییر می کنند. وابستگی زمانی برخی متغیرهای تصادفی که یک فرایند مارکوف را دنبال می کنند، می تواند درون یک

⁸⁰ Bayesian networks

شبکه بیزین دینامیک^{۸۱} (DBN) بیان شود. ساختار DBN شامل، برش‌های انی زیادی که نسخه‌های چندگانه گره‌ها و اتصالات در شبکه استاتیک را حفظ می‌کند و منحنی‌های جهت‌داری که متغیرها را در برش‌های زمانی مختلف متصل می‌کنند، می‌شود.

۲-۸-۱-۷- روش سری زمانی^{۸۲}

روشهای سری زمانی داده‌های سری زمانی گذشته بعنوان اساس تخمین پیامدهای آینده بکار می‌برد. داده‌های سری زمانی یک توالی از مشاهدات در نقاط مختلف زمانی است. پدیده مشاهده شده احتمالاً یک فرایند تصادفی ذاتاً یا یک فرایند تصادفی گماشته اما فرایندی نویزی باشد. بصورت عمومی فاکتورهایی که در تغییرپذیری سری زمانی تاثیر دارند می‌توان درون ۴ دسته تقسیم نمود؛ فاکتور روند ترم طولانی، فاکتور فصلی، فاکتور نوبتی و فاکتور بی‌نظمی. بر اساس این تجزیه روش سری زمانی گروهی از روشهای بهم چسبیده تولید می‌کند از قبیل روش تعدیلات بازرگانی، زوش میانگین متحرک، روش خود رگرسیون و روش برازش تابع. مدل رگرسیون با زمان هنگام متغیر مستقل می‌تواند برای پیش‌بینی سری زمانی از طریق برازش منحنی استفاده شود. با این تفاوت که روشهای سری زمانی بر اساس همبستگی بین داده‌های سری زمانی هستند. برای پیش‌بینی حادثه مدل‌های معمول هموارسازی نمایی و ARIMA و VAR^{۸۳} استفاده می‌شوند که در ادامه مدل ARIMA بیان می‌گردد.

۲-۸-۱-۷- ARMA, ARIMA

در طی چند دهه اخیر روش‌های متنوعی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی توسعه داده شده است، از میان این روش‌ها، روش‌های مدل‌سازی ARMA (بخش خودهمبسته^{۸۴} (AR) و بخش میانگین متحرک^{۸۵} (MA)) به

⁸¹ dynamic Bayesian networks

⁸² Time-series method

⁸³ Vector Autoregression Model

⁸⁴ Autoregressive

⁸⁵ Moving average

خوبی شناخته شده‌اند. ARMA (Box, Jenkins & Reinsel) که در اغلب موارد ترکیبی از یک بخش خودکاهنده و بخش میانگین متحرک است، سعی در حل دو مسئله را دارد؛ یکی از این مسائل آنالیز خصوصیات پایایی، ظاهری و فصلی سری‌های زمانی است و دیگری انتخاب مدل می‌باشد. مدل ARMA اساس آن، قضیه ثابت شده‌ای است که سری‌های زمانی برای پیش‌بینی حادثه با استفاده از یک فرایند تصادفی پایا با میانگین صفر به کار می‌برد. بنابراین برای سری‌های زمانی غیر پایا نیاز به ساختن یک گام متفاوت اولیه‌ای، برای حذف ناپایایی است. روش تعمیم یافته، ARIMA نامیده می‌شود. در پیش‌بینی حادثه برخی تحقیقات ARMA را برای تصحیح خطا به کار برده‌اند، یک مثال توسط گاندی و هوو نمایش داده شده است. در مثال آنها یک معادله متفاوتی برای ارائه مکانیزم حادثه با پارامترهای متغیر نسبت به زمان استفاده شده است و فرایند ARMA نوین سفید در مدل کردن معادله خطا به کار برده شده است. مثال دیگری ترکیب یک مدل رگرسیون و مدل ARIMA را توسط ون نشان می‌دهد (Van den Bossche et al, 2004). وقتی مدل رگرسیون برای داده‌های سری زمانی به کار برده می‌شود، ضرایب خطا اغلب خود هم بسته می‌شوند. در رگرسیون با خطاهای خود هم بسته شده، خطاها احتمالاً محتوی اطلاعاتی هستند که توسط متغیرهای توضیحی (شرحی) تصرف نشده‌اند. ARIMA در مدل کردن این اطلاعات برای اینکه اثر متغیرهای شرحی در متغیر وابسته بتواند با قابلیت اطمینان بیشتری تخمین زده شود، به کار می‌رود. مقادیر مشاهده شده از سری‌های زمانی حادثه اغلب توسط رویداد غیر منتظره و خطا تحت تأثیر می‌باشند. رویدادهای غیر منتظره در عمل به صورت متوالی اتفاق می‌افتند و می‌توانند پیامد های خطرناکی داشته باشند. برای بررسی اثرات این رویدادها در مدل، برخی روش‌های آماری مانند آنالیز نفوذ، به کار برده می‌شود (McLeod & Vingilis, 2008). آنالیز نفوذ یک شاخه ای از مدل ARIMA است که مطالعه تغییر در اندازه و ساختار داده‌های سری زمانی را میسر می‌سازد. در ادامه این فصل مدل ARIMA بیشتر توضیح داده می‌شود، همچنین از این مدل در فصل پنج به عنوان مدل پیش‌بینی داده‌های حوادث آینده استفاده شده است.

۹-۲- پیش‌بینی با استفاده از مدل $ARIMA$

باکس^{۸۶} و جنکینز^{۸۷} روش‌های جدیدی برای پیش‌بینی بنیان نهاده‌اند که از نظر تکنیکی به روش $ARIMA$ شهرت یافته است. بزرگترین حسن این مدل‌ها، کاربرد آنها برای پیش‌بینی است، زیرا در این مدل‌ها تنها از وقفه‌های متغیر وابسته و پسماند استفاده می‌شود (شیرین بخش و همکاران، ۱۳۸۴).

۹-۲-۱- فرآیند AR

اگر یک متغیر به صورت زیر مدل‌سازی شود:

$$Y_t = \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \mu_t$$

در این حالت Y_t از یک فرایند $AR(P)$ یا فرایند خودرگرسیون از مرتبه P تبعیت می‌کند. در این نوع مدل‌های داده‌ها اطلاعات خودشان را بازگو می‌کند.

۹-۲-۲- فرآیند MA

اگر یک متغیر به صورت زیر مدل سازی شود:

u مقدار ثابت و U جمله خطا است. این مدل شامل یک مقدار ثابت و یک میانگین متحرک از جملات خطای جاری و گذشته است. در این حالت می‌گویند، متغیر Y_t از فرایند میانگین متحرک مرتبه q یا $MA(q)$ تبعیت می‌کند. فرایند خودرگرسیون میانگین انباشته $ARIMA$ پیروی می‌کند. در این فرایند، احتمالاً یک سری زمانی Y هر یک یا هر دو ویژگی فرایند AR, MA را دارا می‌باشد که این فرایند را $ARIMA$ می‌نامند و به صورت نشان داده می‌شود:

$$Y_t = \Theta + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \beta_0 U_t + \beta_1 U_{t-1} + \beta_2 U_{t-2} + \dots + \beta_q U_{t-q}$$

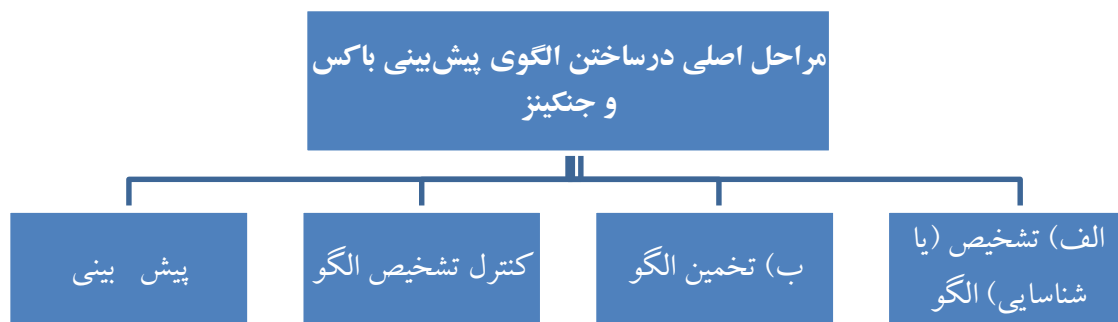
⁸⁶-Box

⁸⁷Jenkins

بطور کلی فرایند $ARIMA(p, d, q)$ شامل d مرتبه تفاضل برای ایستایی، p مرتبه جمله خود رگرسیونی و q مرتبه جمله میانگین متحرک انباشته است.

۲-۹-۳- روش باکس- جنکینز

مراحل اصلی در ساختن الگوی پیش‌بینی باکس و جنکینز در شکل ۴-۲ خلاصه شده‌است.



شکل ۴-۲: مراحل اصلی در ساختن الگوی باکس و جنکینز

استفاده از مدل $ARIMA$ شامل مراحل زیر می‌شود:

• تشخیص^{۸۸}

در این مرحله هدف، تعیین مقادیر واقعی p, d, q می‌باشد. برای این منظور از ابزار نمودار همبستگی و همبستگی جزئی استفاده می‌شود. در این نمودار اگر خود همبستگی در وقفه‌ها از انحراف معیار بیرون زده باشد

⁸⁸-Identification

و به عبارتی آماره موردنظر در وقفه‌ها غیر صفر باشد، سری زمانی از فرآیند MA پیروی می‌کند و چنانچه همبستگی جزئی در وقفه‌ها از انحراف معیار بیرون‌زده باشد سری زمانی مورد نظر از فرایند AR تبعیت می‌کند.

• تخمین

بعد از مرحله تشخیص به تخمین پارامتر مدل پرداخته می‌شود. گاهی اوقات برای تخمین پارامتر از روش حداقل مربعات استفاده می‌شود اما زمانی که مدل نسبت به پارامترها غیرخطی باشد، روش غیرخطی معمول است.

• کنترل تشخیص^{۸۹}

این مرحله برای بررسی نیکویی برازش که آیا مدل انتخابی مناسبترین مدل برای توصیف داده‌ها است می‌باشد یا خیر انجام می‌شود، زیرا که ممکن است یک مدل $ARIMA$ دیگری نیز وجود داشته باشد.

برای پاسخ به این پرسش می‌توان به صورت زیر عمل نمود:

- اگر باقیمانده حاصل از مدل دارای اختلال سفید (نبود یک روند سیستماتیک) باشد می‌توان به عنوان یک مدل خوب مورد پذیرش قرار گیرد.
- براساس نمودار همبسته‌نگار و اعمال وقفه مناسب (به اندازه ۱/۳ مشاهدات) اگر هیچکدام از وقفه‌ها از انحراف معیار بیرون نزده باشد می‌توان به مناسب بودن مدل $ARIMA$ پی برد.
- همچنین اگر چند مدل از ویژگی‌های دو مورد قبل برخوردار باشد برای انتخاب بهترین آن می‌توان مدلی را که آماره آکائیک و شوارتز کمتر داشته باشد را عنوان یک مدل مناسب انتخاب کرد.

^{۸۹} Diagnostic checking

• پیش‌بینی

یکی از دلایل محبوبیت و گستردگی استفاده از مدل‌های ARIMA توانایی و موفقیت آن در پیش‌بینی می‌باشد. در ادامه این فصل ابتدا ایستایی و آزمون‌های مربوط به آن بررسی، و در ادامه مراحل مدل‌سازی با استفاده از داده‌های شرکت البرز شرقی اجرا می‌شود و در نهایت پیش‌بینی تعداد حوادث و روزهای از دست رفته به عنوان خروجی ثبت خواهد شد.

۲-۹-۴- ایستایی^{۹۰}

یک متغیر سری زمانی ایستا است در صورتیکه میانگین و واریانس داده‌ها در طول زمان ثابت و مقدار کوواریانس بین دو دوره زمانی تنها به فاصله وقفه‌های بین دو دوره بستگی داشته و ارتباطی به زمان واقعی محاسبه کوواریانس نداشته باشد، در غیر این صورت غیر ایستا

$$\begin{aligned} E(y_t) &= \mu \\ \text{var}(y_t) &= E(y_t - \mu)^2 = \sigma^2 \\ \gamma_k &= E(y_t - \mu)(y_{t+k} - \mu) \end{aligned}$$

می‌باشد.

علت این مطلب این است که در صورت غیر ایستا بودن داده‌های سری زمانی، آزمون‌های متعارف که بر پایه t, F, χ^2 می‌باشند؛ مورد تردید قرار می‌گیرند. برای اجتناب از این مشکل، در بررسی سری زمانی همواره یک آزمون پیش‌فرض در نظر گرفته می‌شود که به آزمون ایستایی و غیرایستایی معروف می‌باشد. برای بررسی مسئله غیرایستایی از روشهای مختلفی استفاده می‌شود که یکی از روشها استفاده از نمودار همبسته نگار می‌باشد. معمولاً متغیرها بصورت لگاریتمی تعریف می‌شوند، این عمل جهت بهبود برازش مدل انجام می‌گیرد.

^{۹۰}stationarity

در فصل پنجم به منظور پیش‌بینی متغیرهای حادثه در شرکت البرز شرقی از روش سری زمانی مدل ARIMA و با استفاده از نرم افزار Eviews7 استفاده شده است.

۲-۱۰- بررسی علل حوادث شغلی در معادن زیرزمینی

۲-۱۰-۱- انواع حوادث شغلی در معادن زیرزمینی

حوادث معادن زغال سنگ بر اساس عواملی همچون سقوط از ارتفاع، جبهه کار، میله یا پایه و ... خطای کارگران و ماشین آلات، وسایل حمل و نقل، جابجایی ابزارها و نگهدارنده‌ها، سقوط اشیاء و انفجار مواد منفجره، انفجار گاز متان، خفگی و آتش‌سوزی در اثر گازهای طبیعی، احتراق و آتش‌سوزی زیرزمینی، هجوم آب و برق گرفتگی و ... کلاس بندی می‌شود (Anon, 1975). حوادث مختلفی در بخش معادن زغال سنگ که روش استخراج آن‌ها زیرزمینی می‌باشد، قابل بحث و گفتگو می‌باشند. معمولاً معادنی که استخراج آن‌ها به روش سنتی صورت می‌گیرد، منشأ اغلب حوادث، فرد می‌باشد. حوادث در این معادن بسیار متعدّدند. در زیر ابتدا به تعدادی از خطرات اتفاق افتاده در معادن زغال سنگ پرداخته شده و در ادامه عوامل حادث شدن آن‌ها، بیان می‌شود.

- خطر افتادن از ارتفاع‌های مختلف مانند پله جبهه کار
- خطر برخورد سنگ، جوب و ابزار پرتاب شده با اعضاء بدن
- خطر ریزش و رها شدن ناگهانی زغال زیر پله و جبهه کار
- خطر ریزش کمر بالا در جبهه کار
- خطر استنشاق گازهای گریزو، CO₂، CO
- خطر مسمومیت ناشی از گاز
- خطر پرتاب زغال
- خطر برخورد با اجسام ثابت، مانند بونکرها، آرک‌ها، لارده‌ها، و ...
- خطر برخورد با اجسام متحرک، مانند لوکوموتیو، واگن و ...

- خطر ناشی از تنفس گرد و غبار زغال
- خطر زمین خوردن و سر خوردن هنگام تردد در مسیر تونل و اکلون با شیب زیاد
- خطرات ناشی از پارگی ناگهانی شیلنگ‌های هوای فشرده و عدم مهار آنها
- خطرات ناشی از ریزش سقف
- خطر خود سوزی زغال
- خطر آتش سوزی
- خطر ناشی از انفجار مواد ناریه
- خطر ناشی از تولید صدا و ارتعاش هنگام کار با پیکور و پتک
- خطرات ناشی از استرس‌های کار
- و ...

و سپس عواملی که باعث حادثه می‌شوند عبارتند از:

- تجهیزات فرسوده معدن پشکلات (تونل مادر) از مجموعه طزره
- عدم آگاهی کامل نیروهای تازه استخدام شده از کار در شرایط سخت
- چرخشی نبودن شغل‌ها در معادن و دل زدگی پرسنل شاغل در سخت‌ترین نقاط معدن علی‌الخصوص تونل مادر
- عدم توجه به هشدارهای اتفاق افتاده در سینه کارهای استخراج مانند صدای چوب سقف و ...
- چال‌های عمل نکرده در اثر فرآیند انفجار
- خود سوزی زغال
- مریضی‌های ناشی از کار در معادن زغال
- عدم نصب و یا نصب نامناسب استحکامات
- عدم استفاده از کمربند برای گروه برق در ارتفاعات حین کار
- لق گیری نامناسب
- عدم استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مانند دستکش، چکمه و ..
- سستی کمر بالا
- وجود آب در کارگاه‌های استخراج
- عجله کارگران حین کار
- بی توجهی کارگران به موانع جلو و سقف، مانند آرک، چوب، واگن و ...
- فشار لایه‌ها حین چوب بست کاری
- گسل خوردگی لایه‌ها

- سهل انگاری‌های زیاد کارگران در شیب‌های بالا حین کار علی‌الخصوص در معدن کلاریز
- گاز خیزی معادن در بعضی لایه‌ها علی‌الخصوص در معدن رضی
- ضعیف بودن و معیوب بودن لوله‌های تهویه در بعضی نقاط علی‌الخصوص در تونل مادر
- اطمینان نداشتن از پشت لایه و بررسی نکردن گاز لایه‌های زغال
- تصاعد آنی
- استفاده از وسایل کالیبره نشده اندازه گیری گاز زغال یا معیوب
- عدم بررسی گزارشات روزانه
- خستگی فرد شاغل
- اعتماد به نفس کاذب افراد با تجربه و استاد کارها در برخورد با بحران‌ها و شرایط خاص
- تخریب کابل‌های برق در اثر افتادن و بی احتیاطی کارگران حین کار
- عدم برخورد جدی با کارگران و مسئولین بی احتیاط

در ادامه راجع به ایمنی و وظایف پرسنل یک معدن در بخش ایمنی مختصری بیان می‌گردد.

۲-۱۰-۲- وظایف گروه ایمنی و نجات

از جمله وظایف گروه ایمنی و نجات می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اندازه گیری گازهای داخل تونل اعم از قسمتهای فعال و غیر فعال
- آشنایی کامل داشتن با ورودی و خروجی تونل که اگر قسمتی از سینه کار یا تونل و ... ریزش کرده باشد بتوانند موقع حادثه افراد داخل تونل را سریع و به موقع نجات دهند.
- گزارش نویسی از موقعیت تونل و استحکامات طوری که فعالیت دستگاهها طبق پاسپورت ویژه خود باشد. مثلاً لوکوموتیوران بایستی یک نفر باشد و یا کارگر همراه واگن حرکت نکند و یا کسی سوار نوار نقاله نشود و یا اگر خطر ریزش سنگ وجود داشته باشد و یا چنین احتمالی باشد گزارشی به مسئول ایمنی و نجات داده شود.

۲-۱۱- جمع بندی

در این فصل ابتدا مبانی مدیریت ریسک بیان شد و سپس به شرح هریک از فرآیندهای مدیریت ریسک از جمله برنامه‌ریزی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، آنالیز ریسک، ارزیابی ریسک، پاسخ به ریسک و نظارت و کنترل ریسک پرداخته شد. در ادامه راجع به روش‌های کمی و کیفی پر کاربرد در حوزه ارزیابی ریسک مختصری بیان و سپس تکنیک‌های پیش‌بینی به بحث گذاشته شد. در فصل چهارم این پایان‌نامه از تکنیک کمی شبیه‌سازی مونت کارلو و کیفی ماتریس ریسک بمنظور تحلیل و ارزیابی ریسک حوادث شغلی در معادن شرکت البرز شرقی استفاده شده است و در فصل پنجم نیز با استفاده از تکنیک سری زمانی (مدل ARIMA) متغیرهای حادثه پیش‌بینی می‌شوند.

فصل سوم

شناسایی و تحلیل آماری حوادث معادن زغال سنگ البرز شرقی

۳-۱- مقدمه

امروزه در سرتاسر دنیا حوادث از جمله مسائل مهم به شمار می‌آیند. طبق آمار منتشر شده از سوی سازمان بهداشت کار^{۹۱} (ILO) سالانه ۱۲۰ میلیون حادثه در محیط کار رخ می‌دهد، که ۲۱۰ هزار مورد آن منجر به فوت می‌شود. بر اساس گزارش سازمان بهداشت کار میزان مرگ و میر ناشی از حوادث، ۱۴ نفر در هر ۱۰۰/۰۰۰ نفر حادثه دیده می‌شود (WHO, 2011). بر اساس اطلاعات مرکز تحقیقات ملی ایمنی و بهداشت شغلی^{۹۲} (NIOSH)، تقریباً سالیانه ۵۴۰۰ مرگ و میر ناشی از حوادث شغلی در آمریکا رخ می‌دهد، که متأسفانه بیشترین سهم این مرگ و میرها به معدنکاری اختصاص دارد. با توجه به میزان بالای حوادث در سطح دنیا، تنها ۱۵-۵ درصد نیروی کار، به خدمات بهداشت حرفه‌ای (در محل کار) دسترسی دارند. در بررسی که توسط پزشکان طب کار در ایتالیا روی حدود ۳ میلیون از کارکنان شاغل در ۹ حرفه و ۸ صنعت انجام گرفت، بیشترین حوادث ناشی از کار مربوط به کارگران مربوط به شاغل در معادن بود (NIOSH).

در بررسی انجام شده در کشور چین که عمده‌ترین تولید کننده زغال سنگ در دنیا است، نتایج به دست آمده از سوی سازمان‌های جهانی بهداشت و کار، میزان مرگ و میر حوادث شغلی در سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۰ به ترتیب ۱۱/۹۴ و ۱۱/۲۶ در هر ۱۰۰/۰۰۰ کارگر بوده است، که نشانگر کاهش مرگ و میر در این سال‌ها می‌باشد (Tony, 2001). در دومین کنگره بین‌المللی ایمنی شغلی و بهداشت که در سال ۲۰۰۴ در کشور چین برگزار شد، اعلام گردید که حوادث شغلی در این کشور به دلیل نظارت کامل اداره ایمنی و بهداشت شغلی^{۹۳} (OSHA)، و تصویب اجرای قوانین مربوط به ایمنی و بهداشت و ایجاد موسسه پیشگیری از حوادث کاهش یافته است (Suvi et al. 2004). طبق گزارشات سازمان بهداشت حرفه‌ای کار کشور زامبیا، افزایش روند حوادث به خصوص در معادن زیرزمینی در بخش استخراج در سال‌های ۲۰۰۵-۲۰۰۷ نشان داد که میزان مرگ و میر

^{۹۱}ILO: International Labor Organization^{۹۲}National Institute Occupational Safety and Health^{۹۳}Occupational Safety and Health Administration

۱۱۱ نفر به ازای ۱۰۰/۰۰۰ کارگر و تعداد حوادث ۵/۵ به ازای هر ۱۰۰۰ کارگر در سال می‌باشد (Prudonce et al. 2011).

۲-۳- جمع آوری داده‌های حوادث شرکت البرز شرقی

همانطور که در بخش ۲-۶ بیان گردید، حوادث شغلی منشا مختلفی دارند. معادن مربوط به شرکت البرز شرقی نیز حوادثی از قبیل برخورد با اجسام متحرک، سقوط از ارتفاع، ریزش، انفجار، گازگرفتگی، زمین خوردن و سر خوردن، پیچ خوردگی، خفگی، و ... حوادث غالب هستند. داده‌های حوادث به کار رفته در این تحقیق از شرکت زغال سنگ البرز شرقی گرفته شده است که یکی از تولیدکننده‌های اصلی زغال در کشور می‌باشد. این داده‌ها در برگیرنده نام، سن و سابقه کار مجروح، زمان، محل و نوع آسیب، بخش آسیب دیده و تعداد حوادث و روزهای کاری از دست رفته می‌باشد که در بازه زمانی سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ در ۳ مجموعه طزره، رضی و تخت ثبت شده است. در این بررسی از دو مورد تعداد حوادث و روزهای کاری از دست رفته استفاده شده است. میزان آسیب‌های ثبت شده شرکت البرز شرقی طی ۱۱ سال گذشته، از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ حدود ۱۷۵۶ آسیب گزارش شده است. ۹۹۱ حادثه مربوط به شاغلین شرکت و ۷۶۵ مورد مربوط به پیمانکاران می‌باشد. پیامد این حوادث منجر به از دست رفتن روزهای کاری شرکت می‌شود، که در این رابطه نیز سهم شاغلین شرکت ۶۲۹۶ روز و سهم پیمانکاران ۴۰۴۸ روز کاری می‌باشد. متوسط شاغلین شرکت ۱۳۰۰ نفر و متوسط پرسنل پیمانکار ۱۲۷۵ نفر می‌باشد. بر اساس تولید نیز میانگین تولید پیمانکاران در هر سال ۲۵۵۴۰ تن و میانگین تولید شاغلین شرکت ۲۲۴۴۳ تن می‌باشد. مجموعه طزره نیز خود شامل ۴ معدن می‌باشد که در برگیرنده بیشترین حوادث شغلی می‌باشند. در این پایان نامه از دو متغیر تعداد حوادث شدید (منجر به از دست رفتن روز کاری و ایجاد هزینه اضافه در سیکل کار) و تعداد روزهای از دست رفته (پیامد هر حادثه شدید)

بمنظور مدل سازی ریسک استفاده شده است. جدول ۳-۱ داده های ریسک مربوط به گروه های استخراجی شامل پیمانکاران و شاغلین شرکت در سالهای ۸۰ تا ۹۰ را نشان می دهد.

جدول ۳-۱: داده های ورودی مربوط به گروه های استخراجی (شرکت البرز شرقی، ۱۳۹۰)

پیمانکاران		شاغلین شرکت		سال
روز های از دست رفته	تعداد حوادث	روز های از دست رفته	تعداد حوادث	
۴۷۷	۹۴	۶۶۷	۷۶	۱۳۸۰
۳۵۰	۵۸	۶۶۵	۱۱۰	۱۳۸۱
۳۲۴	۵۰	۷۵۰	۱۰۳	۱۳۸۲
۲۹۷	۴۳	۵۴۲	۱۴۰	۱۳۸۳
۲۵۰	۲۵	۴۹۰	۶۸	۱۳۸۴
۵۲۰	۱۰۷	۵۵۷	۱۲۸	۱۳۸۵
۳۵۶	۵۹	۷۸۴	۱۶۱	۱۳۸۶
۴۶۷	۹۳	۷۰۱	۷۰	۱۳۸۷
۳۴۲	۸۵	۳۲۸	۳۱	۱۳۸۸
۳۰۷	۸۱	۴۵۲	۵۲	۱۳۸۹
۳۵۸	۷۰	۳۶۰	۵۲	۱۳۹۰

آمار حوادث کل شرکت و روزهای از دست رفته در اثر حوادث شدید در جدول ۳-۲ آمده است.

جدول ۳-۲: آمار کل حوادث شرکت البرز شرقی (شرکت البرز شرقی، ۱۳۹۰)

سال	کل روزهای از دست رفته	فوت	تعداد کل حوادث شدید	تعداد کل حوادث
۸۲	۱۰۷۴	۰	۱۵۳	۲۸۹
۸۳	۸۳۹	۲	۱۸۳	۳۰۱
۸۴	۷۴۰	۸	۹۳	۲۷۱
۸۵	۱۰۷۷	۰	۲۳۵	۳۹۵
۸۶	۱۱۴۰	۲	۲۲۰	۳۴۱
۸۷	۱۱۶۸	۱	۱۶۳	۲۸۷
۸۸	۶۷۰	۲	۱۱۶	۲۶۰
۸۹	۷۵۹	۰	۱۳۳	۲۴۹
۹۰	۷۱۸	۰	۱۲۲	۲۵۵
جمع کل	۱۰۳۴۴	۲۲	۱۷۵۶	۳۳۰۵

جداول ۳-۳ و ۳-۴ نیز آمار بر اساس نوع حادثه و به تفکیک سال بیان شده است.

جدول ۳-۳: آمار تعداد حوادث بر اساس نوع حادثه

سال	گیر کردن بین دو جسم سخت	سقوط از ارتفاع	ریزش سقف	زمین خوردن در سطح همکف	انفجار	گاز گرفتگی	برق گرفتگی	برخورد، ضربه و تصادف با اجسام و وسایل در حال حرکت	برخورد با اجسام رها شده و پرتاب شده
۱۳۸۰	۸	۵	۲۶	۱۱	۱	۷	۲	۱۴	۱۰۲
۱۳۸۱	۶	۳	۱۱	۲	۱	۶	۱	۸	۱۳۵
۱۳۸۲	۱۰	۲	۲۱	۵	۰	۷	۰	۸	۱۰۹
۱۳۸۳	۶	۵	۵	۱۲	۱	۵	۱	۲۴	۱۰۹
۱۳۸۴	۴	۲	۹	۳	۰	۲	۰	۵	۶۸
۱۳۸۵	۱۶	۱۴	۲۵	۶	۱	۲	۰	۲۱	۱۴۲
۱۳۸۶	۱۴	۴	۲۱	۳	۰	۵	۰	۱۴	۱۷۱
۱۳۸۷	۹	۴	۱۷	۵	۴	۶	۱	۱۱	۱۳۱
۱۳۸۸	۱۱	۱	۱۱	۲	۰	۳	۰	۷	۹۱
۱۳۸۹	۹	۱۴	۱۱	۷	۱	۱	۲	۶	۹۲
۱۳۹۰	۸	۸	۸	۹	۰	۴	۱	۸	۸۷

آمار روزهای از دست رفته کاری در اثر حوادث شدید، در جدول ۳-۴ آمده است.

جدول ۴-۳: آمار روزهای از دست رفته بر اساس نوع حادثه

سال	گیر کردن بین دو جسم سخت	سقوط از ارتفاع	ریزش سقف	زمین خوردن در سطح همکف	انفجار	گاز گرفتگی	برق گرفتگی	برخورد، ضربه و تصادف با اجسام و وسایل در حال حرکت	برخورد با اجسام رها شده و پرتاب شده
۱۳۸۰	۱۰۲	۵۰	۱۴۴	۶۴	۱۴	۳۴	۸	۱۰۶	۶۲۲
۱۳۸۱	۴۴	۳۰	۷۶	۱۰	۵	۲۴	۳	۷۰	۷۵۳
۱۳۸۲	۵۹	۱۵	۱۱۵	۳۱	۰	۳۳	۰	۶۲	۷۵۹
۱۳۸۳	۲۴	۲۲	۲۰	۴۸	۵	۲۱	۵	۹۴	۴۴۲
۱۳۸۴	۲۴	۱۵	۶۵	۲۳	۰	۱۵	۰	۲۳	۴۷۰
۱۳۸۵	۸۷	۳۱	۶۵	۱۴	۳	۵	۰	۶۷	۷۳۰
۱۳۸۶	۵۶	۲۴	۶۹	۳	۰	۹	۰	۳۳	۸۳۶
۱۳۸۷	۴۳	۲۱	۷۲	۲۷	۰	۲۱	۶	۵۲	۸۱۲
۱۳۸۸	۶۴	۱۹	۴۸	۱۰	۰	۱۳	۰	۳۱	۴۸۵
۱۳۸۹	۴۲	۶۴	۴۱	۳۸	۴۵	۱۰	۲۱	۲۹	۴۶۹
۱۳۹۰	۴۳	۴۱	۳۴	۵۰	۰	۳۷	۶	۴۵	۴۶۲

۳-۳- تحلیل آماری حوادث شغلی

داده‌های حوادث معادن مورد مطالعه، مجموعه‌ای کامل از تمامی پارامترهای لازم برای تفسیر آماری

داده‌ها (حوادث) بوده که متغیرهای زیادی را شامل می‌شوند. در ابتدای امر حوادث معادن بصورت ماهیانه آنالیز

شده و تعداد حوادث در هر ماه بصورت هیستوگرام رسم شده است. سپس از بین چندین پارامتر که مربوط به حادثه می‌شود، ۵ مورد انتخاب گردیده و بصورت مقایسه‌ای بصورت هیستوگرام‌هایی در اشکال مختلف نمایش داده شده است. از بین فاکتورهای سن، سابقه کار، تحصیلات، محل حادثه، عضو حادثه دیده، ساعت وقوع حادثه، علت حادثه و، ۵ مورد علت، محل حادثه، سطح سواد، سن و سابقه کار کارگران حادثه دیده مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این فصل در نظر است که داده‌های سه معدن طزره، رضی و تخت مورد بررسی قرار گیرد و یک نمایش کلی از حوادث بصورت سالیانه ارائه شود.

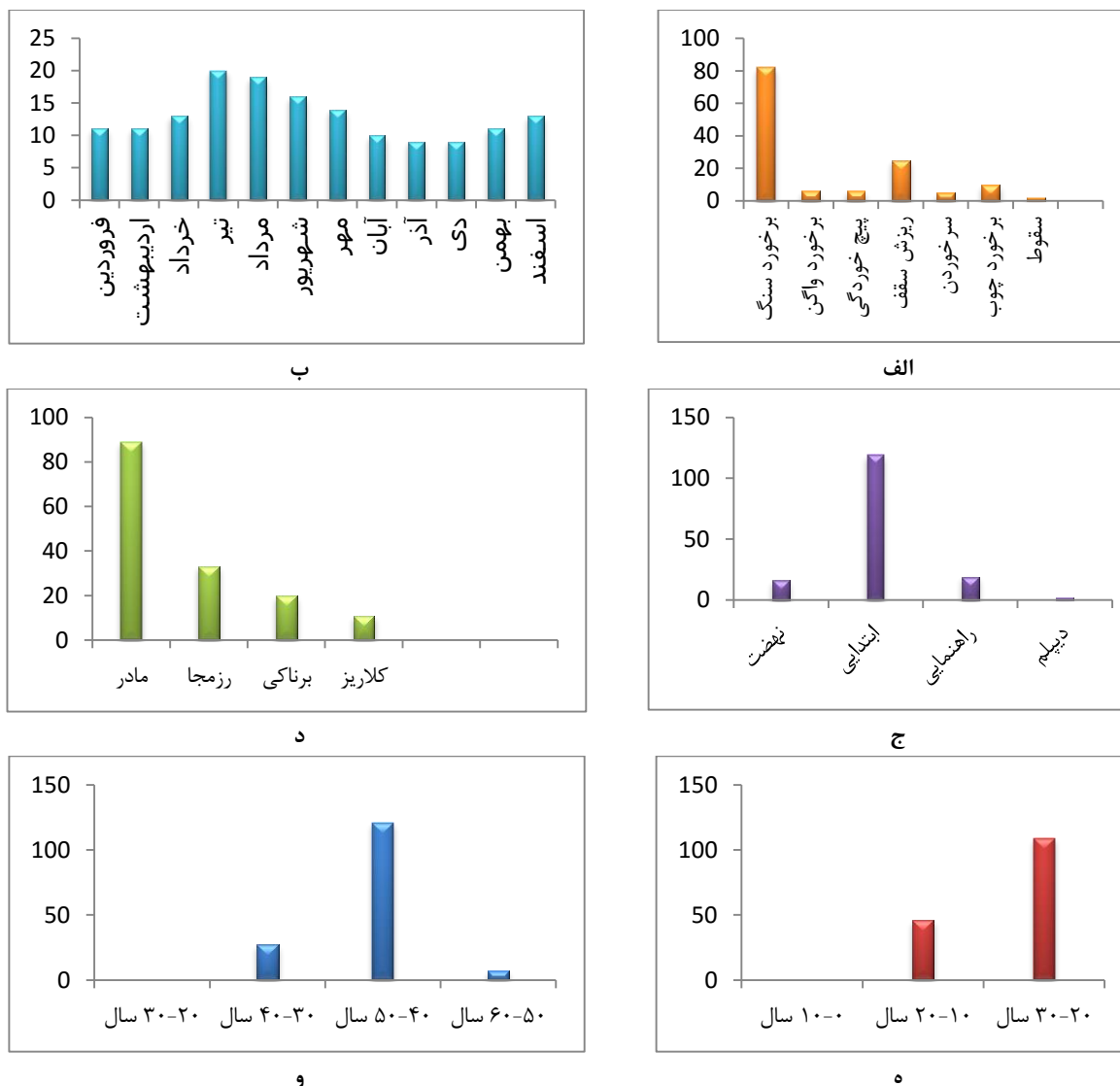
۳-۳-۱- بررسی آمار حوادث شغلی معدن طزره

منطقه طزره در موقعیت ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه طول، و عرض ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه جغرافیایی قرار دارد. منطقه طزره در مناطق سردسیر و کوهستانی جنوب رشته کوه های البرز واقع شده است. متوسط ارتفاع منطقه ۲۲۰۰ متر می‌باشد و هوای سرد، پوشش گیاهی فقیر و محدودیت منابع انسانی و انرژی از ویژگی‌های خاص این منطقه بوده است. طزره در فاصله ۷۰ کیلومتری شهرستان شاهرود واقع می‌باشد. شهرستان شاهرود با بیش از ۲۰۰ هزار نفر جمعیت پرجمعیت‌ترین شهر استان و از اصلی‌ترین مراکز فعالیت معدنی شمال شرق کشور به حساب می‌آید، اسکان و تردد پرسنل به منطقه طزره عمدتاً از شاهرود و شهرستان مجاور، دامغان انجام می‌گیرد. از لحاظ زمین‌شناسی، منطقه طزره از مناطق زغال خیز تریاس- ژوراسیک است، امتداد لایه‌های آن شرقی- غربی می‌باشد که از غرب به منطقه کلاریز و از شرق به منطقه رزمجا محدود می‌شود. از لحاظ چینه‌شناسی این منطقه خصوصیات کلی رسوبات طزره را حفظ می‌کند و تنها تغییرات، در ضخامت لایه‌ها است. بر روی رسوبات آهکی- دولومیتی سازند الیکا رسوبات تریاس- ژوراسیک سازند شمشک با شیبی به طرف شمال و امتدادی شرقی- غربی قرار گرفته است. رسوبات سازند شمشک نیز به بخش‌های اکراسر، طزره، شیرین‌دشت و دانسريت تقسیم می‌گردد. بخش زغال‌دار طزره با کنتاکت پیوسته هم‌شیب بر روی بخش اکراسر قرار دارد. به طور کلی تشکیلات رسوبی منطقه طزره رسوبات ساحلی هستند که بیشتر از ماسه سنگ‌های میکا و رس‌دار،

شیل‌ها، آرژلیت و زغال یعنی سنگ‌های نرم و لغزنده تشکیل شده‌اند و این باعث شده است که نیروهای تکتونیکی تغییرات زیادی در آن‌ها به وجود آورد. در اواسط سال ۱۳۴۸ برای اولین بار ناحیه زغال‌خیز طزره توسط زمین‌شناسان ایرانی و شوروی سابق مورد بررسی مقدماتی قرار گرفت. در اواخر همان سال تیم اکتشافی جهت مطالعه دقیق‌تر در دامغان مستقر گردیدند. بعد از آن گسترش منطقه طزره با حفر ترانشه‌های سراسری شروع و نتایج اولیه نشان‌گر ذخیره بالا و خاصیت کک‌پذیری زغال طزره بود. سپس منطقه تحت تحقیق اکتشافی گسترده قرار گرفت و به تدریج با نصب دستگاه‌های حفاری، ترانشه‌های سراسری و تونل‌های اکتشافی بیشتر و اکتشاف وارد مرحله جدیدتر گردید. روش‌های استخراج در معدن طزره، پلکانی معکوس و جبهه‌کار طولانی می‌باشد.

این منطقه خود شامل چهار معدن اصلی کلاریز، مجموعه مادر، کلمدر برناکی و رزمجا در کنار معادن خصوصی دیگر می‌باشد. تعداد سه دهانه تونل فعال در مجموعه مادر توان تولید سالانه ۳۵ هزار تن زغالسنگ خام را دارا می‌باشد، تعداد پرسنل این مجموعه به ۱۸۰ نفر می‌رسد.

توان تولید سه مجموعه کلاریز، کلمدر برناکی و رزمجا هر کدام به ۳۰ هزار تن در سال می‌رسد. بدین ترتیب توان تولید مجموعه طزره ۱۲۵ هزار تن در سال می‌باشد که این تولید حاصل تلاش ۸۰۰ نفر نیروی شاغل در این مجموعه می‌باشد. گرچه خاکستر زغالسنگ خام مجموعه طزره نسبتاً بالاست، ولی گوگرد پایین و کک دهی مطلوب از ویژگی‌های در خور توجه ذخیره این مجموعه می‌باشد. همانطور که بیان گردید مجموعه طزره شامل ۴ محدوده معدنی تونل مادر (پشکلات)، کلاریز، برناکی و رزمجا می‌باشد. بیشترین حوادث معدنی شرکت در این منطقه می‌باشد. از دلایل اصلی این مطلب می‌توان به تجهیزات بسیار قدیمی و شیب زیاد بعضی از لایه‌ها علی‌الخصوص در معدن رزمجا اشاره کرد. در ادامه روندی که برای معدن تخت بررسی شد برای معدن طزره نیز انجام شده است با این تفاوت که آمار از سال ۱۳۹۰-۱۳۸۰ در اختیار است. شکل ۳-۱ آمار مقایسه‌ای برای سال ۱۳۸۰ و آنچه که برای تمامی سال‌ها انجام شده است را نشان می‌دهد.



شکل ۳-۱- آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۸۰ معدن طزره، الف) علت حوادث، ب) حوادث ماهیانه، ج) سطح سواد د) محل وقوع حادثه، ه) سابقه کار و ه) سن کارگر

برای بقیه سالها جهت مشاهده روند تغییرات حوادث بصورت سالیانه جدولی تهیه شده است که آمار

مقایسه‌ای سالیانه را در مورد هر کدام از پارامترها بصورت جداگانه بر اساس میزان حداکثر پارامتر در هر سال را

نشان می‌دهد (جدول ۳-۵).

جدول ۳-۵- بررسی آماری حوادث در معدن طزره

سال	کل حوادث	سابقه کار (سال) و درصد	سن کارکنان (سال) و درصد	سطح سواد و درصد	محل حادثه و درصد	علت حادثه و درصد
۱۳۸۰	۱۵۶	۷۴٪ / ۲۰-۳۰	۸۰٪ / ۴۰-۵۰	۷۸٪ / ابتدائی	۵۵٪ / تونل مادر	۵۲٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۱	۱۳۹	۸۵٪ / ۲۰-۳۰	۹۰٪ / ۴۰-۵۰	۷۵٪ / ابتدائی	۷۷٪ / تونل مادر	۶۰٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۲	۱۳۶	۷۵٪ / ۲۰-۳۰	۹۲٪ / ۴۰-۵۰	۷۷٪ / ابتدائی	۵۵٪ / تونل مادر	۶۶٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۳	۵۶	۷۷٪ / ۲۰-۳۰	۶۲٪ / ۳۰-۴۰	۷۵٪ / ابتدائی	۷۶٪ / تونل مادر	۶۳٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۴	۷۰	۹۲٪ / ۲۰-۳۰	۹۰٪ / ۴۰-۵۰	۸۵٪ / ابتدائی	۷۹٪ / تونل مادر	۸۲٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۵	۱۹۸	۴۳٪ / ۰-۱۰	۴۰٪ / ۲۰-۳۰	۴۰٪ / ابتدائی	۷۶٪ / تونل مادر	۵۵٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۶	۲۰۸	۵۳٪ / ۰-۱۰	۳۴٪ / ۳۰-۴۰	۴۳٪ / ابتدائی	۶۳٪ / تونل مادر	۶۳٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۷	۱۳۰	۷۳٪ / ۰-۱۰	۴۷٪ / ۳۰-۴۰	۵۴٪ / ابتدائی	۷۷٪ / تونل مادر	۷۳٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۸	۸۰	۵۰٪ / ۰-۱۰	۶۸٪ / ۳۰-۴۰	۵۵٪ / ابتدائی	۷۵٪ / تونل مادر	۵۰٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۹	۹۹	۷۰٪ / ۰-۱۰	۵۸٪ / ۳۰-۴۰	۵۰٪ / ابتدائی	۶۰٪ / تونل مادر	۴۶٪ / برخورد سنگ
۱۳۹۰	۷۵	۷۰٪ / ۰-۱۰	۷۳٪ / ۳۰-۴۰	۵۷٪ / ابتدائی	۷۵٪ / تونل مادر	۷۸٪ / برخورد سنگ

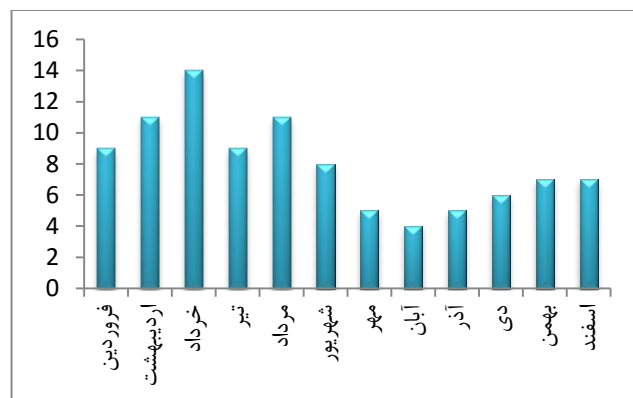
در سال ۱۳۸۰ بطور کلی ۱۵۶ حادثه رخ داده که حداکثر حوادث در تیر و مرداد اتفاق داده است. علت اصلی حوادث در این سال برای معدن طزره برخورد سنگ بوده که تقریباً نیمی از حوادث را شامل می‌شود. بعد از برخورد سنگ مهمترین عامل، ریزش سقف بوده که تقریباً ۱۵٪ حوادث به این دلیل اتفاق افتاده است. مکانی که بیشترین تعداد حوادث در آن رخ داده است تونل مادر می‌باشد که ۵۵٪ حوادث را شامل می‌شود. کارکنانی که دچار بیشترین حوادث شده‌اند سطح سواد ابتدائی داشته و میانگین سنی بین ۴۰-۵۰ سال دارند. همانطور که از جدول ۳-۵ مشخص است عامل اصلی حوادث در هر ۱۱ سال در معدن طزره برخورد سنگ می‌باشد. البته بعضاً دلایل دیگری نیز مشاهده شده که می‌توان به ریزش سقف، پیچ‌خوردگی، برخورد واگن، برخورد چوب، سقوط و اشاره نمود. از این میان برخورد چوب و ریزش سقف بعد از علت اصلی سهم بیشتری در رخداد حوادث نشان می‌دهند. در جدول ۳-۶ تمامی پارامترها بر اساس آمار جدول ۳-۴ امتیازدهی شده است. لازم به

ذکر است مبنای امتیاز دهی پارامترهای حادثه بر اساس، تعداد سال در دسترس و حوادث غالب در هر سال می‌باشد. مثلاً آمار معدن طزره ۱۱ سال در دسترس است و چون برخورد سنگ در تمام ۱۱ سال بیشترین آمار حادثه را دارد امتیاز ۱۱ به آن اختصاص داده شده است. بقیه امتیازها نیز بر همین اساس در تمام معادن برای تمام پارامترها تعیین شده‌اند. همانگونه که مشخص است محل حادثه‌ای که در هر ۱۱ سال باعث بیشترین حوادث شده است تونل مادر می‌باشد.

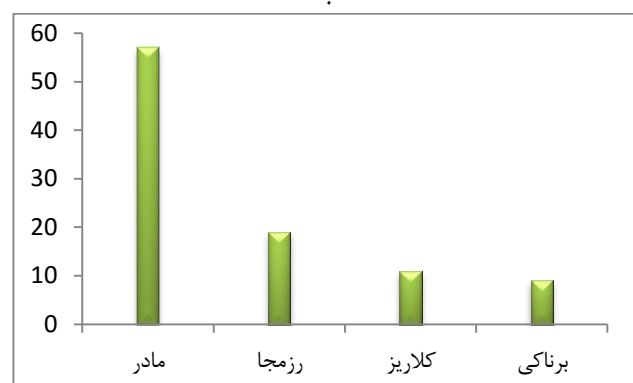
جدول ۳-۶- امتیازدهی عوامل اصلی در هر پارامتر

مورد	سابقه کار		سن			سطح سواد	محل حادثه	علت حادثه
	۲۰-۳۰	۱۰-۰ سال	۴۰-۵۰	۳۰-۴۰	۲۰-۳۰ سال	ابتدائی	تونل مادر	برخورد سنگ
امتیاز (از ۱۱)	۵	۶	۴	۶	۱	۱۱	۱۱	۱۱

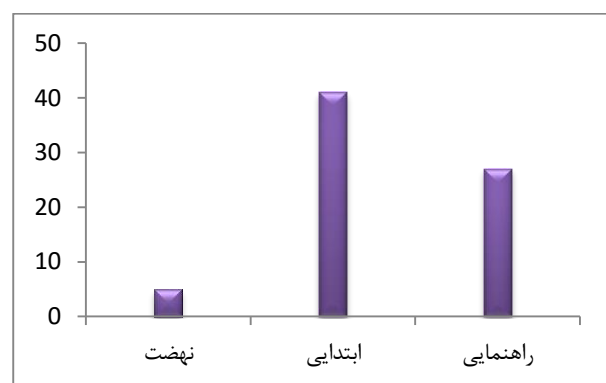
شکل ۳-۲ آمار مقایسه‌ای آخرین سال از داده‌های معدن طزره را نشان می‌دهد.



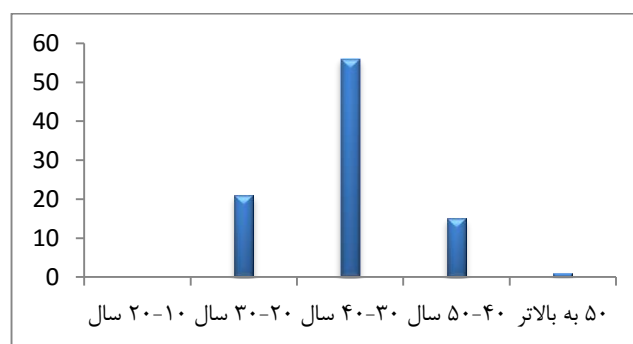
ب



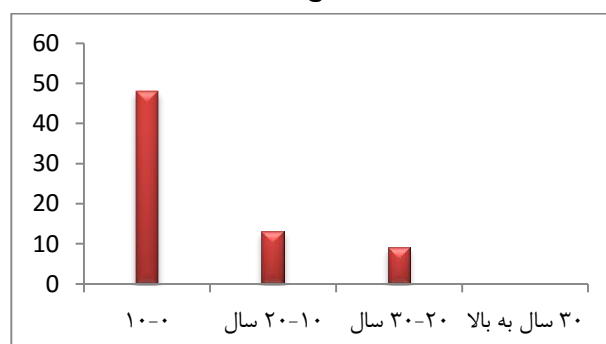
الف



د



ج



و

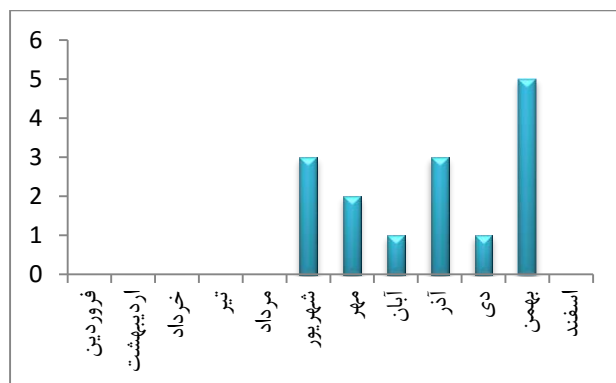
شکل ۳-۲- آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۹۰ معدن طزره، الف) علت حوادث، ب) حوادث ماهیانه، ج) سطح سواد د) محل وقوع حادثه، ه) سابقه کار و ه) سن کارگر

۳-۳-۲- بررسی آمار حوادث شغلی معدن رضی

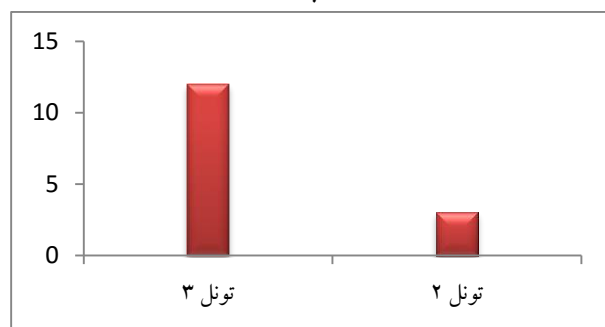
منطقه رضی در فاصله ۹۵ کیلومتری شهرستان شاهرود، ستاد مرکزی شرکت، و ۳۰ کیلومتری شهرستان رامیان از توابع استان گلستان واقع است. معدن رضی جزو محدوده زغالخیز اولنگ می‌باشد که از سال ۱۳۶۰ شناسایی و اکتشاف شده و از سال ۱۳۶۸ عملیات استخراج زغالسنگ آن آغاز شده است. لیکن عمده معادن این منطقه پس از اکتشاف توسط شرکت زغالسنگ البرز شرقی به مالکین خصوصی واگذار شده و تنها معدن رضی از مجموعه معدنی اولنگ در اختیار شرکت می‌باشد.

این معدن در دامنه شمالی رشته کوه البرز واقع است. پوشش گیاهی جنگلی، منطقه کاملاً کوهستانی است و مردم منطقه به کشاورزی و کار در معادن اشتغال دارند. تعداد پرسنل شاغل در این معدن بالغ بر ۲۴۰ نفر است که عمدتاً ساکن رامیان، آزادشهر و روستاهای اطراف معدن می‌باشند. با وجودی که زغالسنگ تولیدی معدن رضی از کیفیت و قابلیت کک دهی مطلوبی برخوردار است ولی باقیمانده ذخیره این معدن چندان چشمگیر نیست، به طوری که توان تولید سالانه فعلی معدن به ۲۰ هزار تن در سال می‌رسد. زغالسنگ تولیدی منطقه رضی جهت فرآوری به کارخانه زغالشوئی شرکت در مجاورت مجموعه معادن طزره حمل می‌گردد. مجموعه معدنی رضی به دلیل گاز خیزی بالا، شرایط مطلوبی از لحاظ ایمنی ندارد. تعداد حوادث شغلی در دوره ۱۱ سال گذشته ۲۵۳ تا می‌باشد که از این تعداد ۲۰۹ حادثه، شدید که منجر به از دست رفتن ۹۱۵ روز کاری شده است.

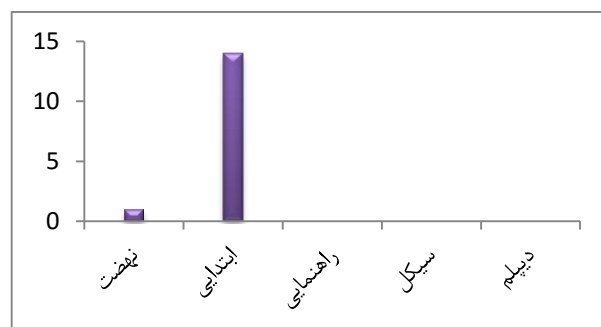
داده‌های خام معدن رضی نیز از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ بطور کامل در اختیار است. همانند آنچه که برای معدن طزره انجام شد در این مرحله بایستی که برای داده‌های حوادث معدن رضی نیز پیاده شود. متغیرهای مورد بررسی همان متغیرهای معادن قبل هستند. ابتدا برای سال اول داده‌ها بصورت هیستوگرام در شکل ۳-۳ به نمایش در آمده‌اند. برای تمامی سال‌ها همین عملیات تکرار شده و آمار مقایسه‌ای بر اساس تعداد حوادث در دسترس می‌باشد.



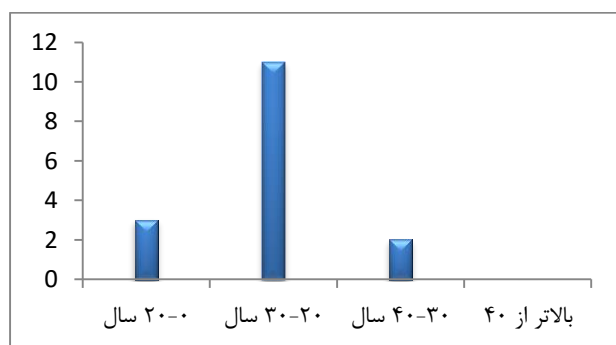
ب



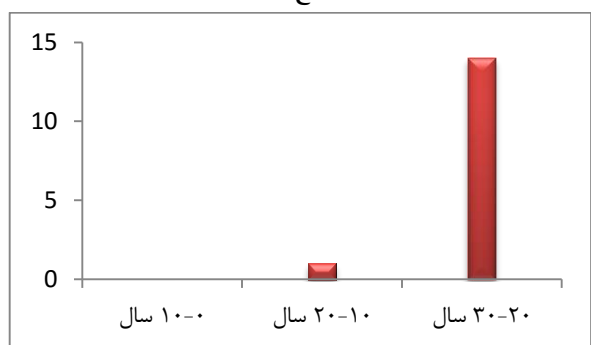
الف



د



ج



و

ه

شکل ۳-۳- آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۸۰ معدن رضی (الف) علت حوادث، (ب) حوادث ماهیانه، (ج) سطح سواد (د) محل وقوع حادثه، (ه) سابقه کار و (و) سن کارگر

جدول ۳-۷ آمار مقایسه‌ای کلی برای معدن رضی از سال ۱۳۸۰ تا سال ۱۳۹۰ را نشان می‌دهد. تعداد حوادث در این معدن بنا به گسترش کمتر نسبت به معدن طزره انگشت شمار می‌باشد.

جدول ۳-۷- بررسی آماری حوادث در معدن رضی

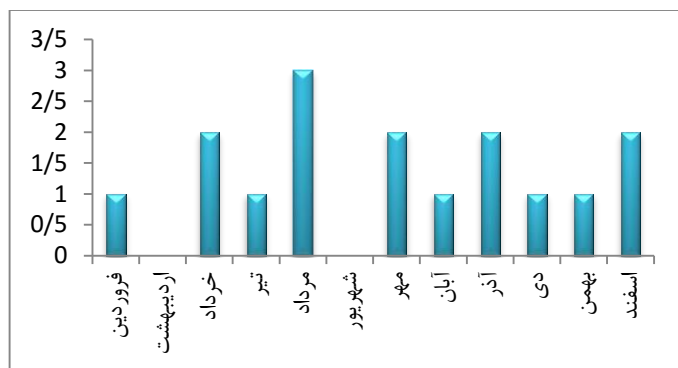
سال	کل حوادث	سابقه کار (سال) و درصد	سن کارکنان (سال) و درصد	سطح سواد و %درصد	محل حادثه و درصد	علت حادثه و درصد
۱۳۸۰	۱۴	۲۰-۳۰ %۹۴	۲۰-۳۰ %۷۹	ابتدائی %۸۶	تونل ۳ %۸۶	برخورد سنگ %۶۴
۱۳۸۱	۱۹	۲۰-۳۰ %۸۴	۳۰-۴۰ %۶۵	ابتدائی %۷۹	تونل ۳ %۷۷	برخورد سنگ %۵۸
۱۳۸۲	۳۵	۲۰-۳۰ %۹۷	۴۰-۵۰ %۶۳	ابتدائی %۱۰۰	تونل ۳ %۷۷	برخورد سنگ %۶۷
۱۳۸۳	۲۷	۲۰-۳۰ %۸۶	۳۰-۴۰ %۷۰	ابتدائی %۸۹	تونل ۳ %۸۵	برخورد سنگ %۵۳
۱۳۸۴	۱۳	۲۰-۳۰ %۹۲	۴۰-۵۰ %۷۰	ابتدائی %۸۴	تونل ۳ %۹۴	برخورد سنگ و واگن %۸۶
۱۳۸۵	۱۱	۰-۱۰ %۸۲	۳۰-۴۰ %۸۳	ابتدائی %۸۲	تونل ۳ %۱۰۰	برخورد واگن %۵۵
۱۳۸۶	۲۲	۲۰-۳۰ %۷۷	۴۰-۵۰ %۷۷	ابتدائی %۹۱	تونل ۳ %۹۱	برخورد سنگ %۴۸
۱۳۸۷	۲۲	۲۰-۳۰ %۷۷	۴۰-۵۰ %۴۷	ابتدائی %۶۶	تونل ۳ %۷۵	برخورد سنگ %۴۶
۱۳۸۸	۲۳	۲۰-۳۰ %۸۵	۴۰-۵۰ %۷۸	ابتدائی %۸۸	تونل ۳ %۶۲	برخورد سنگ %۵۰
۱۳۸۹	۲۰	۲۰-۳۰ %۸۰	۴۰-۵۰ %۸۰	ابتدائی %۷۵	تونل ۳ %۷۵	برخورد سنگ %۵۰
۱۳۹۰	۱۶	۲۰-۳۰ %۸۱	۴۰-۵۰ %۸۱	ابتدائی %۸۱	تونل ۳ %۸۱	برخورد سنگ %۴۸

جدول ۳-۸- امتیازدهی عوامل اصلی در هر پارامتر

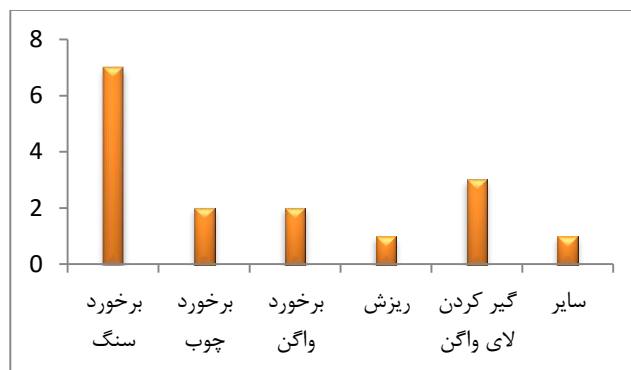
مورد	سابقه کار	سن	سطح سواد	محل حادثه	علت حادثه
مورد	۲۰-۳۰ ۰-۱۰ سال	۴۰-۵۰ ۳۰-۴۰ ۲۰-۳۰ سال	ابتدائی	تونل ۳	برخورد سنگ
امتیاز (از ۱۱)	۱۰ ۱	۷ ۳ ۱	۱۱	۱۱	۱۰

همانگونه که از جداول ۳-۷ و ۳-۸ پیداست در تمامی سال‌ها علت حادثه با بیشترین امتیاز مربوط به برخورد سنگ است. از نقطه نظر نوع حادثه مشاهده می‌شود که در هر ۱۰ سال در مورد علت حادثه، رخداد برخورد سنگ بیشترین سهم و تنها یک سال برخورد با واگن در ایجاد حوادث نقش داشته که دلایل متعددی می‌تواند در این حادثه دخیل باشد. بطور مشابه در آمار مقایسه‌ای محل حادثه‌ای که بیشترین حوادث در آن رخ داده است. در بررسی تعیین سواد و بررسی میزان سواد کارکنان آسیب دیده در معدن مشاهده می‌شود که سطح سواد کارکنانی که دچار بیشترین حادثه شده‌اند ابتدایی می‌باشد که می‌تواند منطقی به نظر آید. از دیدگاه

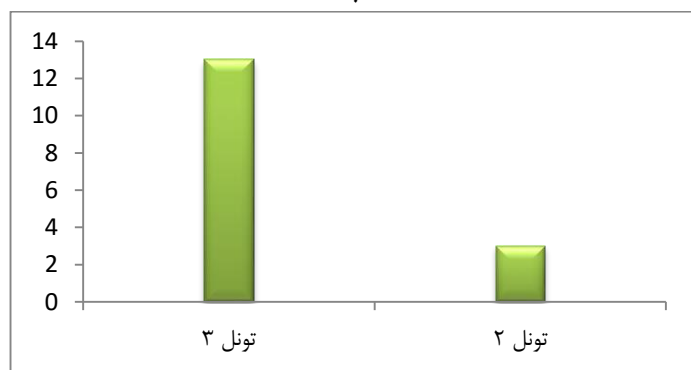
سن افراد حادثه دیده بر اساس آمار مشاهده شده در طی ۱۱ سال نتایج حاکی از آن است که سن اکثر کارکنان مجروح ۴۰-۵۰ سال بوده و از نظر سابقه کار مردم آسیب دیده سابقه کار این کارکنان بین ۲۰-۳۰ سال می باشد. با در کنار قرار دادن تمام این پارامترها می بایست یک برآورد کلی از آنها بدست آورد. شکل ۳-۴ آمار حوادث به تفکیک ماه، علت حادثه، محل حادثه سطح سواد کارکنان آسیب دیده و سن و سابقه کارکنان نشان می دهد.



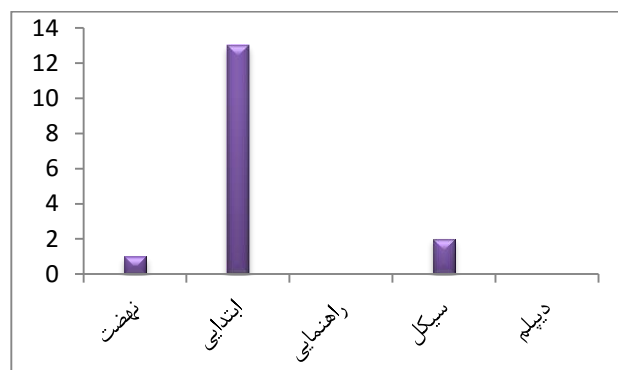
ب



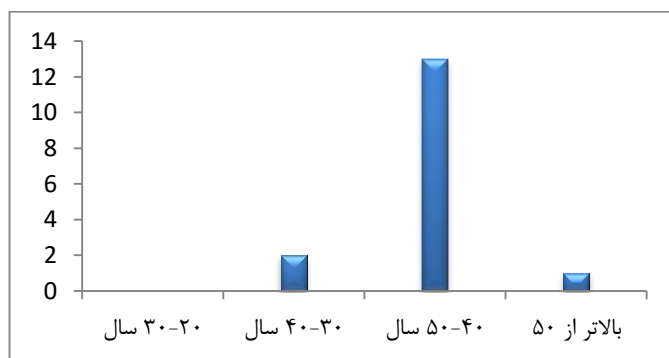
الف



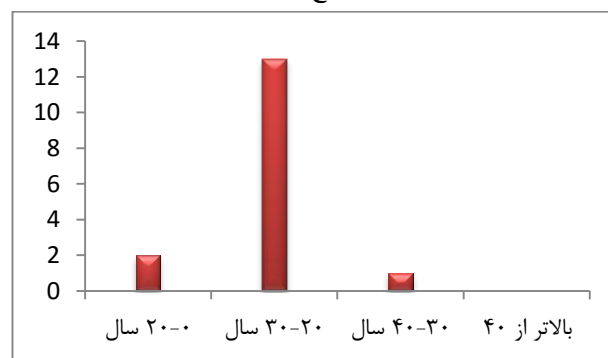
د



ج



و



ه

شکل ۳-۴- آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۹۰ معدن رضی، الف) علت حوادث، ب) حوادث ماهیانه، ج) سطح سواد د) محل وقوع حادثه، ه) سابقه کار و ه) سن کارگر

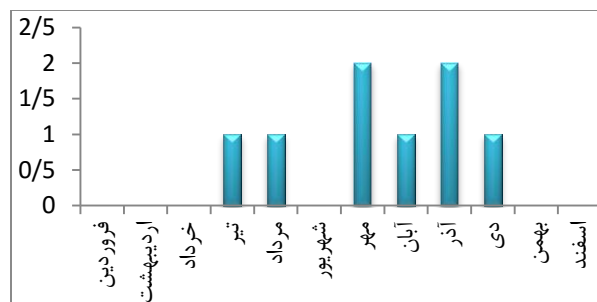
۳-۳-۳ بررسی آمار حوادث شغلی معدن تخت

منطقه تخت پتانسیل زغال سنگ با ذخیره‌ی بالا، در شمال کشور می‌باشد. گرچه ذخیره منطقه تخت

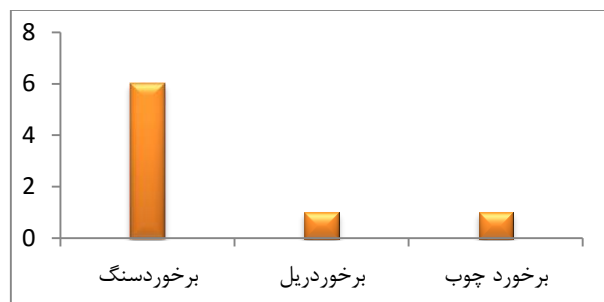
چندان قابلیت کک دهی ندارد، لیکن گوگرد کمتر از ۰/۱ درصد، خاکستر پایین و ذخیره بالغ بر ۸۰ میلیون تنی

منطقه، شرکت زغالسنگ البرز شرقی را بر آن داشت تا عملیات بهره برداری از معدن را در سال ۱۳۸۳ آغاز نماید، گرچه پوشش جنگلی منطقه و لزوم صیانت از جنگل‌ها، محدودیت‌هایی را به عملیات معدنی اعمال می‌نماید. منطقه تخت در بر گیرنده سه منطقه تخت، امام عبدالله و ساسنگ می‌باشد که در این محدوده عملیات بهره برداری آغاز شده و مناطق دیگر اکتشافی می‌باشند. شیب متوسط لایه‌ها ۳۰ تا ۳۵ درجه می‌باشد و ضخامت لایه‌ها ۰/۵۳ تا ۱/۳۲ متر می‌باشد. پرسنل شاغل در معدن تخت ۲۶۰ نفر می‌باشند و متوسط استخراج سالانه ۵۰ هزار تن است. معدن تخت به دلیل برنامه ریزی مطلوب مدیریت ایمنی شرکت در ۵ سال گذشته آمار نسبتاً پایینی در بخش حوادث شغلی داشته است، تعداد کل حوادث ۷۸، که سهم حوادث شدید ۴۹ حادثه می‌باشد، در اثر این حوادث مجموعاً ۲۱۲ روز کاری از دست رفته است. در ادامه این فصل به تحلیل آمار حوادث پرداخته و بارزترین شاخصه‌های ایجاد حوادث و دلایل آنها بیان می‌گردد.

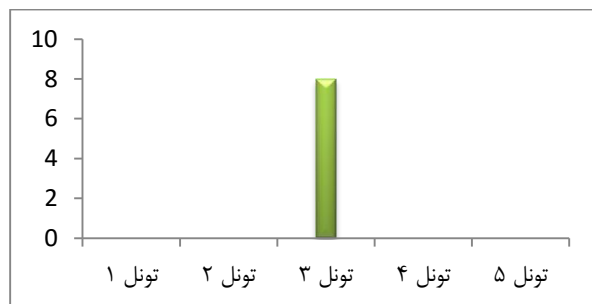
در شکل ۵-۳ آمار حوادث سال ۱۳۸۶ معدن تخت مورد بررسی قرار گرفته است. در شکل ۵-۳-ب آمار حوادث بصورت ماهیانه به نمایش درآمده است. همانطور که از این شکل مشخص است بیشترین حوادث مربوط به ماه مهر و آبان بوده و در چند ماه نیز حادثه‌ای رخ نداده است. در شکل ۵-۳-الف آمار مقایسه‌ای از علت حوادث نشان داده شده است که بیشترین آمار مربوط به برخورد سنگ بوده که تقریباً ۹۰٪ حوادث بهمین دلیل می‌باشد. در آمار مقایسه‌ای محل حوادث مشاهده می‌شود که ۱۰۰٪ حوادث در تونل ۳ معدن اتفاق افتاده است (شکل ۵-۳-د).



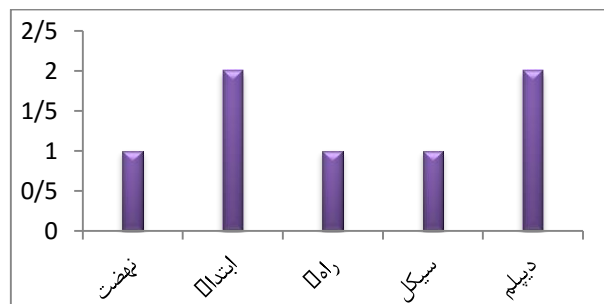
ب



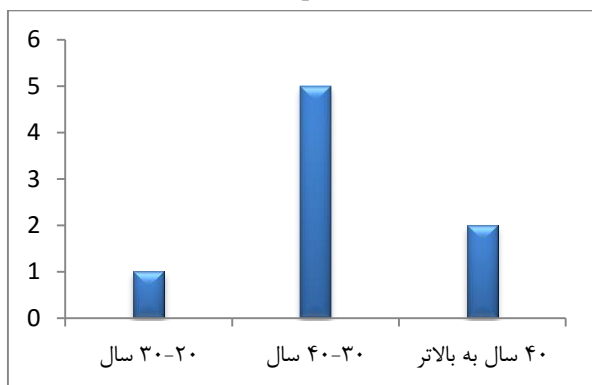
الف



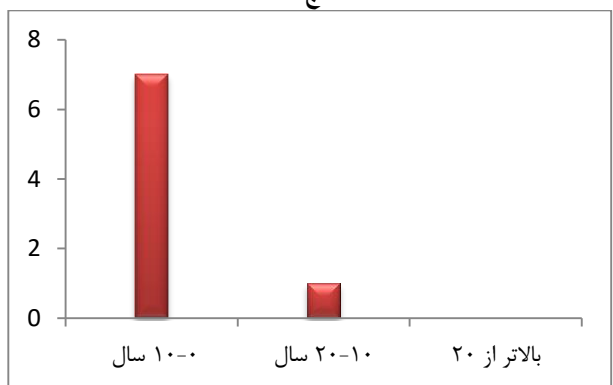
د



ج



و



ه

شکل ۳-۵- آمار مقایسه‌ای سال ۱۳۸۶ معدن تخت، الف) علت حوادث، ب) حوادث ماهیانه، ج) سطح سواد د) محل وقوع حادثه، ه) سابقه کار و ه) سن کارگر

کارکنان با کمترین سابقه کار بیشترین سهم از حوادث را دارا می‌باشند که بدیهی بنظر می‌رسد. همچنین افراد بین ۳۰-۴۰ سال بیشترین آمار تصادفات را نشان می‌دهند. بهمین ترتیب داده‌های سال ۱۳۸۷ نیز بررسی و تحلیل قرار گرفته است. آمار حوادث نسبت به سال ۱۳۸۶ افزایش نشان می‌دهد. آمار حوادث بصورت ماهیانه همانند سال ۸۶ محاسبه شده و بعد از محاسبه آمار مقایسه‌ای حوادث بر اساس علت حادثه مشاهده شد که همانند سال قبل برخورد سنگ دلیل اصلی حوادث بوده است. آمار مقایسه‌ای حوادث بر اساس

محل حادثه، سطح سواد کارکنان، سن و سابقه کار آنها را تعیین شده است. همانطور که انتظار می‌رود بیشترین حوادث مربوط به کارکنان با سطح سواد ابتدایی می‌باشد. برای ایجاد یک شمای کلی و روند و آمار مقایسه‌ای حوادث در طی سالهایی که داده از معدن تخت در دسترس است، آمار حوادث در جدول ۳-۹ نشان داده شده است. لازم به تذکر است که معیار انتخاب هر کدام از موارد در جدول بر اساس حداکثر حوادث می‌باشد. بعنوان مثال بطور کلی ۸ حادثه در سال ۸۶ معدن تخت اتفاق افتاده است که از این میزان حداکثر حوادث در متغیر علت حادثه مربوط به برخورد سنگ بوده، لذا علت حادثه در جدول برخورد سنگ عنوان شده است.

جدول ۳-۹- بررسی آماری حوادث در معدن تخت

سال	کل حوادث	سابقه کار (سال) و درصد	سن کارکنان (سال) و درصد	سطح سواد و درصد	محل حادثه و درصد	علت حادثه و درصد
۱۳۸۶	۸	۱۰۰٪ / ۰-۱۰	۷۵٪ / ۳۰-۴۰	۵۰٪ / ابتدائی و دیپلم	۱۰۰٪ / ۳ تونل	۷۵٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۷	۱۲	۷۵٪ / ۰-۱۰	۶۴٪ / ۳۰-۴۰	۵۵٪ / ابتدائی	۳۷٪ / ۲ تونل	۷۵٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۸	۱۲	۵۸٪ / ۰-۱۰	۶۷٪ / ۳۰-۴۰	۵۸٪ / ابتدائی	۵۴٪ / ۳ تونل	۷۵٪ / برخورد سنگ
۱۳۸۹	۱۲	۵۴٪ / ۰-۱۰	۶۷٪ / ۳۰-۴۰	۷۸٪ / ابتدائی	۵۰٪ / ۳ تونل	۷۸٪ / برخورد سنگ

در سال ۱۳۸۷ نیز همانند سالهای قبل بیشترین آمار حوادث در مورد علت حادثه مربوط به برخورد سنگ، در مورد سطح سواد مربوط به کارکنان ابتدایی و در مورد سابقه کار به کارکنان با کمترین سابقه کار می‌باشد. آمار مقایسه‌ای داده‌های حوادث سال ۱۳۸۸ نیز محاسبه شده است. روند مشابهی مانند سالهای قبل در داده‌ها مشاهده می‌شود. بیشترین حوادث در تونل ۳ مشاهده می‌شود که تقریباً نیمی از حوادث را شامل می‌شود بررسی آمار نشان می‌دهد در تمامی سال‌ها علت حادثه با بیشترین امتیاز مربوط به برخورد سنگ است. از نقطه نظر نوع حادثه مشاهده می‌شود که در هر چهار سال در مورد علت حادثه، رخداد برخورد سنگ بیشترین سهم در حوادث را نشان می‌دهد که دلایل متعددی می‌تواند در این حادثه دخیل باشد. بطور مشابه در آمار مقایسه‌ای محل حادثه‌ای که بیشترین حوادث در آن رخ داده است. در بررسی تعیین سواد و بررسی میزان سواد کارکنان آسیب دیده در معدن مشاهده می‌شود که سطح سواد کارکنانی که دچار بیشترین حادثه شده‌اند

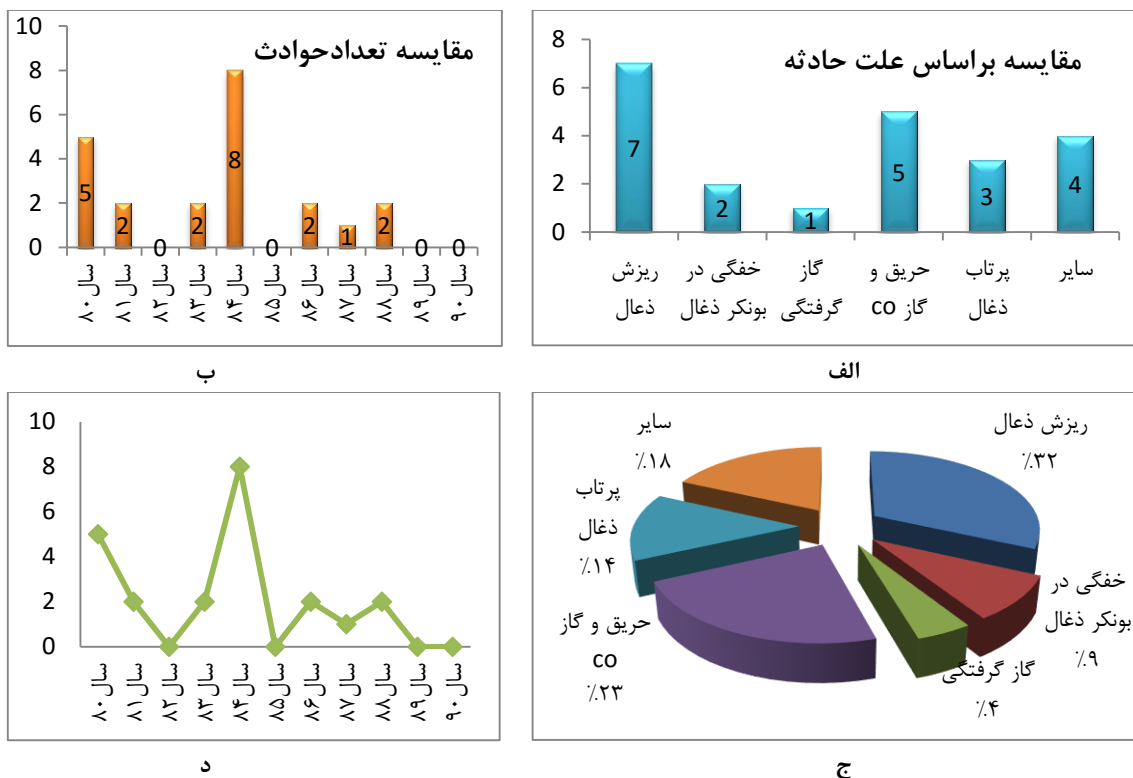
ابتدایی می‌باشد که می‌تواند منطقی به نظر آید. از دیدگاه سن افراد حادثه دیده بر اساس آمار مشاهده شده در طی ۴ سال نتایج حاکی از آن است که سن اکثر کارکنان مجروح ۳۰-۴۰ سال بوده و از نظر سابقه کار مردم آسیب‌دیده سابقه کار این کارکنان بین ۰-۱۰ سال می‌باشد. جدول ۳-۱۰ با توجه به آمار جدول ۳-۹ نتایج را بصورت کمی بررسی می‌کند و به پارامترهای مورد بررسی امتیاز می‌دهد.

جدول ۳-۱۰- امتیازدهی عوامل اصلی در هر پارامتر

سابقه کار		سن		سطح سواد		محل حادثه		علت حادثه		
مورد	-	۱۰-۰ سال	-	۳۰-۴۰ سال	دیپلم	ابتدائی	تونل ۲	تونل ۳	-	برخورد سنگ
امتیاز (از ۴)	-	۴	-	۴	۰/۵	۳/۵	۱	۳		۴

۳-۴- آمار حوادث منجر به فوت شرکت از سال ۸۰ تا ۹۰

با توجه به شکل ۳-۶ بیشترین آمار مرگ و میر در شرکت البرز شرقی در سال ۱۳۸۴ می‌باشد. علت اصلی اتفاق افتادن این موضوع نیز استنشاق گاز CO بود. بررسی آمار مرگ و میر در حالت کلی نیز نشان از این دارد که بیشترین آمار فوتی در شرکت مربوط به خطر ریزش سقف می‌باشد.



شکل ۳-۶- آمار مرگ و میر شرکت زغالسنگ البرز شرقی از سال ۸۰ تا ۹۰، الف) مقایسه بر اساس علت حادثه، ب) مقایسه تعداد حوادث در ده سال، ج) درصد علت حوادث در ده سال و د) روند تعداد حوادث در ده سال

۳-۵- جمع بندی

آمار مهم ترین ابزار برای ریشه یابی بهتر علل حوادث و برطرف کردن منابع آن می باشد تا بتوان با شناسایی، رده بندی و تحلیل آمار به تدوین اصول پیشگیری پرداخت. بررسی آمار شرکت البرز شرقی نشان می دهد که بیشترین آمار حوادث شغلی مربوط به منطقه طزره می باشد. حدود ۹۲ درصد حوادث مربوط به منطقه طزره، ۷/۲ درصد به منطقه رضی و ۰/۸ درصد نیز سهم منطقه تخت می باشد. حدود ۴۱ درصد کل حوادث نیز به مجموعه ی تونل مادر، یکی از معادن منطقه طزره اختصاص دارد. علت اصلی این امر تجهیزات فرسوده تونل مادر و از کار افتاده گی پرسنل قدیمی، خستگی مفرط نیروهای با تجربه از کار در شرایط سخت می باشد. مجموعه طزره قدمت بالایی از لحاظ استخراج داراست و با توجه به آمار حوادث، بنظر می رسد از شرایط پایداری برای آموزش پرسنل برخوردار نبوده و به همان سبک سنتی و برخورد ابتدایی و غیر اصولی و

مدیریت نشده با حوادث برخورد شده است. مجموعه معدنی رضی از لحاظ ایمنی در وضعیت بسیار مطلوب‌تری قرار دارد، معدن تخت نیز با توجه به آمار کم حادثه از لحاظ ایمنی در شرایط مناسب قرار دارد. در ادامه این تحقیق، فصل چهارم در رابطه با آنالیز حوادث شغلی بحث می‌شود و با استفاده از تکنیک‌های آنالیز به تحلیل حوادث شغلی پرداخته می‌شود.

فصل چهارم

ارزیابی و تحلیل ریسک

۴-۱- مقدمه

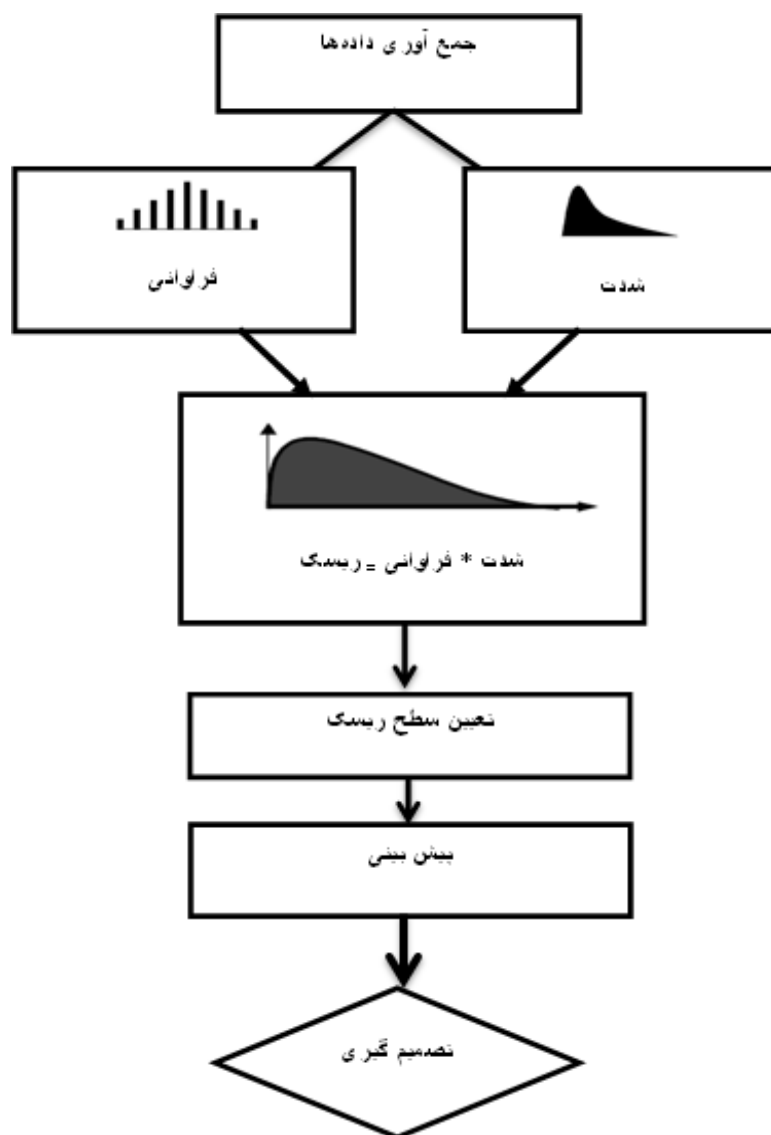
صنعت معدنکاری زغال از دیرباز به عنوان یک صنعت پر خطر در هر کشوری شناخته می‌شود. به عنوان مثال در ایالات متحده امریکا استخراج از معادن زغال سنگ یکی از خطرناک‌ترین مشاغل در نظر گرفته شده است. با توجه به آمار اداره کار ایالات متحده امریکا احتمال مرگ و میر یا آسیب جسمی و یا بیمار شدن کارکنان معادن زغال سنگ نسبت به کارکنان دیگر بخش‌های غیر دولتی صنعتی بالا می‌باشد. میزان صدمات کشنده در صنعت زغال سنگ آمریکا در سال ۲۰۰۹ حدود ۴۹/۵ نفر در هر ۱۰۰۰۰۰ کارگر بوده، که نزدیک به ۱۲ برابر میزان صدمات در تمام صنایع خصوصی می‌باشد (Poplin et al., in press). با توجه به آمار سالیانه سازمان تامین اجتماعی ترکیه در سال ۲۰۰۵، صنعت معدن زغال سنگ ترکیه از نظر بیماری‌های شغلی و از کار افتادگی در رتبه اول، از لحاظ مرگ و میر در رتبه سوم و از لحاظ حوادث شغلی در رتبه پنجم قرار دارد (US BLS, 2007).

حوادث برای کارگران و خانواده‌هایشان، بسیار دردناک و پرهزینه تمام می‌شود و ممکن است علاوه بر آن، منجر به خسارت به اموال یا تجهیزات شده و باعث کاهش تولید شود. طبق تحقیقی که توسط Bhattacherjee و همکاران در سال ۱۹۹۹ در معدنی در شرق آمریکا انجام شد، نشان داد که متوسط هزینه‌ای که حوادث در پی خواهد داشت بالغ بر یک میلیون دلار در هر سال و به طور متوسط باعث از دست رفتن ۵۰۰۰ دلار در هر حادثه می‌شود (Istanbulluoglu, 1999). تحقیق مشابهی در معادن زغال سنگ ترکیه نشان داد که کل هزینه‌هایی که در اثر از دست رفتن روزهای کاری به علت وقوع حادثه در هر سال در بر داشته در مجموع ۴/۳ میلیون دلار بوده است (Sari, 2002).

ارزیابی ریسک و تحلیل حوادث شغلی در صنعت و معدن امری ضروری به نظر می‌رسد. چرا که مدیریت، مبنای مناسبی برای تصمیم‌گیری و به حداقل رساندن حوادث یافته و در واقع به دنبال راه کارهای مناسب به منظور کاهش و پایش آن‌ها باشد. در گذشته روش‌های کمی و کیفی، اساس محاسبات ریسک در

ایران و جهان بوده و کمتر از روش‌های ترکیبی استفاده شده است. روش‌های صرفاً کمی یا کیفی عدم قطعیت را نیز در نظر نمی‌گیرند، به عبارتی دیگر متغیرهای آماری در زمینه وقوع حوادث قطعی نیستند و شامل عدم قطعیت هستند. در اینصورت لازم است از روش‌های عدم قطعیت برای کمی کردن ریسک حوادث استفاده کرد. در این فصل از این پایان نامه سعی شده است به زبانی ساده با استفاده از روش شبیه سازی مونت کارلو الگویی طراحی شود تا مبنای تحلیل و ارزیابی ریسک حوادث قرار گیرد. برای این منظور از نرم افزار Best-fit و @RISK استفاده شده است.

همانطور که قبلاً هم بیان گردید، روش‌های مختلفی از جمله روش شبیه سازی برای آنالیز ریسک وجود دارند. در روش شبیه سازی، نمونه‌ها به طور مکرر از توابع چگالی احتمال متغیرها گرفته می‌شوند و برای محاسبه خروجی یک مدل مورد استفاده قرار می‌گیرند، البته توزیع آن باید با یک دقت مطلوب به دست آید. این روش به عنوان شبیه سازی مونت کارلو شناخته می‌شود. بنابراین برای ارزیابی ریسک حوادث باید بهترین توزیع آماری بر روی داده‌های فراوانی و شدت حوادث برازش شوند. سپس با استفاده از این دو توزیع آماری و به کمک شبیه سازی مونت کارلو توزیع آماری ریسک مشخص شود. روند تحلیل ریسک به روش مونت کارلو در شکل ۴-۱ آمده است.



شکل ۴-۱: روند طراحی ریسک به روش مونت کارلو

۴-۲- ارزیابی احتمال وقوع حوادث

اگر ورودی در یک فرآیند دارای عدم قطعیت باشد، باید علت این عدم قطعیت مشخص شود. ساده‌ترین و بهترین راه بیان عدم قطعیت ارائه تابع توزیع احتمال می‌باشد. به طور کلی، توزیع و پارامترهای آن ناشناخته‌اند و لازم است که از اطلاعات موجود در مورد ماهیت تصادفی داده‌های حوادث برآورد صورت گیرد. این اطلاعات

معمولاً به شکل نمونه‌ای از مقادیر مشاهده شده وجود دارند. انواع توزیع‌های به کار رفته، مجموعه‌ای از استدلال‌ها هستند که مقادیر واقعی و توزیع احتمالات را بیان می‌کنند. به عنوان مثال یک توزیع نرمال، با استفاده از میانگین و انحراف معیار بیان می‌شود. از آنجا که داده‌های کافی از حوادث معادن زغال البرز شرقی به ثبت رسیده است، از تکرار حوادث ثبت شده می‌توان برای ارزیابی احتمال استفاده کرد. توزیع احتمال برای تکرار حوادث می‌تواند توسط نرم افزار Best-Fit انجام گیرد. برای تعیین سنجش کیفیت برازش تابع توزیع به داده‌ها از نمودار احتمال - احتمال (P-P) یا چارک - چارک (Q-Q) استفاده می‌شود. با این توضیح، که اگر برازش مناسب باشد، نمودار تقریباً خطی خواهد بود.

۳-۴- تعیین فرکانس حوادث

یکی دیگر از فرآیندهای مدل سازی و ارزیابی سطح ریسک به روش شبیه سازی تعیین فرکانس حادثه است. پارامتر موثر در تعیین فرکانس، تعداد حوادث در هر معدن می‌باشد. بر اساس داده‌های جمع آوری شده حوادث شغلی در سال‌های مختلف و همچنین انواع حوادث شغلی، می‌توان بهترین توابع توزیع برازش شده بر داده‌های معدن و انواع حوادث شغلی را محاسبه و در مرحله بعد کمیت AFR را بسته به انتخاب کمیت ریسک برای هر معدن یا هر نوع حادثه شغلی برآورد و در نهایت بهترین برازش را به روشی که در بالا گفته شد، تعیین کرد.

۴-۴- تعیین شدت حوادث

عواقب ناشی از حوادث عبارتند از: مرگ و میر، صدمه، معلولیت، آسیب به تجهیزات، کاهش تولید و هم‌چنین ممکن است به طور قابل ملاحظه‌ای روی محیط زیست، محیط کاری و ویژگی‌های معدنکاری تاثیر بگذارند. با توجه به تنوع آسیب‌ها در نتیجه وقوع حوادث، نیاز است که توجه چند بعدی در مدلسازی انجام گیرد.

شرکت البرز شرقی دارای پرونده کاملی در تعداد روزهای کاری از دست رفته می‌باشد. مبنای محاسبه شدت (ASR) در این تحقیق روزهای از دست رفته کاری می‌باشد.

۴-۵- تلفیق احتمال و شدت حوادث با استفاده از شبیه‌سازی مونت کارلو

و تعیین سطح ریسک

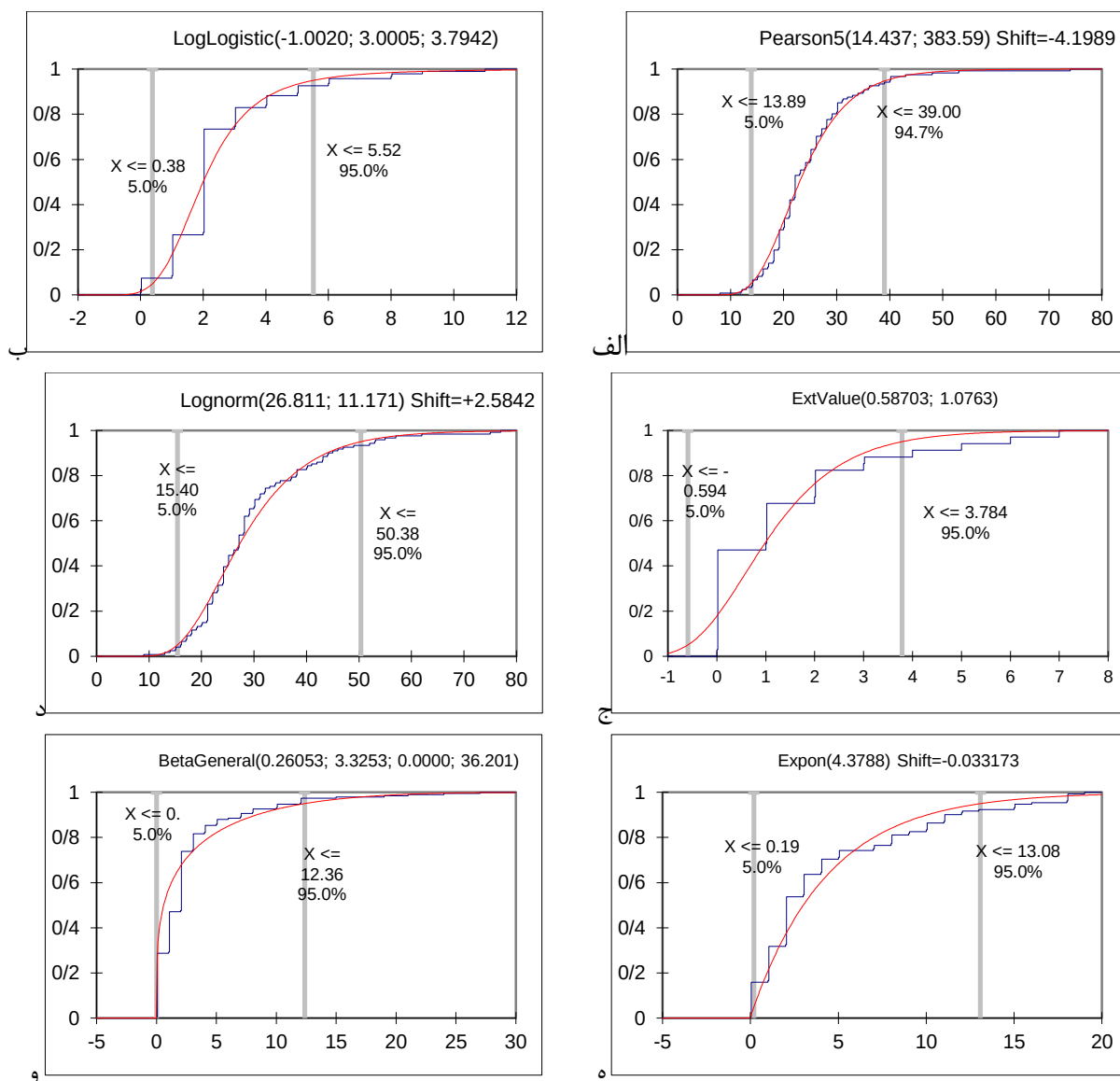
مبنای فرآیند مدل سازی ریسک به روش مونت کارلو در این تحقیق، مدل ریسکی است که بر اساس حاصلضرب شدت در فرکانس ایجاد می‌شود.

دو مولفه احتمال خطر (شدت و فرکانس حوادث) از نظر توزیع احتمال در شبیه‌سازی مونت کارلو به ساده‌گی ترکیب شده‌اند، به منظور به دست آوردن یک تصویر کلی از مجموع روزهای از دست رفته در یک سال که شامل عدم قطعیت‌ها می‌شود، از نرم افزار @RISK استفاده شده است. همانطور که در فصل دوم بیان گردید، @RISK سیستمی است که فرایند این محاسبات را در بسته‌های گسترده استاندارد که ورودی‌های آن شامل عدم قطعیت‌ها می‌باشد، برای تولید خروجی‌هایی که همه احتمالات پیشنهادی را نشان می‌دهد، استفاده می‌شود. شبیه سازی n بار تکرار شده و نتایج آن به صورت یک توزیع استاتیکی توصیف می‌شود. خروجی مونت کارلو، تابع توزیع متغیر جدید ریسک است، سطح اعتماد ریسک به صورت یک تابع توزیع، در نهایت نمایان می‌شود. در مرحله آخر مدل سازی، با تلفیق دو مولفه احتمال خطر به منظور برآورد و ارزیابی سطح ریسک در هر زمان ماتریس ریسکی ایجاد می‌شود که بر اساس این ماتریس و گراف روزهای از دست رفته می‌توان ریسک هر معدن را تحلیل نمود. در اینصورت مبنای مناسبی برای مدیریت صحیح و ایجاد راه کارهای کاهش و پایش ریسک‌ها به وجود می‌آید.

در این فصل مراحل مدل سازی ریسک شرکت البرز شرقی برای کل شرکت، معادن، گروه‌های استخراجی، در اشکال ۴-۲ تا ۴-۷ آمده است. بعد از این مرحله ماتریس‌های ریسک مربوط به معادن، گروه‌های

استخراجی و کل حوادث شرکت بر اساس مولفه‌های ریسک ساخته شده و در ادامه سطح ریسک و رکوردهای ایمنی به صورت جداولی ثبت شده و در نهایت اقدامات کنترلی در مورد حوادث شغلی بیان می‌شود.

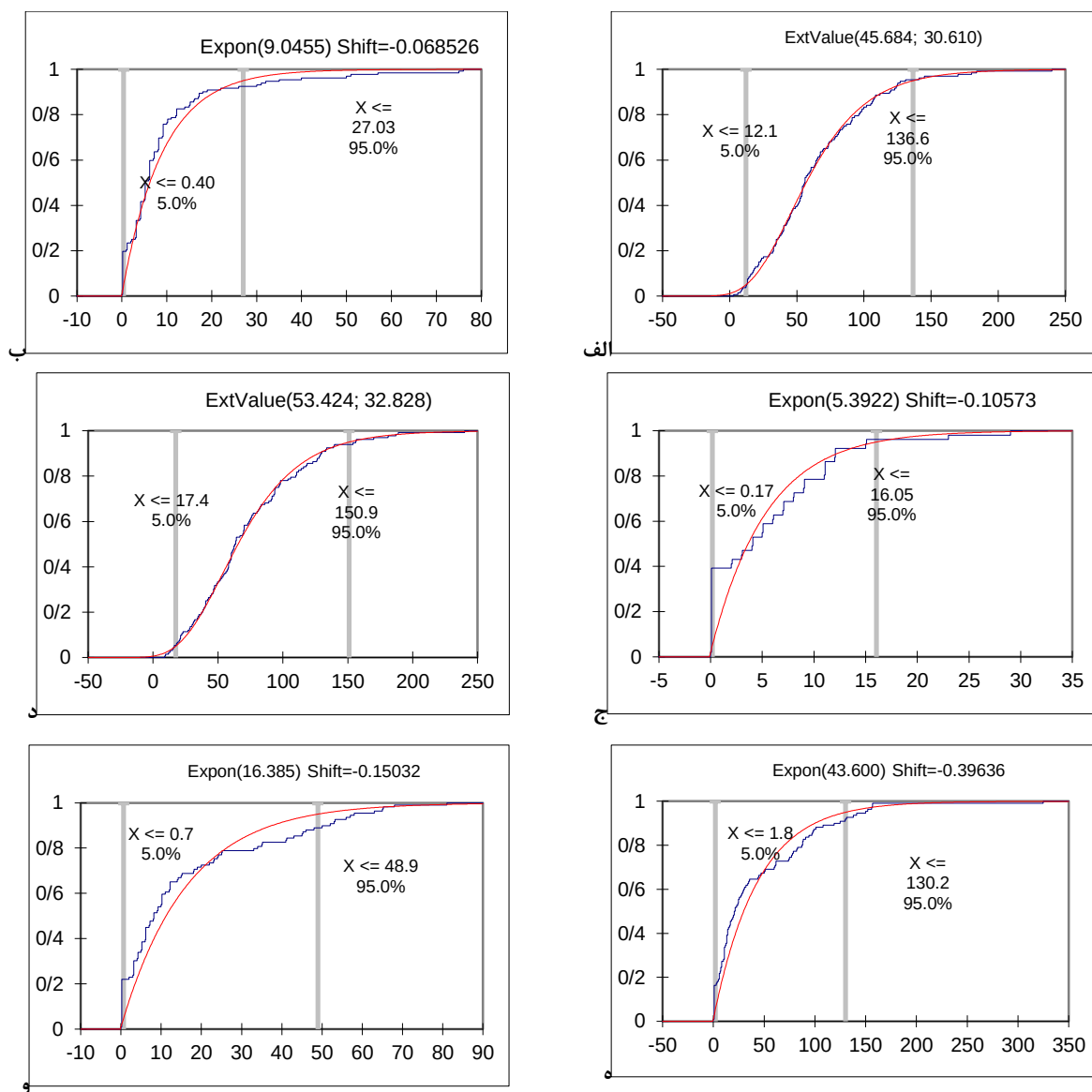
شکل ۴-۲ فراوانی توزیع حوادث شغلی شرکت البرز شرقی به صورت ماهانه آمده است. با توجه به اینکه در تهیه ماتریس نهایی ریسک معادن لازم است که از نمودارهای احتمال تجمعی فراوانی حوادث در هر ماه استفاده شود، در این شکل فراوانی حوادث به این صورت نمایش داده شده است و گرنه بهتر بود هیستوگرام فراوانی نمایش داده شود.



شکل ۴-۲: گراف تکرار حوادث. الف) طزره ب) رضی ج) تخت د) کل حوادث ه) شاغلین و) پیمانکاران

شکل ۴-۲ نشان می‌دهد که در کل شرکت ۹۵ درصد حوادث ماهانه کمتر از ۵۰ حادثه بوده، این عدد یعنی سطح اعتماد ۹۰ درصد در معادن طزره، رضی و تخت به ترتیب تقریباً ۳۹، ۵ و ۳ حادثه می‌باشد. میانگین فراوانی حادثه در معدن طزره ۲۲، معدن رضی ۲ و معدن تخت ۱ حادثه در ماه می‌باشد. این عدد در رابطه با کل شرکت ۲۹ حادثه در ماه می‌باشد. در رابطه با گروه‌های استخراجی نیز می‌توان بیان کرد که ۹۵ درصد

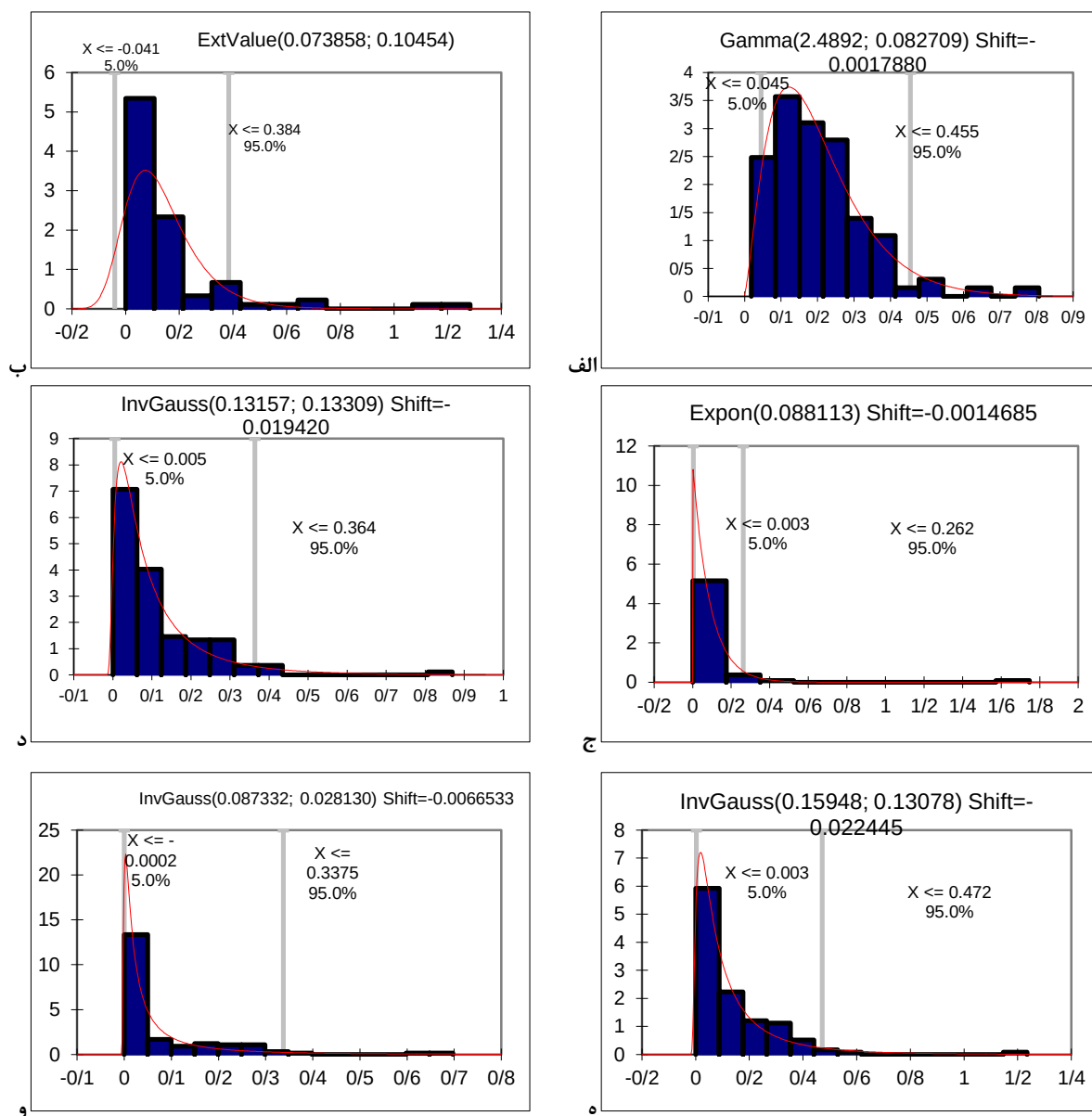
حوادث ماهانه شاغلین کمتر از ۱۳ و پیمانکاران کمتر از ۱۲ می‌باشد. میانگین حادثه در هر ماه پیمانکاران ۱ حادثه و شاغلین شرکت ۳ حادثه در ماه می‌باشد. شکل ۴-۵ روزهای از دست رفته کاری برای شرکت البرز شرقی را بیان می‌کند.



شکل ۴-۳: توزیع روزهای از دست رفته ماهانه (الف) طزره (ب) رضی (ج) تخت (د) کل حوادث (ه) شاغلین و (و) پیمانکاران

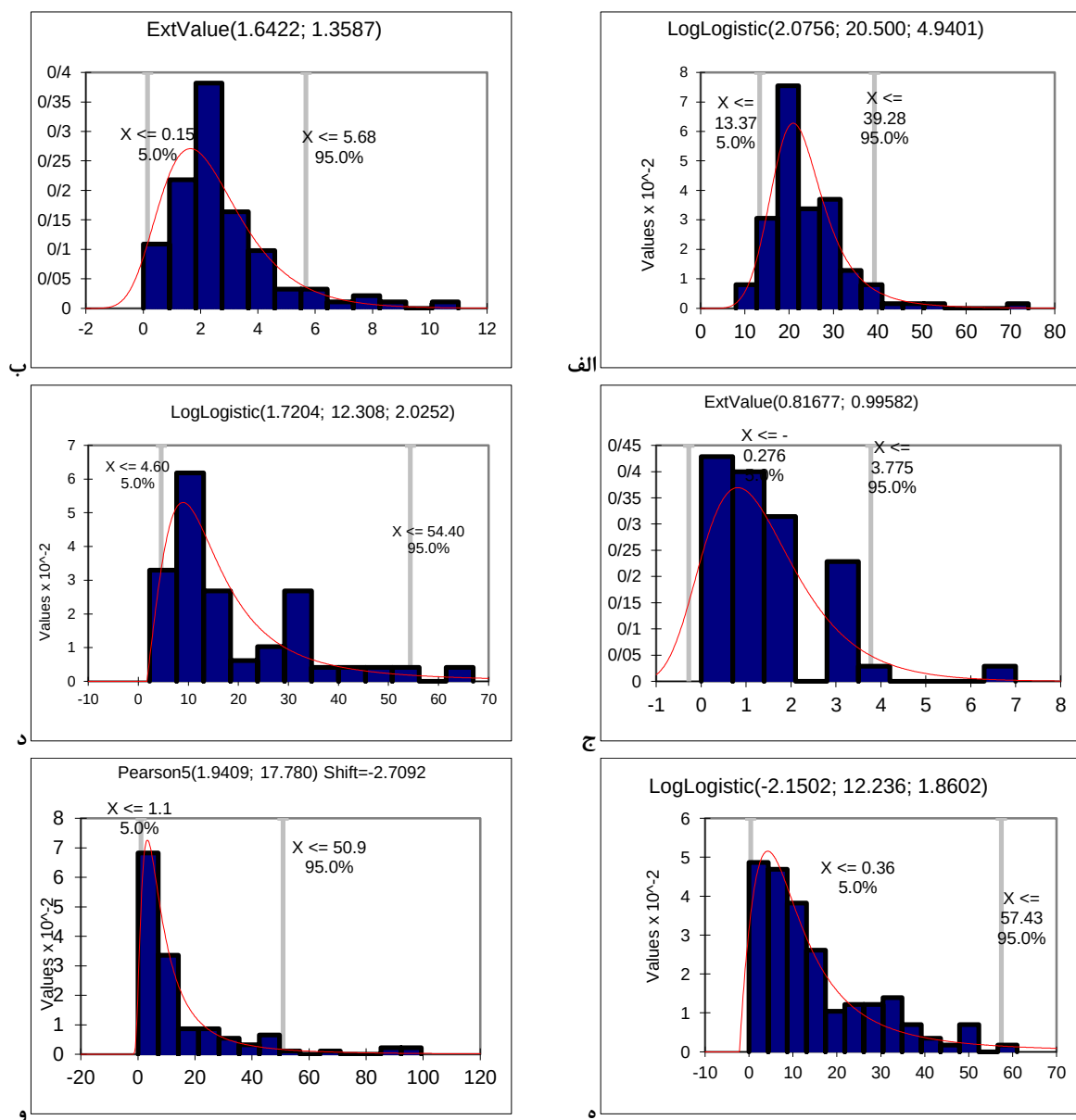
همانطور که از نمودارهای شکل ۴-۳ مشخص است، ۹۵ درصد روزهای از دست رفته کل شرکت در ماه کمتر از ۱۵۰ روز می‌باشد. این عدد در رابطه با معادن طزره، رضی و تخت به ترتیب ۱۳۶، ۲۷ و ۱۶ روز

می‌باشد. میانگین عدد روزهای از دست رفته نیز به ترتیب ۵۰، ۱۲ و ۶ روز می‌باشد. این عدد در کل شرکت نیز ۵۸ روز کاری از دست رفته در ماه است. قابل ذکر است که در شکل ۳-۴ سطح اطمینان روزهای از دست رفته در شرکت البرز شرقی مربوط به گروه‌های استخراجی به ترتیب پیمانکاران و شاغلین شرکت در بازه ۱ تا ۵۰ روز و ۲ تا ۱۳۰ روز در ماه می‌باشد. میانگین روزهای از دست رفته نیز در این خصوص به ترتیب برای پیمانکاران و شاغلین شرکت ۱۳ و ۵۰ روز می‌باشد. شکل ۴-۴ شدت (ASR) حوادث شرکت البرز شرقی را بیان می‌کند.



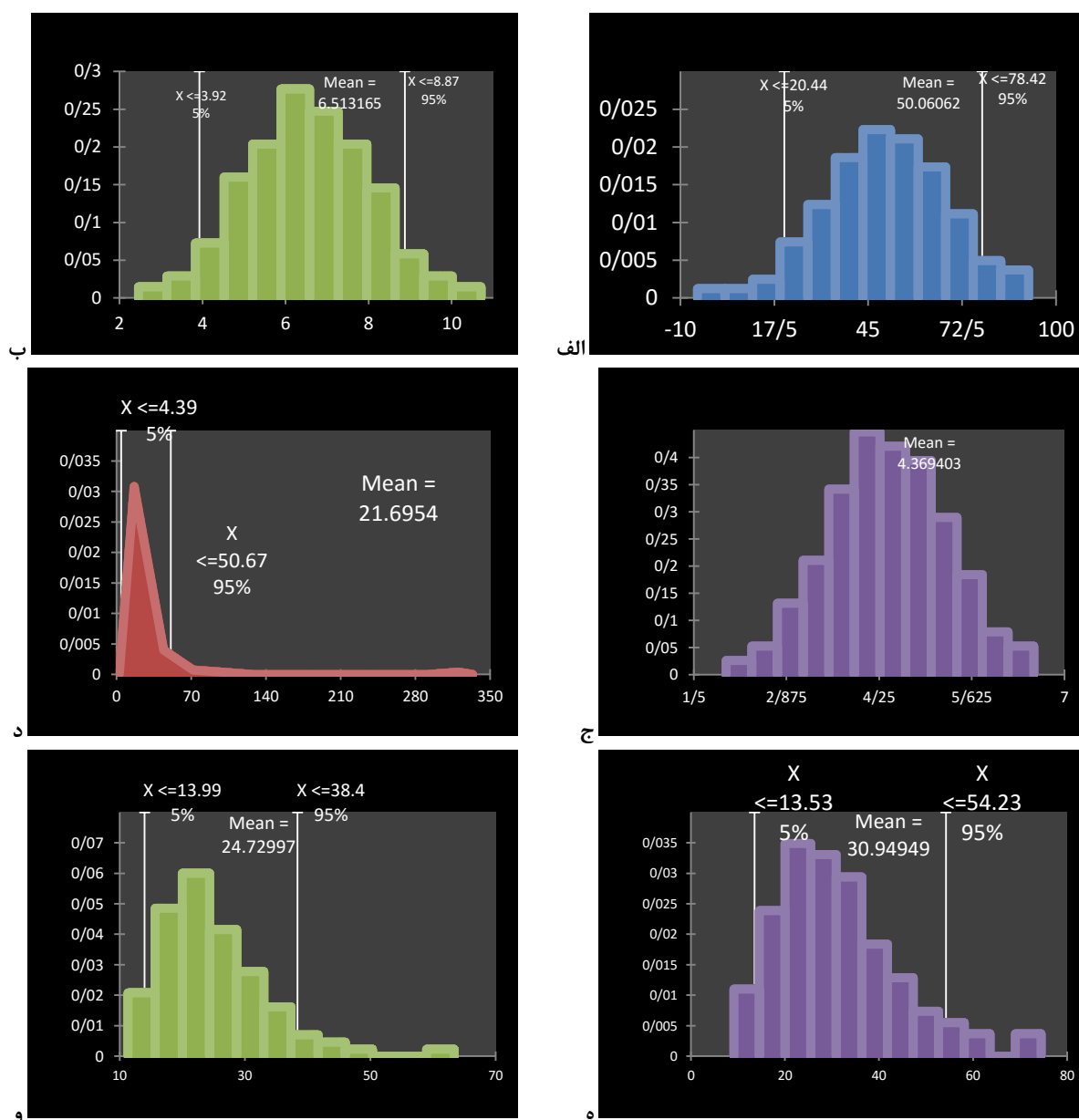
شکل ۴-۴: گراف شدت (الف) طوره (ب) رضی (ج) تخت (د) کل حوادث (ه) شاغلین و (و) پیمانکاران

شکل ۴-۴ مربوط به شدت حوادث در شرکت البرز شرقی می‌باشد. مشهود است که در سطح اطمینان ۹۰ درصد، شدت حوادث به ترتیب در معدن طزره، رضی و تخت، به ترتیب ۰/۴۵، ۰/۳۸ و ۰/۲۶ می‌باشد. در رابطه با گروه‌های استخراجی نیز این عدد به ترتیب برای شاغلین و پیمانکاران، ۰/۴۷ و ۰/۳۳ می‌باشد. شدت کل شرکت نیز ۰/۳۶ می‌باشد. در شکل ۴-۷ فرکانس حوادث (AFR) شرکت البرز شرقی نمایش داده شده است.



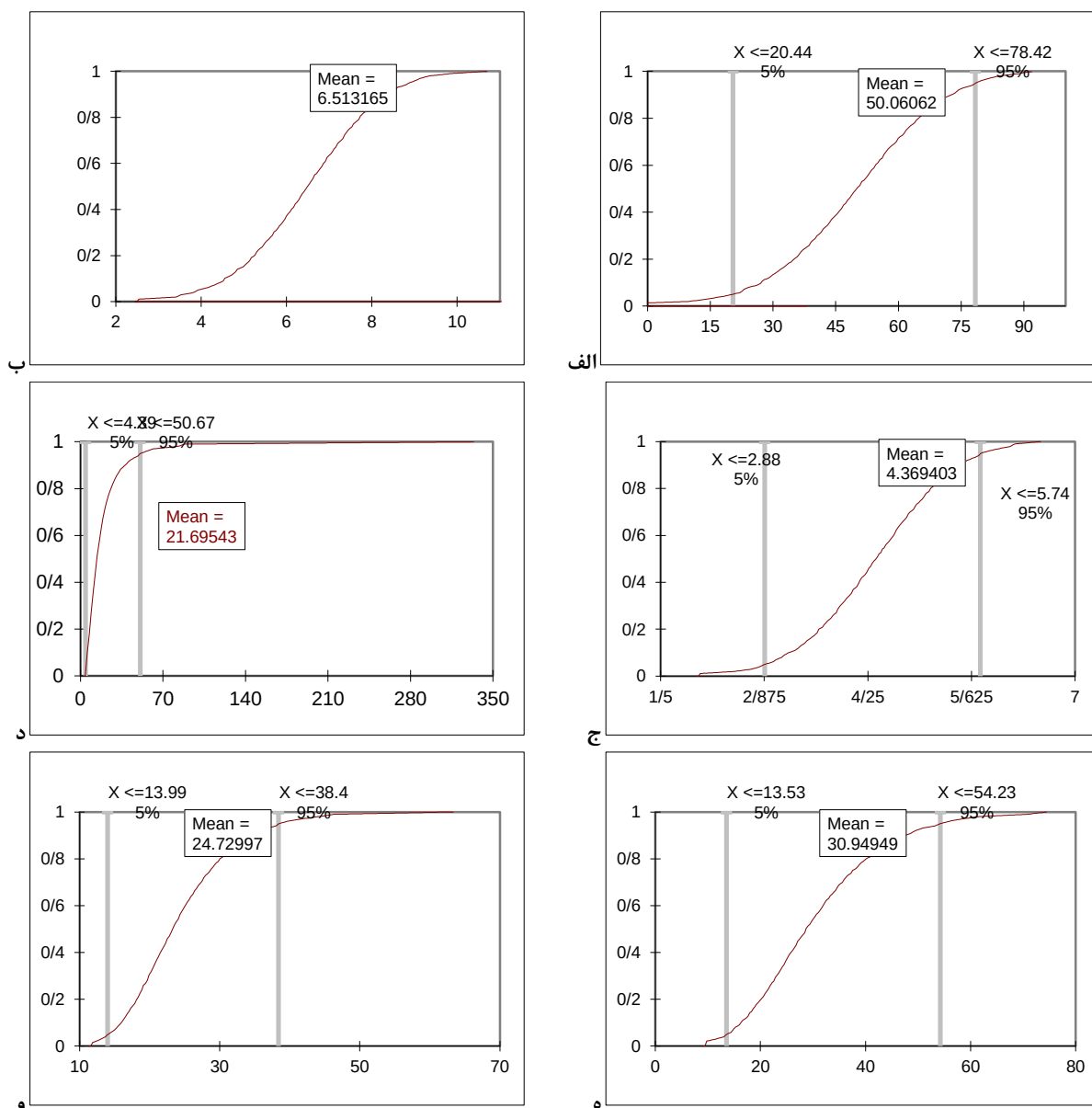
شکل ۴-۵: فرکانس حوادث، الف) طزره ب) رضی ج) تخت د) کل حوادث ه) شاغلین و پیمانکاران

سطح اعتماد ۹۰ درصد فرکانس حوادث در معادن طزره، رضی و تخت به ترتیب ۳۹، ۶ و ۳ می‌باشد. کل شرکت سطح اعتماد فرکانس ۵۴ و گروه‌های استخراجی نیز به ترتیب برای پیمانکاران و شاغلین شرکت عدد فرکانس تقریباً ۵۰ و ۵۷ می‌باشد. همانطور که قبلاً بیان گردید در نهایت نیز ریسک حوادث در شرکت، به صورت حاصلضرب شدت در فرکانس (ورودی نرم‌افزار) شبیه‌سازی به تعداد هزار مرتبه و خروجی‌ها به صورت شکل ۴-۶ نشان داده شده است.



شکل ۴-۶: گراف ریسک (الف طزره ب) رضی ج) تخت د) کل حوادث ه) شاغلین و) پیمانکاران

سطح اطمینان ریسک حوادث همانطور که در شکل ۴-۸ نشان داده شده است، به ترتیب برای کل شرکت، معادن طزره، رضی و تخت، گروه‌های استخراجی پیمانکاران و شاغلین شرکت به ترتیب اعداد ۶، ۹، ۵۰، ۳۸ و ۵۴ می‌باشد. میانگین عدد ریسک نیز برای کل شرکت، معادن طزره، رضی و تخت، گروه‌های استخراجی پیمانکاران و شاغلین شرکت به ترتیب اعداد ۵۰، ۷، ۴، ۲۱، ۳۱ و ۲۵ می‌باشد. در شکل ۴-۷ نمودار احتمال تجمعی ریسک محاسبه شده در معادن البرز شرقی به صورت گراف‌های احتمالاتی بیان شده است.



شکل ۴-۷: گراف احتمالاتی ریسک (الف طزره ب رضی ج تخت د کل حوادث ه شاغلین و پیمانکاران)

همانطور که قبلاً هم بیان گردید بعد از شبیه سازی ریسک، با استفاده از دو متغیر حادثه (فراوانی تعداد و روز-های از دست رفته) که درایه‌های ماتریس ریسک را تشکیل می‌دهند، ماتریس ریسک مربوط به هر معدن و گروه‌های استخراجی پیشنهاد می‌شود تا با استفاده از این ماتریس‌ها و نمودار تجمعی احتمال روزهای از دست رفته، سطح ریسک تمام معادن و حوادث شغلی در شرکت ثبت و مورد بررسی قرار گیرد. جداول ۴-۱ تا ۴-۵ ماتریس ریسک را برای معادن، شاغلین و پیمانکاران نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱ ماتریس ریسک معدن زغالسنگ طزره

ماتریس ریسک پیشنهادی طزره		روز های از دست رفته				
		۰-۳۱	۳۱-۴۸	۴۸-۶۷	۶۷-۹۳	+۹۳
تعداد حوادث	احتمال تجمعی	۰-۰/۲	۰/۲-۰/۴	۰/۴-۰/۶	۰/۶-۰/۸	۰/۸-۱
+۲۹	۰/۸-۱	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۸	۱
۲۵-۲۹	۰/۶-۰/۸	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۸
۲۲-۲۵	۰/۴-۰/۶	۰/۱۲	۰/۲۴	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۶
۱۸-۲۲	۰/۲-۰/۴	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۲۴	۰/۳۲	۰/۴
۰-۱۸	۰-۰/۲	۰/۴	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۲

جدول ۴-۲ ماتریس ریسک معدن زغالسنگ رضی

ماتریس ریسک پیشنهادی رضی		روز های از دست رفته			
		۰-۳	۳-۷	۷-۱۳	+۱۳
تعداد حوادث	احتمال تجمعی	۰-۰/۲۵	۰/۲۵-۰/۵	۰/۵-۰/۷۵	۰/۷۵-۱
+۵	۰/۷۵-۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
۳-۵	۰/۵-۰/۷۵	۰/۱۸۷۵	۰/۳۷۵	۰/۵۶۲۵	۰/۷۵
۱-۳	۰/۲۵-۰/۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۳۷۵	۰/۵
۰-۱	۰-۰/۲۵	۰/۰۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۸۷۵	۰/۲۵

جدول ۴-۳- ماتریس ریسک معدن زغالسنگ تخت

ماتریس ریسک پیشنهادی تخت		روز های از دست رفته			
		۰-۲۰	۲۰-۴۵	۴۵-۸۵	+۸۵
تعداد حوادث	احتمال تجمعی	۰-۰/۲۵	۰/۲۵-۰/۵	۰/۵-۰/۷۵	۰/۷۵-۱
+۱۵	۰/۷۵-۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
۱۱-۱۵	۰/۵-۰/۷۵	۰/۱۸۷۵	۰/۳۷۵	۰/۵۶۲۵	۰/۷۵
۷-۱۱	۰/۲۵-۰/۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۳۷۵	۰/۵
۰-۷	۰-۰/۲۵	۰/۰۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۸۷۵	۰/۲۵

جدول ۴-۴- ماتریس ریسک معدن زغالسنگ شاغلین

ماتریس ریسک پیشنهادی برای شاغلین شرکت		روز های از دست رفته			
		۰-۴۶۸	۴۶۸-۵۷۶	۵۷۶-۶۷۵	+۶۷۵
تعداد حوادث	احتمال تجمعی	۰-۰/۲۵	۰/۲۵-۰/۵	۰/۵-۰/۷۵	۰/۷۵-۱
+۱۱۷	۰/۷۵-۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
۹۱-۱۱۷	۰/۵-۰/۷۵	۰/۱۸۷۵	۰/۳۷۵	۰/۵۶۲۵	۰/۷۵
۶۲-۹۱	۰/۲۵-۰/۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۳۷۵	۰/۵
۰-۶۰	۰-۰/۲۵	۰/۰۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۸۷۵	۰/۲۵

جدول ۴-۵- ماتریس ریسک معدن زغالسنگ پیمانکاران

ماتریس ریسک پیشنهادی برای پیمانکاران		روز های از دست رفته			
		۰-۳۱۰	۳۱۰-۳۷۰	۳۷۰-۴۲۰	+۴۲۵
تعداد حوادث	احتمال تجمعی	۰-۰/۲۵	۰/۲۵-۰/۵	۰/۵-۰/۷۵	۰/۷۵-۱
+۸۴	۰/۷۵-۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
۶۸-۸۴	۰/۵-۰/۷۵	۰/۱۸۷۵	۰/۳۷۵	۰/۵۶۲۵	۰/۷۵
۵۰-۶۸	۰/۲۵-۰/۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۳۷۵	۰/۵
۰-۵۰	۰-۰/۲۵	۰/۰۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۸۷۵	۰/۲۵

لازم به ذکر است تیره شدن ماتریس ریسک از پایین و سمت چپ به بالا و سمت راست، افزایش شدت ریسک در معادن شرکت البرز شرقی را نمایان می‌کند. به عبارت دیگر رنگ سفید نشانه شدت ریسک خیلی پایین و رنگ مشکی تیره بالاترین شده ریسک را در هر ماتریس ریسک نشان می‌دهد.

در ماتریس خطر، تکرار و شدت حوادث به طور مستقیم توسط توزیع تجمعی که مولفه‌های آن در قسمت‌های قبلی تخمین زده شده بود، تعیین می‌شوند. سپس، هر دو توزیع تجمعی به بازه‌های زمانی مساوی تقسیم شده و محدوده معادل مشاهدات واقعی بر روی محور x نیز ثبت شده است. از روی ماتریس می‌توان درک کرد که مقادیر شدت و تکرار حوادث از پایین به بالا و از چپ به راست افزایش می‌یابد. سرانجام، برای هر عضو در ماتریس ریسک، امتیاز خطر مناسب به صورت کمی داده شده است که با ضرب محدوده بالا و پایین از مقدار احتمال روی دو مولفه می‌توان بالاترین مقدار را به المان متقاطع منصوب کرد. سطح خطر (ریسک) را به صورت کیفی نیز در محدوده المان‌ها از خیلی پایین تا شدید می‌توان اختصاص داد، به طوری که به صورت قطری مساوی باشند. همانطور که در فصل دوم راجع به ماتریس کیفی ریسک بیان شد، بمنظور بیان سطح ریسک از واژه‌های کیفی استفاده می‌شود. با استفاده از ماتریس ریسک و گراف مربوط به روزهای از دست رفته هر معدن، حادثه یا گروه استخراجی می‌توان یک مقیاس به منظور تعیین سطح ریسک معدن انتخاب و پیش-بینی کرد. به طور مثال در جدول ۴-۱، سطح ریسک متوسط دارای احتمال مینیمم ۰/۲۴ و ماکزیمم ۰/۳۶ می‌باشد. اگر این اعداد روی محور احتمال تجمعی نمودار (محور y) در شکل ۴-۳ مشخص شوند، مقادیر مجموع روزهای از دست رفته روی محور x به ترتیب باید برابر ۳۵ و ۴۵ شوند. این بدان معنی است که اگر در معدن طزره مجموعاً ۴۰ روز از دست رفته برای کل پرسنل طزره در یک ماه داشته باشیم (احتمال اینکه یک کارگر هر ۳۰ روز کاری را در اثر حادثه از دست دهد وجود دارد)، میزان سطح خطر معدن، متوسط در نظر گرفته خواهد شد. براین اساس، دیگر سطوح خطر با استفاده از همین روش به دست آمده‌اند و سطح خطر نهایی

معادن طزره در جدول ۴-۶ نشان داده شده است. جداول بعدی نیز بترتیب سطح ریسک در مجموعه معادن رضی، تخت و مجموعه شاغلین و پیمانکاران شرکت البرز شرقی می‌باشد.

جدول ۴-۶- تعیین سطح ریسک درمجموعه معادن طزره

سطح ریسک	روز های از دست رفته	احتمال تجمعی
شدید	+۹۱	۰/۸-۱
خیلی بالا	۷۱-۹۱	۰/۶۴-۰/۸
بالا	۴۵-۷۱	۰/۳۶-۰/۶۴
متوسط	۳۴-۴۵	۰/۲۴-۰/۳۶
پایین	۱۸-۳۴	۰/۱۲-۰/۲۴
خیلی پایین	۰-۱۸	۰-۰/۱۲

جدول ۴-۷- تعیین سطح ریسک درمجموعه معادن رضی

سطح ریسک	روز های از دست رفته	احتمال تجمعی
شدید	+۱۲	۰/۷۵-۱
خیلی بالا	۸-۱۲	۰/۵۶۲۵-۰/۷۵
بالا	۵-۸	۰/۳۷۵-۰/۵۶۲۵
متوسط	۳-۵	۰/۲۵-۰/۳۷۵
پایین	۲-۳	۰/۱۲۵-۰/۲۵
خیلی پایین	۰-۲	۰-۰/۱۲۵

جدول ۴-۸- تعیین سطح ریسک معدن تخت

سطح ریسک	روز های از دست رفته	احتمال تجمعی
شدید	+۷	۰/۷۵-۱
خیلی بالا	۴-۷	۰/۵۶۲۵-۰/۷۵
بالا	۲-۴	۰/۳۷۵-۰/۵۶۲۵
متوسط	۲	۰/۲۵-۰/۳۷۵
پایین	۱	۰/۱۲۵-۰/۲۵
خیلی پایین	۰	۰-۰/۱۲۵

جدول ۴-۹- ارزیابی ریسک شاغلین شرکت و پیمانکاران

سطح ریسک	احتمال تجمعی	روز های از دست رفته برای شاغلین	روز های از دست رفته برای پیمانکاران
شدید	۰/۷۵-۱	+۶۷۵	+۴۲۷
خیلی بالا	۰/۶۵۲۵-۰/۷۵	۵۹۶-۶۷۵	۳۸۲-۴۲۷
بالا	۰/۳۷۵-۰/۵۶۲۵	۵۲۳-۵۹۶	۳۴۰-۳۸۲
متوسط	۰/۲۵-۰/۳۷۵	۴۶۸-۵۲۳	۳۱۰-۳۴۰
پایین	۰/۱۲۵-۰/۲۵	۳۹۵-۴۶۸	۲۷۰-۳۱۰
خیلی پایین	۰-۰/۱۲۵	۰-۳۹۵	۰-۲۷۰

جداول ۴-۱۰ تا ۴-۱۳ تاریخچه عملکرد ایمنی را که از گذشته ثبت شده است، نشان می دهد.

جدول ۴-۱۰: رکوردهای ایمنی معدن طرزه													
سطح ریسک													
سال	سالانه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۱۳۸۰	خیلی بالا	بالا	پایین	شدید	بالا	شدید	شدید	خیلی بالا	متوسط	خیلی بالا	خیلی بالا	خیلی بالا	بالا
۱۳۸۱	بالا	متوسط	خیلی پایین	خیلی پایین	بالا	شدید	شدید	شدید	خیلی پایین	بالا	شدید	خیلی پایین	بالا
۱۳۸۲	خیلی بالا	بالا	بالا	شدید	بالا	خیلی بالا	خیلی بالا	خیلی بالا	شدید	بالا	متوسط	شدید	شدید
۱۳۸۳	خیلی بالا	بالا	خیلی بالا	متوسط	شدید	خیلی بالا	خیلی بالا	خیلی بالا	متوسط	شدید	بالا	متوسط	شدید
۱۳۸۴	متوسط	خیلی پایین	بالا	بالا	شدید	متوسط	متوسط	متوسط	بالا	شدید	بالا	بالا	پایین
۱۳۸۵	شدید	شدید	خیلی پایین	شدید	پایین	متوسط	متوسط	متوسط	شدید	پایین	خیلی بالا	شدید	خیلی بالا
۱۳۸۶	شدید	بالا	خیلی پایین	بالا	خیلی بالا	شدید	شدید	شدید	خیلی بالا	بالا	خیلی بالا	خیلی بالا	بالا
۱۳۸۷	بالا	متوسط	متوسط	خیلی بالا	متوسط	پایین	بالا	پایین	خیلی بالا	خیلی بالا	بالا	خیلی بالا	متوسط
۱۳۸۸	خیلی پایین	بالا	شدید	بالا	متوسط	پایین	پایین	پایین	بالا	متوسط	خیلی بالا	بالا	پایین
۱۳۸۹	پایین	بالا	بالا	خیلی بالا	پایین	بالا	بالا	بالا	خیلی بالا	پایین	شدید	خیلی بالا	بالا
۱۳۹۰	بالا	بالا	بالا	شدید	بالا	شدید	شدید	بالا	شدید	بالا	خیلی بالا	شدید	متوسط

جدول ۴-۱۱: رگردهای ایمنی معدن رضی

سطح ریسک											
اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین
خیلی بالا	خیلی بالا	بالا	بالا	پایین	پایین	بالا	متوسط	خیلی بالا	بالا	متوسط	بالا
۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰
بالا	بالا	پایین	متوسط	شدید	شدید	بالا	بالا	بالا	بالا	بالا	متوسط
۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱	۱۳۸۱
بالا	متوسط	متوسط	بالا	بالا	بالا	شدید	پایین	شدید	شدید	متوسط	بالا
۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲	۱۳۸۲
پایین	بالا	بالا	پایین	پایین	پایین	بالا	پایین	بالا	پایین	بالا	خیلی بالا
۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳	۱۳۸۳
پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	بالا	بالا	بالا	پایین	بالا
۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴	۱۳۸۴
بالا	پایین	پایین	بالا	بالا	بالا	پایین	متوسط	پایین	پایین	بالا	بالا
۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵	۱۳۸۵
متوسط	بالا	بالا	متوسط	متوسط	متوسط	پایین	بالا	بالا	پایین	بالا	متوسط
۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶	۱۳۸۶
پایین	متوسط	متوسط	پایین	پایین	پایین	بالا	بالا	بالا	بالا	متوسط	پایین
۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷	۱۳۸۷
بالا	پایین	پایین	بالا	بالا	بالا	پایین	پایین	متوسط	متوسط	پایین	بالا
۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۳۸۸
پایین	بالا	بالا	پایین	پایین	پایین	بالا	متوسط	بالا	پایین	بالا	متوسط
۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹	۱۳۸۹
خیلی بالا	پایین	پایین	خیلی بالا	بالا	بالا	پایین	بالا	پایین	بالا	پایین	متوسط
۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰

جدول ۴-۱۲: رکوردهای ایمنی معدن تخت

سطح ریسک													
اسفند	بهمن	دی	آذر	آبان	مهر	شهریور	مرداد	تیر	خرداد	اردیبهشت	فروردین	سالانه	سال
پایین	بالا	بالا	پایین	پایین	پایین	بالا	پایین	بالا	پایین	بالا	پایین	بالا	۱۳۸۶
پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	بالا	پایین	بالا	پایین	پایین	متوسط	۱۳۸۷
بالا	پایین	پایین	بالا	بالا	بالا	پایین	متوسط	پایین	پایین	پایین	بالا	پایین	۱۳۸۸
متوسط	بالا	بالا	متوسط	متوسط	متوسط	پایین	پایین	بالا	پایین	بالا	متوسط	خیلی پایین	۱۳۸۹
پایین	متوسط	متوسط	پایین	پایین	پایین	متوسط	پایین	متوسط	بالا	متوسط	پایین	پایین	۱۳۹۰

جدول ۴-۱۳- تاریخچه عملکرد شاغلین شرکت و پیمانکاران

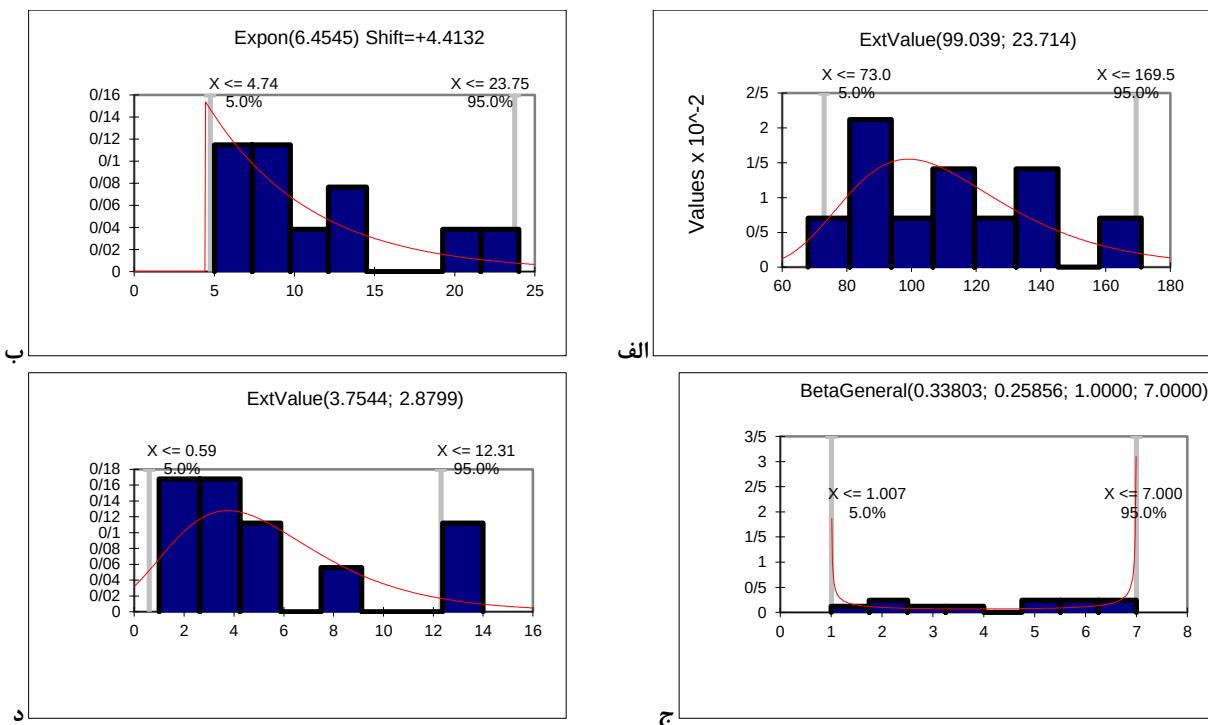
تاریخچه عملکرد شاغلین شرکت		تاریخچه عملکرد پیمانکاران		سال
سطح ریسک	روز های از دست رفته کل شاغلین شرکت بدون فوتی ها	سطح ریسک	روز های از دست رفته کل شاغلین شرکت بدون فوتی ها	
خیلی بالا	۶۶۷	شدید	۴۷۷	۱۳۸۰
خیلی بالا	۶۶۵	بالا	۳۵۰	۱۳۸۱
شدید	۷۵۰	متوسط	۳۲۴	۱۳۸۲
بالا	۵۴۲	پایین	۲۹۷	۱۳۸۳
متوسط	۴۹۰	خیلی پایین	۲۵۰	۱۳۸۴
بالا	۵۵۷	شدید	۵۲۰	۱۳۸۵
شدید	۷۸۴	بالا	۳۵۶	۱۳۸۶
شدید	۷۰۱	شدید	۴۶۷	۱۳۸۷
خیلی پایین	۳۲۸	بالا	۳۴۲	۱۳۸۸
پایین	۴۵۲	پایین	۳۰۷	۱۳۸۹
خیلی پایین	۳۶۰	بالا	۳۵۸	۱۳۹۰

۴-۶- ارائه مدل مفهومی با استفاده از تلفیق حوادث شغلی

با بیان این مطلب که همیشه باید بدنبال به حداقل رساندن حوادث شغلی در معادن بود، در این بخش، با استفاده از تلفیق انواع حوادث و با توجه به اینکه تمام حوادث از عدم قطعیت برخوردارند، مدلی ارائه شده است تا بتوان ارزیابی ریسک حوادث را با استفاده از دو متغیر اصلی در پایان هر سال بدست آورد. در این بخش، منظور از فرکانس، تعداد هر نوع حادثه و منظور از شدت، روزهای از دست رفته در اثر وقوع هر نوع حادثه می‌باشد.

در مرحله اول مدل سازی، هدف تعیین توابع توزیع تک تک انواع حوادث می‌باشد. به عنوان مثال چند تابع توزیع از حوادث مهم شرکت در شکل ۴-۱۰ آمده است. همانگونه که بیان گردید شرط لازم جهت اجرای شبیه سازی مونت کارلو تعیین تابع توزیع احتمال برای هر یک از متغیرهای تصادفی است. از این رو برای تمامی متغیرهای تصادفی ذکر شده براساس اطلاعات موجود، بررسی ها و قضاوت های مهندسی تابع توزیع احتمال

مناسبی در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است در مورد هر یک از متغیرها که داده های موجود به اندازه کافی بود جهت تعیین تابع توزیع احتمال از برنامه کامپیوتری Best-Fit بهره گرفته شده است. در این بخش هر یک از حوادث به عنوان یک متغیر فرض شده‌اند.



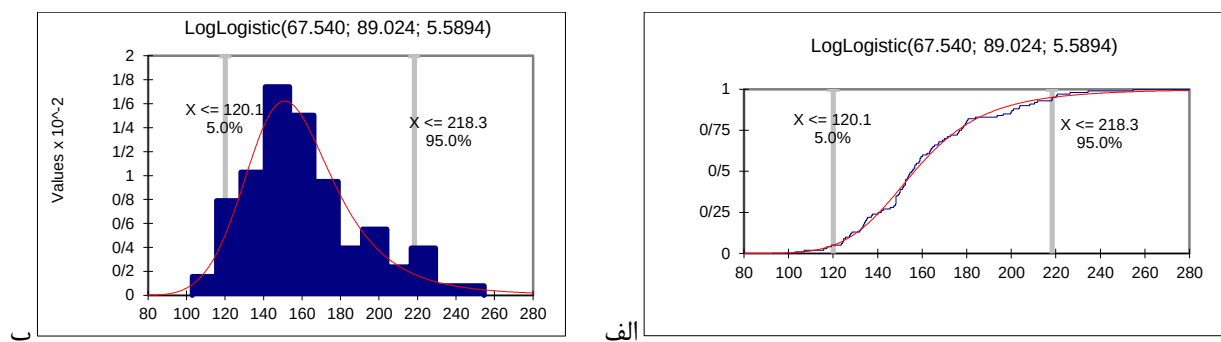
شکل ۴-۸: الف: نمودار توزیع حادثه برخورد با اجسام رها شده و پرتاب شده ب: ریزش سقف، ج: گاز گرفتگی د: سقوط از ارتفاع

در مرحله بعد، چون هدف از مدل‌سازی در این مطالعه مینیمم کردن حوادث در ماه و سال و تصمیم‌گیری جهت کاهش آنها است، تابع هدف به شکل زیر شبیه‌سازی می‌شود.

$$Y = \sum_{k=1}^n \text{MIN}(X_k)$$

X_k : تابع توزیع فرکانس انواع متغیرهای حادثه

در نهایت خروجی شبیه‌سازی به صورت یک تابع توزیع در شکل ۴-۹ آمده است.

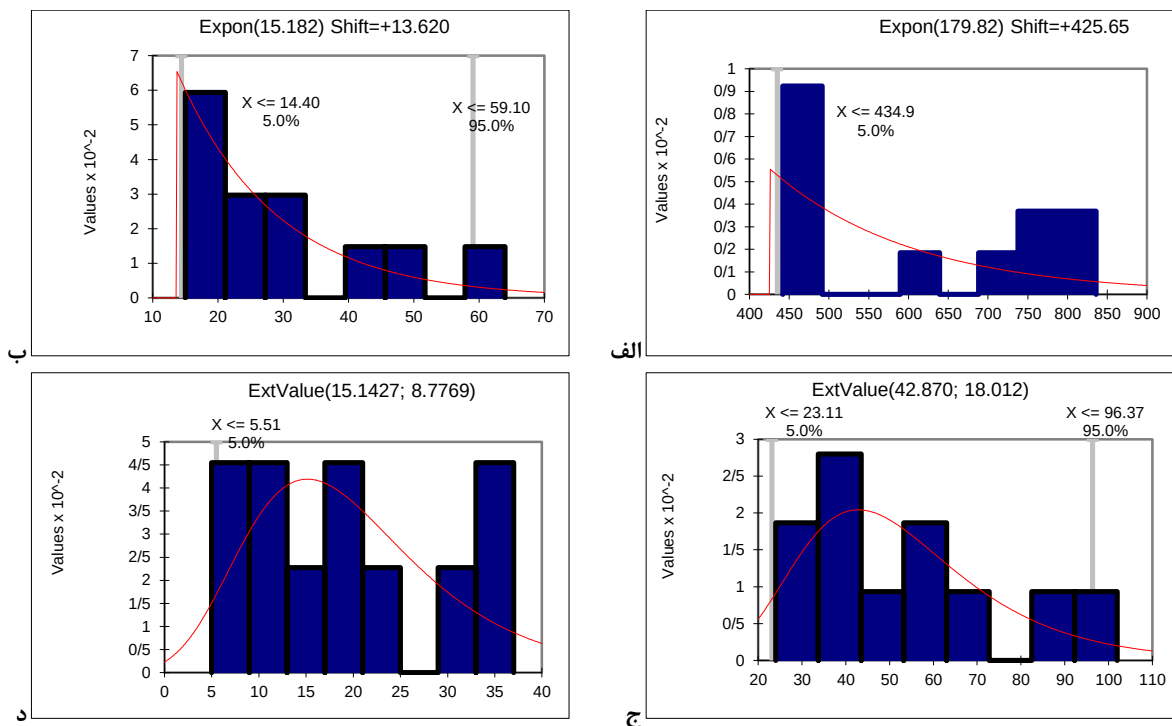


شکل ۴-۹: الف: نمودار احتمالاتی متغیر جدید تولید شده (خروجی مونت کارلو) ب: توزیع متغیر جدید تولید شده از مونت کارلو (تعداد کل حادثه)

مراحل فوق برای ایجاد تابع هدف دوم که همان تولید متغیر شدت است، انجام شده و نتایج در اشکال

۴-۱۰ و ۴-۱۱ آمده است. ابتدا نمودارهای توزیع روزهای از دست رفته برای تک تک انواع حوادث شغلی رسم

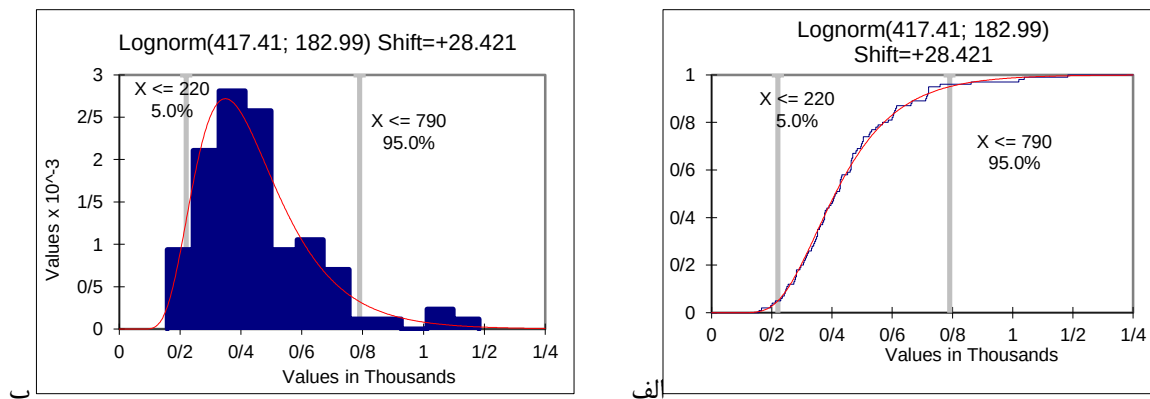
می شود و سپس تابع هدف در نرم افزار @RISK شبیه سازی می شود.



شکل ۴-۱۰: نمودار توزیع روزهای از دست رفته انواع حوادث، الف) برخورد با اجسام رها شده و پرتاب شده ب) ریزش سقف ج) گاز گرفتگی و د) سقوط از ارتفاع

$$Z = \sum_{k=1}^n \text{MIN}(X_k)$$

جایی که، X_k : تابع توزیع شدت انواع متغیرهای حادثه می‌باشد. نتایج خروجی شبیه سازی به شرح زیر می‌باشد.



شکل ۴-۱۱: الف) نمودار احتمالاتی متغیر جدید تولید شده (خروجی مونت کارلو) و ب) توزیع متغیر جدید تولید شده از مونت کارلو (روزهای از دست رفته)

در مرحله آخر ماتریسی که بر اساس خروجی‌های شبیه سازی بدست می‌آید، پیشنهاد می‌شود.

جدول ۴-۱۴- ماتریس پیشنهادی ریسک انواع حوادث شغلی

ماتریس ریسک پیشنهادی ادغام انواع حوادث شرکت		روز های از دست رفته			
		۰-۳۲۰	۳۲۰-۴۱۲	۴۱۲-۵۴۰	۵۴۰+
تعداد حوادث	احتمال تجمعی	۰-۰/۲۵	۰/۲۵-۰/۵	۰/۵-۰/۷۵	۰/۷۵-۱
۱۷۵+	۰/۷۵-۱	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱
۱۶۰-۱۷۵	۰/۵-۰/۷۵	۰/۱۸۷۵	۰/۳۷۵	۰/۵۶۲۵	۰/۷۵
۱۴۰-۱۶۰	۰/۲۵-۰/۵	۰/۱۲۵	۰/۲۵	۰/۳۷۵	۰/۵
۰-۱۴۰	۰-۰/۲۵	۰/۰۶۲۵	۰/۱۲۵	۰/۱۸۷۵	۰/۲۵

سطح ریسک بر اساس ماتریس فوق به صورت جدول زیر می‌باشد.

جدول ۴-۱۵- سطح ریسک

سطح ریسک	احتمال تجمعی
شدید	۰/۷۵-۱
خیلی بالا	۰/۵۶۲۵-۰/۷۵
بالا	۰/۳۷۵-۰/۵۶۲۵
متوسط	۰/۲۵-۰/۳۷۵
پایین	۰/۱۲۵-۰/۲۵
خیلی پایین	۰-۰/۱۲۵

بنابراین در هر سال می‌توان ریسک شرکت را ارزیابی کرد. مثلاً اگر در یک سال تعداد حوادث شدید ۱۴۵ حادثه و تعداد روزهای از دست رفته در این سال ۴۲۰ روز باشد، احتمال تجمعی با استفاده از ماتریس ریسک در جدول ۴-۱۴ مقدار ۰/۳۷۵ می‌باشد، که بر اساس جدول ۴-۱۵ سطح ریسک بالا می‌باشد.

۴-۷- اقدامات کنترلی در خصوص حوادث شرکت

در پایان به ریسک‌های غالب شرکت البرز شرقی اشاره و در راستای تکمیل فرآیند مدیریت ریسک اقدامات کنترلی و پایشی بشرح جدول شماره ۴-۱۶ پیشنهاد می‌شود.

جدول ۴-۱۶: ریسک - اقدام اصلاحی و کنترلی - پایش

ردیف	ریسک	اقدام اصلاحی - کنترلی	چگونگی پایش
۱	ابزار کار و اشیاء (خطر برخورد سنگ، چوب و ابزار پرتاب شده با اعضا بدن)	الف) تقویت استحکامات ستون ب) جرز و تخته کشی پ) استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	بازرسی مداوم
۲	سقوط از ارتفاع (خطر افتادن از پله جبهه کار از ارتفاع‌های مختلف)	قرار دادن ستون‌ها در فولیه	بازرسی مداوم در حین کار
۳	ریزش سقف	نگهداری و تخته کوبی کمر بالای جبهه کار	بازرسی مداوم کمرهای لایه
۴	پرتاب زغال (خطر پرتاب زغال به علت داشتن کیسه‌های گازی متان)	الف) حفر چال در لایه جهت تخلیه گاز داخل لایه ب) استفاده از کپسول‌های خود نجات در مراکز دارای خطر بالا	تهیه نقشه از نقاط گاز خیز و بازرسی مداوم لایه‌های گاز خیز
۵	انفجار	الف) دگازاژ لایه‌های گاز دار ب) استفاده از دینامیت‌های ضد گریزو	بررسی و تشخیص لایه‌های با گاز خیزی بالا
۶	خفگی (خطر استنشاق گاز متان)	الف) تهویه صحیح ب) تهیه نقشه تهویه کامل	الف) تشخیص نقاط گازخیز ب) استفاده از گریزومترهای روسی قابل اعتماد
۷	خفگی (استنشاق گاز متان)	تهویه مناسب	پ) کالیبره کردن صحیح گریزومترها
۸	خفگی (استنشاق گازهای CO ₂ ، CO و ...)	الف) تهویه مطبوع و مطلوب ب) کنترل گازها	بازدید از ونتیلاتورهای اصلی و تونلی
۹	مسمومیت (خطر مسمومیت ناشی از گاز CO، خودسوزی و آتش و سوزی)	تهویه	بازدید از ونتیلاتور اصلی
۱۰	ریزش ناگهانی زیر جبهه کار (خطر ریزش و رها شدن زغال زیر پله و جبهه کار)	الف) نگهداری زیر پله و جبهه کار با تخته و چوب ب) استفاده از تجهیزات حفاظت فردی	بازرسی مداوم
۱۱	انفجار گرد زغال	الف) آهک پاشی ب) استفاده از پودر سنگ و آب	آماده کردن محیط قبل از انفجار
۱۲	پیچ خوردگی (خطر پیچ خوردگی دست و پا)	الف) آموزش منظم و مناسب ب) احتیاط کارگران	الف) تذکر مدیران و مسئولین کارگاه و تونل ب) نصب پاسپورت در نقاط حساس
۱۳	گاز گرفتگی	گاز زدایی	تهیه نقشه تهویه
۱۴	ریسک ناشی از مریضی کارکنان	جابجایی پرسنل در مشاغل مختلف	تشخیص مکان‌های بیماریزا

۴-۸- نتیجه گیری

نتایج آنالیز ریسک معادن شرکت البرز شرقی به شرح زیر استخراج شده است.

- میانگین فراوانی حادثه در معدن طزره ۲۲، معدن رضی ۲ و معدن تخت ۱ حادثه در ماه می باشد. این عدد در رابطه با کل شرکت ۲۹ حادثه در ماه است.
- در رابطه با گروه های استخراجی نیز می توان بیان کرد که ۹۵ درصد حوادث ماهانه شاغلین کمتر از ۱۳ و پیمانکاران کمتر از ۱۲ می باشد. میانگین حادثه در هر ماه پیمانکاران ۱ حادثه و شاغلین شرکت ۳ حادثه در ماه می باشد.

- ۹۵ درصد روزهای از دست رفته کل شرکت در ماه کمتر از ۱۵۰ روز می باشد. این عدد در رابطه با معادن طزره، رضی و تخت بترتیب ۱۳۶، ۲۷ و ۱۶ روز می باشد. میانگین عدد روزهای از دست رفته نیز به ترتیب ۵۰، ۱۲ و ۶ روز می باشد. این عدد در کل شرکت نیز ۵۸ روز کاری از دست رفته در ماه است.
- قابل ذکر است که در شکل ۴-۳ سطح اطمینان روزهای از دست رفته در شرکت البرز شرقی مربوط به گروه های استخراجی به ترتیب پیمانکاران و شاغلین شرکت در بازه ۱ تا ۵۰ روز و ۲ تا ۱۳۰ روز در ماه می باشد. میانگین روزهای از دست رفته نیز در این خصوص به ترتیب برای پیمانکاران و شاغلین شرکت ۱۳ و ۵۰ روز می باشد.

- شکل ۴-۴ مربوط به شدت حوادث در شرکت البرز شرقی می باشد. مشهود است که در سطح اطمینان ۹۰ درصد، شدت حوادث به ترتیب در معدن طزره، رضی و تخت، به ترتیب ۰/۴۵، ۰/۳۸ و ۰/۲۶ می باشد. در رابطه با گروه های استخراجی نیز این عدد به ترتیب برای شاغلین و پیمانکاران، ۰/۴۷ و ۰/۳۳ می باشد. شدت کل شرکت نیز ۰/۳۶ می باشد.

- سطح اعتماد ۹۰ درصد فرکانس حوادث در معادن طزره، رضی و تخت به ترتیب ۳۹، ۶ و ۳ می باشد. کل شرکت سطح اعتماد فرکانس ۵۴ و گروه های استخراجی نیز به ترتیب برای پیمانکاران و شاغلین شرکت عدد فرکانس تقریباً ۵۰ و ۵۷ می باشد.

- سطح اطمینان ریسک حوادث همانطور که در شکل ۴-۶ نشان داده شده است، به ترتیب برای کل شرکت، معادن طزره، رضی و تخت، گروه‌های استخراجی پیمانکاران و شاغلین شرکت به ترتیب اعداد ۷۸، ۹، ۶، ۵۰، ۳۸ و ۵۴ می‌باشد. میانگین عدد ریسک نیز برای کل شرکت، معادن طزره، رضی و تخت، گروه‌های استخراجی پیمانکاران و شاغلین شرکت به ترتیب اعداد ۵۰، ۷، ۴، ۲۱، ۳۱ و ۲۵ می‌باشد.
- تجهیزات فرسوده معدن طزره یکی از دلایل بالا بودن نرخ فراوانی حادثه و پیامد آن، روزهای از دست رفته کاری می‌باشد. همانطور که در فصل سوم بیان شد، مجموعه معدنی طزره بالاترین آمار حادثه را دارا بود. انعکاس این مطلب در فصل چهارم کاملاً نمایان است. سطح اعتماد ۹۰ درصد ضریب فرکانس حوادث در معادن طزره، رضی و تخت به ترتیب ۳۹، ۶ و ۳ می‌باشد. همچنین ضریب شدت طزره نیز بالاترین می‌باشد. سطح اطمینان ۹۰ درصد شدت حوادث به ترتیب در معادن طزره، رضی و تخت، ۰/۴۵، ۰/۳۸ و ۰/۲۶ می‌باشد.
- از ۱۳۲ رکورد ایمنی در معدن طزره ۳۸ رکورد شدید، ۳۵ رکورد خیلی بالا، ۲۰ رکورد بالا، ۱۹ رکورد متوسط، ۱۱ رکورد پایین و ۹ رکورد خیلی پایین ثبت شده است.
- از ۱۳۲ رکورد ایمنی معدن رضی ۱۲ رکورد شدید، ۱۵ رکورد خیلی بالا، ۱۴ رکورد بالا، ۳۵ رکورد متوسط، ۴۰ رکورد پایین و ۲۱ رکورد خیلی پایین ثبت شده است.
- از ۱۳۲ رکورد ایمنی معدن تخت، ۶ رکورد شدید، ۹ رکورد خیلی بالا، ۲۰ رکورد بالا، ۳۳ رکورد متوسط، ۴۴ رکورد پایین و ۲۰ رکورد خیلی پایین ثبت شده است.
- ایمنی طزره بسیار نامطلوب است.
- سطح ایمنی تخت قابل قبول می‌باشد.
- سطح ایمنی رضی قابل قبول همراه با کنترل می‌باشد.
- میانگین سطح ریسک شرکت متوسط به بالاست.
- سطح ریسک شرکت به تفکیک سال به ترتیب از سال ۸۰ تا ۹۰ به صورت، خیلی بالا، متوسط، خیلی بالا، خیلی بالا، شدید، شدید، متوسط، بالا، پایین، پایین، بالا می‌باشد.
- معدن طزره بالاترین ریسک حوادث را به خود اختصاص داده است.
- فروردین ماه بالاترین رکورد حادثه در شرکت را دارا می‌باشد.
- بالا ترین ریسک حوادث شغلی ریزش سقف و برخورد با اجسام متحرک می‌باشد.
- ایمنی پیمانکاران در وضعیت مطلوب تری نسبت به شاغلین شرکت می‌باشد.

فصل پنجم

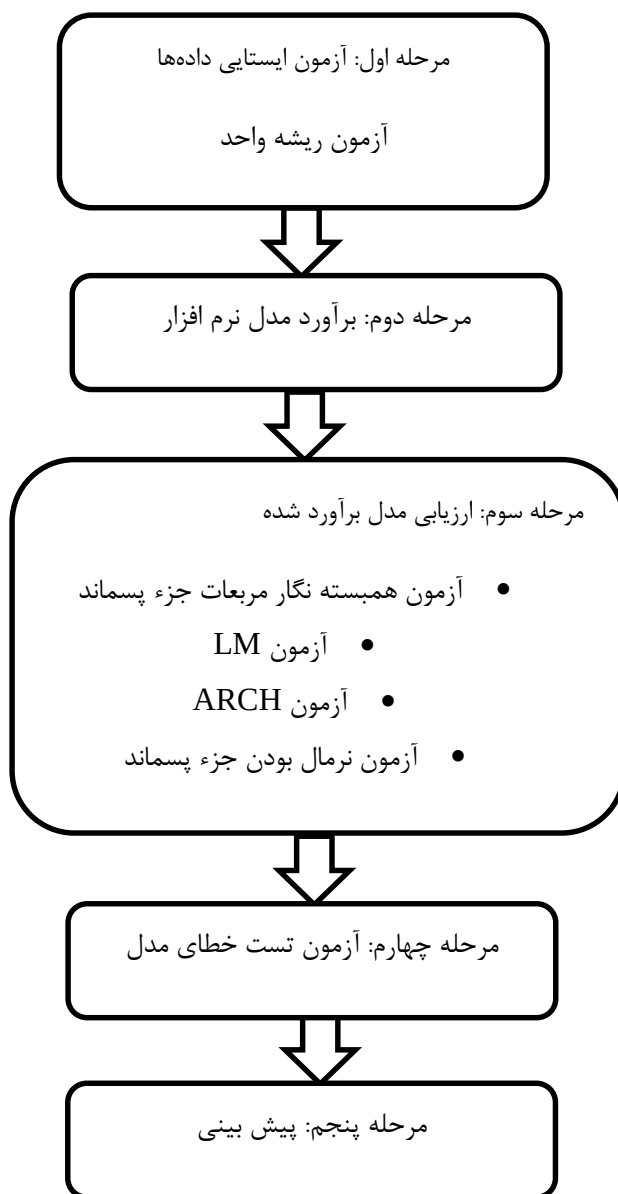
پیش بینی

۵-۱- مقدمه

به منظور آنالیز روند حادثه یا تشخیص و تعیین پتانسیل منابع خطرساز، پیش‌بینی حادثه اهمیت بسیار بالایی دارد. پیش‌بینی وضعیت ایمنی بر اساس مشاهدات و اطلاعات جمع آوری شده و در دسترس انجام می‌گیرد. همانطور که در فصل دوم بیان گردید، روش‌های پیش‌بینی اصولاً روش‌های کمی‌اند، اما آنالیز کیفی،

کم و بیش نقشی در فرایند آنالیز مدل سازی و پیش بینی حادثه بازی می کند. یکی از روش های کمی برای این منظور سری زمانی می باشد. در این روش داده های سری زمانی گذشته بعنوان اساس تخمین پیامدهای آینده بکار می رود.

بمنظور پیش بینی، از الگوهای مختلف داده های سری زمانی موجود در نرم افزار استفاده می شود، در این پایان نامه از الگوی ARIMA بمنظور پیش بینی روزهای از دست رفته و پیش بینی تعداد حوادث با استفاده از نرم افزار Eviews7 استفاده شده است. مراحل پیش بینی متغیرهای حادثه در شکل ۵-۱ آمده است. برای مطالعه بیشتر در خصوص این نرم افزار و آزمون های مربوطه به بخش منابع مراجعه گردد.



روند فوق برای پیش بینی تعداد حوادث و روزهای از دست رفته در سال ۱۳۹۱ به صورت ماهانه انجام

شده و نتایج پیش بینی به صورت اشکال و جداول پیش بینی در ادامه فصل آمده است.

۵-۲- پیش بینی تعداد حوادث ماهانه

۵-۲-۱- آزمون ایستایی متغیرهای مدل

همانطور که بیان شد به منظور تست ایستا بودن متغیرهای مدل با استفاده از نرم افزار Eviews7 می‌توان از آزمون ریشه استفاده کرد (شکل ۵-۲). تعداد حوادث ماهانه در نرم افزار به صورت $\ln(G)$ و به صورت اختصاری با LG نمایش داده می‌شود. به منظور مطالعه بیشتر در خصوص آزمون‌ها و معیارهای به کار رفته در این فصل به بخش منابع این پایان نامه مراجعه شود.

Null Hypothesis: LG has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 1 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-5.17695	0
Test critical values:	1% level		-3.48122	
	5% level		-2.88375	
	10% level		-2.57869	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LG)				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1380M03 1390M12				
Included observations: 131 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LG(-1)	-0.53543	0.103425	-5.17695	0
D(LG(-1))	-0.25096	0.086189	-2.91168	0.0042
C	1.706472	0.330642	5.161091	0
R-squared	0.396807	Mean dependent var		-0.00147
Adjusted R-squared	0.387308	S.D. dependent var		0.311359
S.E. of regression	0.243715	Akaike info criterion		0.037175
Sum squared resid	7.543444	Schwarz criterion		0.103349
Log likelihood	0.583604	Hannan-Quinn criter.		0.064064
F-statistic	41.77305	Durbin-Watson stat		1.994345
Prob(F-statistic)	0			

شکل ۵-۲: آزمون ایستا بودن متغیرهای مدل

آزمون ایستایی در سطح متغیر تعداد حوادث ماهانه نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر ایستایی متغیر در سطح اطمینانی ۹۹٪، ۹۵٪، ۹۰٪ را نمی‌توان رد نمود، در نتیجه این متغیر در سطح ایستا می‌باشد.

۵-۲-۲- برآورد مدل

مدل برآورد شده در نرم افزار برای داده‌های حوادث اتفاق افتاده در بازه زمانی مورد مطالعه در شکل

۵-۳ آمده است.

Dependent Variable: LG				
Method: Least Squares				
Date: 12/30/12 Time: 22:00				
Sample (adjusted): 1380M02 1390M12				
Included observations: 131 after adjustments				
Convergence achieved after 8 iterations				
MA Backcast: 1380M01				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	3.175998	0.06741	47.11436	0
AR(1)	0.920665	0.068904	13.3615	0
MA(1)	-0.75997	0.108758	-6.9877	0
R-squared	0.494009	Mean dependent var		3.188162
Adjusted R-squared	0.120478	S.D. dependent var		0.259421
S.E. of regression	0.243292	Akaike info criterion		0.033528
Sum squared resid	7.576468	Schwarz criterion		0.099373
Log likelihood	0.803891	Hannan-Quinn criter.		0.060284
F-statistic	9.903791	Durbin-Watson stat		1.933601
Prob(F-statistic)	0.0001			

شکل ۵-۳: برآورد مدل

- در مدل بالا همانطور که نشان داده شده است تست آماره‌های t بیان می‌کند که ضرایب در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای اعتبار آماری می‌باشند.

- ضرایب رگرسیونی R^2 که معیاری برای تعیین قدرت توجیه رگرسیونی می‌باشد، در سطح ۴۹/۴ درصد قرار دارد. کوچک بودن دامنه نمونه‌ها را می‌توان علت اصلی پایین بودن ضرایب رگرسیونی عنوان نمود.
- در بخش‌های بعدی مدل برآورد میزان انحراف معیار رگرسیون و مجموع مربعاتی جزء پسماند و لگاریتم درست نمائی ارائه شده است.
- در بخش بعدی مدل آماره F و احتمال آن برای ارزیابی آمار کل رگرسیون بیان شده است.
- در بخش بعدی آماره دوربین- واتسون در جهت بررسی نبود مشکل خود همبستگی مرتبه اول ارائه شده است.
- در ستون بعدی میزان انحراف معیار و واریانس متغیر وابسته نشان داده می‌شود.
- معیارهای اکائیک^{۹۴} و معیار شواتز^{۹۵} در جهت گزینش الگو مورد استفاده قرار می‌گیرند. هر چه قدر که مقادیر این دو معیار کمتر باشد، مدل مورد نظر مطلوب‌تر است.

۵-۲-۳- ارزیابی مدل

به منظور ارزیابی مدل استفاده شده در پیش بینی تعداد حادثه، آزمون‌های زیادی در نرم افزار وجود دارد که در ادامه به بررسی مدل با استفاده از این آزمون‌ها پرداخته می‌شود.

۵-۲-۳-۱- آزمون همبسته نگار مربعات جزء پسماند^{۹۶}

این آزمون در جهت بررسی ایستایی جزء پسماند مدل بکار گرفته می‌شود. توضیحات بیشتر مربوط به جزء پسماند مدل به بخش منابع مراجعه شود.

^{۹۴} Akaike info criterion

^{۹۵} Schwarz criterion

^{۹۶} Correlogram of Residuals squared

Date: 12/31/12 Time: 10:20
 Sample: 1380M02 1390M12
 Included observations: 131
 Q-statistic probabilities adjusted for 2 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.021	0.021	0.0608	
		2	-0.107	-0.108	1.6207	
		3	-0.032	-0.027	1.7576	0.185
		4	0.126	0.118	3.9484	0.139
		5	-0.077	-0.091	4.7619	0.190
		6	-0.116	-0.090	6.6344	0.157
		7	-0.028	-0.032	6.7448	0.240
		8	0.034	-0.005	6.9061	0.330
		9	-0.074	-0.071	7.6779	0.362
		10	0.117	0.145	9.6504	0.290
		11	-0.022	-0.055	9.7208	0.374
		12	0.110	0.121	11.503	0.320
		13	0.026	0.036	11.601	0.394
		14	0.043	0.023	11.877	0.456
		15	-0.050	-0.026	12.257	0.507
		16	-0.030	-0.027	12.397	0.574
		17	-0.019	-0.014	12.451	0.645
		18	-0.110	-0.119	14.324	0.575
		19	-0.006	0.050	14.329	0.644
		20	0.155	0.122	18.114	0.448
		21	-0.004	0.001	18.117	0.515
		22	-0.038	-0.021	18.346	0.565
		23	0.001	-0.004	18.346	0.627
		24	0.166	0.090	22.822	0.412
		25	-0.035	-0.033	23.025	0.459
		26	-0.078	-0.018	24.023	0.460
		27	0.045	0.049	24.370	0.498
		28	-0.051	-0.077	24.803	0.530
		29	-0.089	-0.046	26.148	0.510
		30	0.054	0.087	26.660	0.537

شکل ۴-۵: ایستایی جزء پسماند

همانطور که در شکل ۴-۵ نشان داده شده است نتایج جزء پسماند در هر دو بخش خود همبستگی^{۹۷} و

همبستگی جزئی^{۹۸} از محدوده مشخص عبور نکرده است. بنابراین مدل محاسبه شده قابل قبول می‌باشد، در

نتیجه جزء پسماند ایستا است.

^{۹۷} Autocorrelation

^{۹۸} Partial Correlation

۵-۲-۳-۲- تست وجود خود همبستگی^{۹۹}

این آزمون برای تعیین بود و نبود مشکل همبستگی جملات پسماند به کار می‌رود و در واقع همان آزمون بربوش - گادفری است که نتایج آن در شکل ۵-۵ آمده است. در رابطه با این دو آزمون و توضیحات بیشتر، به کتب آمار و بخش منابع مراجعه شود.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:				
F-statistic	1.931871	Prob. F(2,126)		0.1491
Obs*R-squared	3.892647	Prob. Chi-Square(2)		0.1428
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID				
Method: Least Squares				
Sample: 1380M02 1390M12				
Included observations: 131				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.00979	0.067154	-0.14585	0.8843
AR(1)	0.061574	0.07759	0.793579	0.4289
MA(1)	-0.24127	0.172797	-1.39628	0.1651
RESID(-1)	0.204947	0.143689	1.426319	0.1562
RESID(-2)	0.228126	0.120195	1.897965	0.06
R-squared	0.029715	Mean dependent var		0.001493
Adjusted R-squared	-0.00109	S.D. dependent var		0.241409

شکل ۵-۵: آزمون خود همبستگی جملات پسماند

چون مقدار obs*R-squared کمتر از مقدار X^2 جدول می باشد، بنابراین فرضیه صفر پذیرفته می‌شود.

یعنی مشکل خود همبستگی وجود ندارد.

^{۹۹} Serial Correlation LM Test

۵-۲-۳-آزمون آرچ^{۱۰۰}

این آزمون برای تشخیص ناهمسانی واریانس^{۱۰۱} در رگرسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد. شکل ۵-۶ نتایج آزمون آرچ را نمایش می‌دهد.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	0.058285	Prob. F(1,128)		0.8096
Obs*R-squared	0.059169	Prob. Chi-Square(1)		0.8078
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1380M03 1390M12				
Included observations: 130 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.057041	0.009889	5.767861	0
RESID^2(-1)	0.021319	0.088308	0.241423	0.8096
R-squared	0.000455	Mean dependent var		0.05828
Adjusted R-squared	-0.00735	S.D. dependent var		0.096008
S.E. of regression	0.096361	Akaike info criterion		-1.82617
Sum squared resid	1.188533	Schwarz criterion		-1.78205
Log likelihood	120.701	Hannan-Quinn criter.		-1.80824
F-statistic	0.058285	Durbin-Watson stat		1.996739
Prob(F-statistic)	0.809614			

شکل ۵-۶: آزمون تشخیص ناهمسانی واریانس

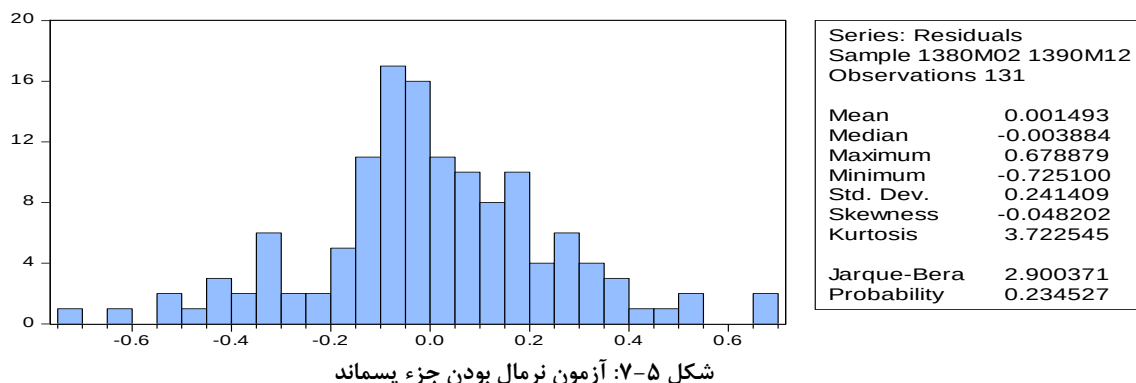
چون مقدار obs*R-squared کمتر از مقدار X^2 جدول می‌باشد پس فرضیه صفر مبنی بر ناهمسانی واریانس را نمی‌توان رد نمود، بنابراین جزء پسماند با مشکل ناهمسانی واریانس مواجه نیست.

¹⁰⁰ Auto Regressive Conditional Heteroskedasticity

¹⁰¹ Heteroskedasticity

۵-۲-۴-آزمون نرمال بودن جزء پسماند^{۱۰۲}

این آزمون هیستوگرام جملات پسماند و آماره جاک-برا^{۱۰۳} برای نرمال بودن توزیع جملات پسماند را ارائه می‌دهد. همانطور که از نمودار شکل ۵-۷ مشخص است نتایج آزمون حاکی از آن است که توزیع جملات پسماند نرمال می‌باشد.



۵-۲-۴-تست خطای تبیین مدل

این آزمون بر اساس خطای تبیین الگوی رگرسیون طراحی شده است. بر اساس شکل ۵-۸ چون آماره F محاسبه شده از F جدول آماری کوچک‌تر می‌باشد در نتیجه فرم تابع در نظر گرفته شده برای مدل پیش‌بینی درست طراحی شده است.

Ramsey RESET Test			
Equation: EQ02			
Specification: LG C AR(1) MA(1)			
Omitted Variables: Squares of fitted values			
	Value	df	Probability
t-statistic	0.674623	127	0.5011
F-statistic	0.455117	(1, 127)	0.5011
Likelihood ratio	0.468612	1	0.4936

شکل ۵-۸: آزمون خطای تبیین مدل

¹⁰² Histogram and Normality

¹⁰³ Jarque-Bera

۵-۲-۵- پیش بینی مدل برای سال ۱۳۹۱

در مرحله آخر به پیش بینی بر اساس مدل انتخابی پرداخته شده است. در جدول ۵-۱ پیش بینی برای سال ۱۳۹۱ برآورد شده است که انتظار می‌رود نسب به سال قبل کاهش تعداد حوادث ماهانه اتفاق افتاده باشد.

جدول ۵-۱: مقادیر واقعی و پیش بینی شده تعداد حوادث در سال ۱۳۹۱ و فروردین ۱۳۹۲

سال و ماه	مقادیر پیش بینی تعداد کل حوادث	مقادیر واقعی تعداد کل حوادث
۱۳۹۱-۱	۲۱	۲۱
۱۳۹۱-۲	۲۲	۱۷
۱۳۹۱-۳	۲۲	۲۰
۱۳۹۱-۴	۲۲	۱۹
۱۳۹۱-۵	۲۲	۲۳
۱۳۹۱-۶	۲۲	۲۲
۱۳۹۱-۷	۲۲	۱۲
۱۳۹۱-۸	۲۲	۲۱
۱۳۹۱-۹	۲۳	۲۰
۱۳۹۱-۱۰	۲۳	۲۱
۱۳۹۱-۱۱	۲۳	۲۶
۱۳۹۱-۱۲	۲۳	۱۸
۱۳۹۲-۱	۲۳	۲۱

۵-۳- بررسی مدل تعداد روزهای از دست رفته ماهیانه

۵-۳-۱- آزمون ایستایی و غیر ایستایی مدل

همانطور که بیان شد به منظور تست ایستا بودن متغیرهای مدل با استفاده از نرم افزار Eviews7

می‌توان از آزمون ریشه استفاده کرد. (شکل ۵-۲). تعداد روزهای از دست رفته ماهانه در نرم افزار به صورت

$\ln(\text{LOSS})$ و به صورت اختصاری با LLOSS نمایش داده می‌شود.

Null Hypothesis: LLOSS has a unit root				
Exogenous: Constant				
Lag Length: 0 (Automatic - based on SIC, maxlag=12)				
			t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic			-11.4947	0
Test critical values:	1% level		-3.48082	
	5% level		-2.88358	
	10% level		-2.5786	
*MacKinnon (1996) one-sided p-values.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LLOSS)				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1380M02 1390M12				
Included observations: 131 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LLOSS(-1)	-1.01158	0.088004	-11.4947	0
C	4.174276	0.367893	11.34645	0
R-squared	0.505991	Mean dependent var		-0.0019
Adjusted R-squared	0.502162	S.D. dependent var		0.938755
S.E. of regression	0.662363	Akaike info criterion		2.029144
Sum squared resid	56.59554	Schwarz criterion		2.07304
Log likelihood	-130.909	Hannan-Quinn criter.		2.046981
F-statistic	132.1289	Durbin-Watson stat		1.97617
Prob(F-statistic)	0			

شکل ۵-۹: ایستایی متغیر تعداد روزهای از دست رفته

شکل ۵-۹ آزمون ایستایی در سطح متغیر تعداد کل حوادث نشان می‌دهد که فرضیه صفر مبنی بر ایستایی متغیر در سطح اطمینانی ۹۹٪، ۹۵٪، ۹۰٪ را نمی‌توان رد نمود. در نتیجه این متغیر در سطح ایستا می‌باشد.

۵-۳-۲- برآورد مدل

مدل برآورد شده برای داده‌های حوادث اتفاق افتاده در بازه زمانی مورد مطالعه در شکل ۵-۱۰ آمده است.

Dependent Variable: LLOSS				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1380M07 1390M12				
Included observations: 126 after adjustments				
Convergence achieved after 20 iterations				
MA Backcast: 1380M01 1380M06				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	4.110727	0.064352	63.87914	0
AR(1)	0.510369	0.152569	3.34516	0.0011
AR(2)	-1.37855	0.107611	-12.8104	0
AR(3)	0.69612	0.19675	3.538089	0.0006
AR(4)	-0.91861	0.175949	-5.22088	0
AR(5)	0.365031	0.107839	3.384953	0.001
AR(6)	-0.51823	0.120852	-4.28811	0
MA(1)	-0.51798	0.133319	-3.88527	0.0002
MA(2)	1.452091	0.082202	17.66492	0
MA(3)	-0.84625	0.152353	-5.5545	0
MA(4)	1.324573	0.144896	9.141532	0
MA(5)	-0.60232	0.085375	-7.05496	0
MA(6)	0.85018	0.127968	6.643704	0
R-squared	0.583078	Mean dependent var		4.110479
Adjusted R-squared	0.096325	S.D. dependent var		0.648941
S.E. of regression	0.616895	Akaike info criterion		1.969218
Sum squared resid	43.00317	Schwarz criterion		2.261851
Log likelihood	-111.061	Hannan-Quinn criter.		2.088106
F-statistic	2.110345	Durbin-Watson stat		1.973269
Prob(F-statistic)	0.021425			

شکل ۵-۱۰: برآورد مدل پیش بینی متغیر روزهای از دست رفته

- در مدل بالا همانطور که نشان داده شده است تست آماره‌های t بیان میکند که ضرایب در سطح اطمینان ۹۵٪ دارای اعتبار آماری می‌باشند.

- ضرایب رگرسیونی R^2 که معیاری برای تعیین قدرت توجیه رگرسیونی می باشد، در سطح ۵۸/۳ درصد قرار دارد. کوچک بودن دامنه نمونه‌ها را می‌توان علت اصلی پایین بودن ضرایب رگرسیونی عنوان نمود.
- آماره دوربین- واتسون نشان می‌دهد که مشکل خود همبستگی مرتبه اول وجود ندارد.

۵-۳-۳- ارزیابی مدل

۵-۳-۳-۱- آزمون همبسته نگار مربعات جزء پسماند

این آزمون در جهت بررسی ایستایی جزء پسماند مدل بکار گرفته می شود که در شکل ۵-۱۱ نمایش داده شده است.

Date: 01/30/13 Time: 18:10
Sample: 1380M07 1390M12
Included observations: 126
Q-statistic probabilities adjusted for 12 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.024	-0.024	0.0730	
		2 -0.033	-0.034	0.2189	
		3 0.039	0.037	0.4175	
		4 -0.074	-0.073	1.1364	
		5 -0.053	-0.054	1.5114	
		6 -0.082	-0.092	2.4080	
		7 0.019	0.017	2.4589	
		8 -0.159	-0.170	5.9310	
		9 -0.118	-0.134	7.8591	
		10 -0.112	-0.164	9.5876	
		11 -0.062	-0.096	10.131	
		12 0.133	0.083	12.616	
		13 0.016	-0.016	12.653	0.000

شکل ۵-۱۱: ایستایی جزء پسماند

نتایج جزء پسماند در هر دو بخش خود همبستگی و همبستگی جزئی از محدوده مشخص عبور نکرده، بنابراین مدل قابل قبول می‌باشد در نتیجه جزء پسماند ایستا می‌باشد.

۵-۳-۲- تست وجود خود همبستگی

آزمون بربوش-گادفری برای تعیین مشکل خود همبستگی جملات پسماند بکار می‌رود.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:				
F-statistic	3.013451	Prob. F(2,111)		0.0532
Obs*R-squared	6.48591	Prob. Chi-Square(2)		0.039
Test Equation:				
Method: Least Squares				
Sample: 1380M07 1390M12				
Included observations: 126				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.024027	0.063432	0.37879	0.7056
AR(1)	0.20929	0.207653	1.007886	0.3157
AR(2)	-0.05894	0.140645	-0.41909	0.676
AR(3)	0.268906	0.259918	1.034581	0.3031
AR(4)	-0.15517	0.200283	-0.77475	0.4401
AR(5)	0.065026	0.114941	0.565728	0.5727
AR(6)	-0.16016	0.123734	-1.2944	0.1982
MA(1)	-0.05364	0.133199	-0.40272	0.6879
MA(2)	0.050548	0.085181	0.59342	0.5541
MA(3)	-0.12384	0.152583	-0.81161	0.4188
MA(4)	0.083306	0.146723	0.567777	0.5713
MA(5)	0.005067	0.084433	0.060016	0.9523
MA(6)	0.180748	0.132214	1.367082	0.1744
RESID(-1)	-0.12681	0.17434	-0.72739	0.4685
RESID(-2)	0.008781	0.150433	0.058372	0.9536
R-squared	0.051475	Mean dependent var		0.002979
Adjusted R-squared	-0.06816	S.D. dependent var		0.586529
S.E. of regression	0.606188	Akaike info criterion		1.948091
Sum squared resid	40.7885	Schwarz criterion		2.285743
Log likelihood	-107.73	Hannan-Quinn criter.		2.085268
F-statistic	0.430276	Durbin-Watson stat		2.038409
Prob(F-statistic)	0.961799			

شکل ۵-۱۲: آزمون خود همبستگی جملات پسماند

در شکل ۵-۱۲ نتایج آزمون نشان داده شده است. در این آزمون فرضیه صفر مبنی بر عدم وجود خود

همبستگی را نمی‌توان رد نمود. پس در بین جملات پسماند خود همبستگی وجود ندارد.

۵-۳-۳-۳- آزمون آرچ

این آزمون برای تشخیص ناهمسانی واریانس بکار گرفته می شود.

Heteroskedasticity Test: ARCH				
F-statistic	0.069899	Prob. F(1,123)		0.7919
Obs*R-squared	0.070995	Prob. Chi-Square(1)		0.7899
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Sample (adjusted): 1380M08 1390M12				
Included observations: 125 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.350466	0.050788	6.900579	0
RESID^2(-1)	-0.02385	0.090211	-0.26438	0.7919
R-squared	0.000568	Mean dependent var		0.342282
Adjusted R-squared	-0.00756	S.D. dependent var		0.448474
S.E. of regression	0.450166	Akaike info criterion		1.257469
Sum squared resid	24.92585	Schwarz criterion		1.302722
Log likelihood	-76.5918	Hannan-Quinn criter.		1.275853
F-statistic	0.069899	Durbin-Watson stat		1.989414
Prob(F-statistic)	0.791926			

شکل ۵-۱۳: آزمون تشخیص ناهمسانی واریانس

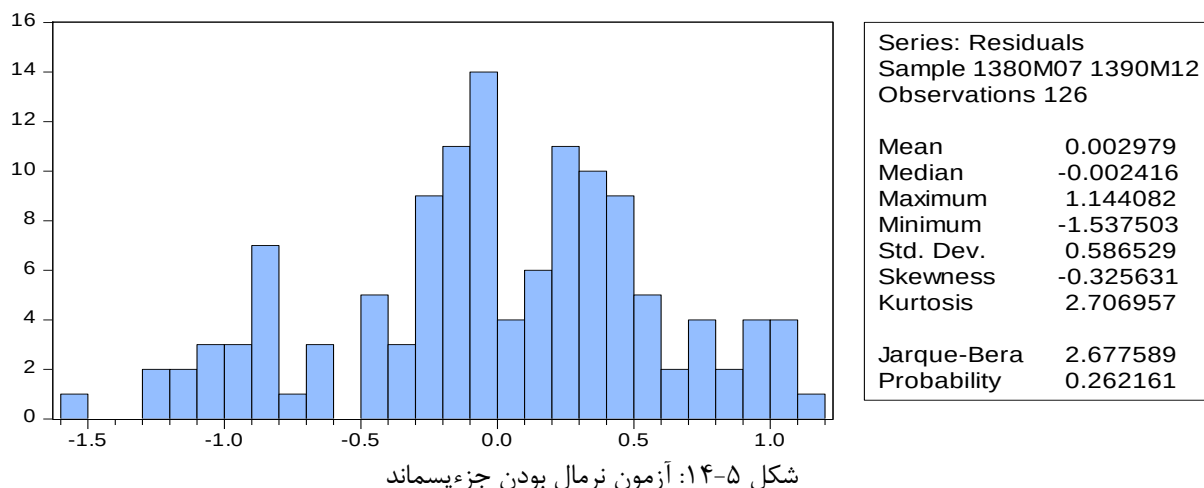
همانگونه که از شکل ۵-۱۳ مشخص است چون $obs^* squared$ کمتر از مقدار X^2 جدول می باشد پس

فرضیه صفر مبنی بر همسانی واریانس را نمی توان رد نمود. پس جزء پسماند با مشکل ناهمسانی واریانس مواجه نیست.

۵-۳-۳-۴- آزمون نرمال بودن جزء پسماند

این آزمون هیستوگرام جملات پسماند و آماره جاک- برا برای نرم بودن توزیع جزء پسماند مورد

استفاده قرار می گیرد.



شکل ۵-۱۴ نشان می‌دهد که نتایج آزمون حاکی از جزء پسماند داری توزیع نرمال می‌باشد.

۵-۳-۴- تست خطای تبیین مدل

این آزمون بر اساس خطای تبیین الگوی رگرسیون طراحی شده است.

Ramsey RESET Test			
Equation: EQ06			
Specification: LLOSS C AR(1) MA(1) AR(2) MA(2) AR(3) MA(3) AR(4) MA(4)			
AR(5) MA(5) AR(6) MA(6)			
Omitted Variables: Squares of fitted values			
	Value	Df	Probability
t-statistic	2.532242	112	0.0127
F-statistic	6.412252	(1, 112)	0.0127
Likelihood ratio	7.014839	1	0.0081

شکل ۵-۱۵: آزمون خطای تبیین مدل روزهای از دست رفته

خروجی این آزمون در شکل ۵-۱۵ آمده است. چون آماره F محاسبه شده از F جدول کوچک تر باشد در

نتیجه فرم تابعی مدل درست است.

۵-۳-۵- پیش بینی مدل برای سال ۱۳۹۱

در مرحله آخر به پیش بینی بر اساس مدل انتخابی پرداخته شده است. در جدول ۵-۲ پیش بینی برای سال ۱۳۹۱ برآورد شده است که انتظار می‌رود نسب به سال قبل شاهد کاهش تعداد روزهای کاری از دست رفته باشیم.

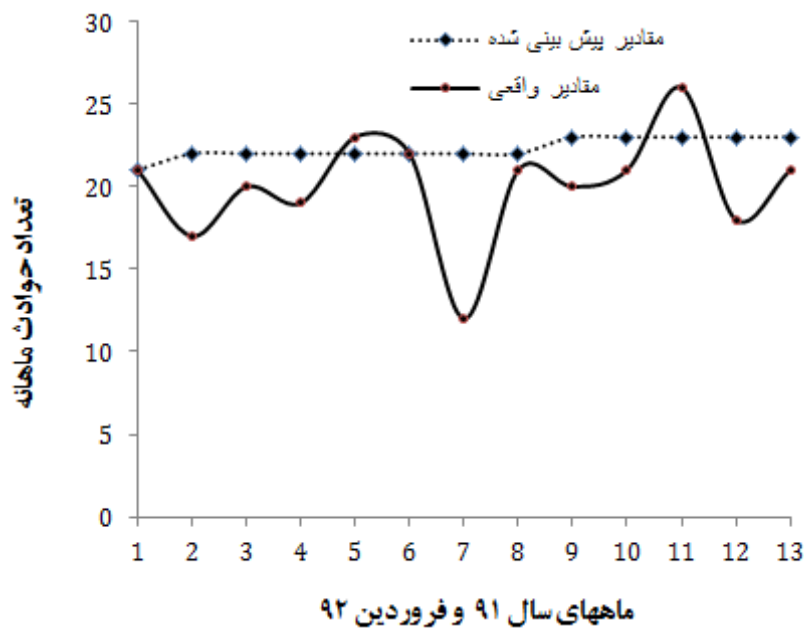
جدول ۵-۲: مقادیر واقعی و پیش بینی تعداد روزهای از دست رفته در سال ۱۳۹۱ و فروردین ۱۳۹۲

سال و ماه	مقادیر پیش بینی روز از دست رفته	مقادیر واقعی (مشاهده شده) روزهای از دست رفته
۱۳۹۱-۱	۵۹	۶۷
۱۳۹۱-۲	۶۷	۵۱
۱۳۹۱-۳	۸۷	۸۱
۱۳۹۱-۴	۷۳	۶۲
۱۳۹۱-۵	۵۳	۴۹
۱۳۹۱-۶	۶۴	۶۳
۱۳۹۱-۷	۵۳	۴۷
۱۳۹۱-۸	۴۳	۴۲
۱۳۹۱-۹	۶۵	۵۵
۱۳۹۱-۱۰	۸۲	۷۸
۱۳۹۱-۱۱	۷۰	۷۳
۱۳۹۱-۱۲	۶۲	۵۹
۱۳۹۲-۱	۵۶	۵۳

۵-۵- اعتبار سنجی

مقایسه مقادیر تخمینی نرم افزار و مقادیر واقعی نشان می‌دهد، سری زمانی تخمین نسبتاً قابل قبولی از متغیرهای حادثه با استفاده از مدل ARIMA ارائه می‌دهد.

- تعداد حوادث واقعی اتفاق افتاده تا پایان سال ۱۳۹۱، ۲۵۰ حادثه می‌باشد. در شکل ۵-۱۶ مقایسه تعداد حوادث واقعی و پیش‌بینی شده در ماه‌های سال ۹۱ و فروردین ۹۲ نمایش داده شده است.

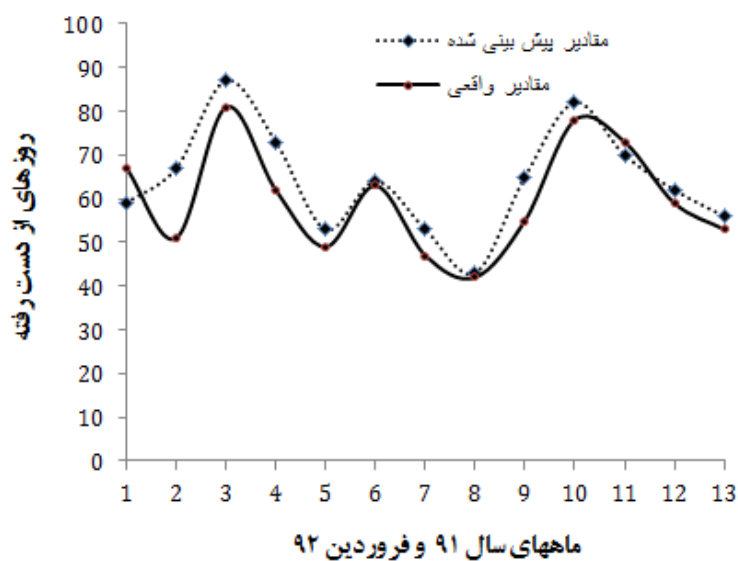


شکل 5-16: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی تعداد حوادث بصورت ماهانه

- تعداد روزهای از دست رفته واقعی مشاهده شده تا پایان سال ۱۳۹۱، ۷۲۷ روز بوده است. در شکل

۵-۱۷ مقایسه تعداد روزهای از دست رفته واقعی و پیش‌بینی شده در ماه‌های سال ۹۱ و فروردین ۹۲

نمایش داده شده است.



شکل 5-17: مقایسه مقادیر واقعی و پیش‌بینی روزهای از دست رفته بصورت ماهانه

۵-۴- نتیجه گیری

با توجه به آزمون‌های مختلف انجام شده در راستای تخمین و ارزیابی مدل پیش‌بینی، به نظر می‌رسد مدل ارائه شده قابل قبول است. نتایج حاصل از مدل‌های فوق به شرح زیر است.

- تعداد حوادث پیش بینی شده کل شرکت تا پایان سال ۱۳۹۱، ۲۶۷ حادثه می‌باشد.
- تعداد روزهای از دست رفته پیش بینی شده کل شرکت تا پایان سال ۱۳۹۱، ۷۷۸ روز می‌باشد.
- مقایسه مقادیر واقعی در سال ۹۰ و ۹۱ تقریباً نشان می‌دهد که واحد HSE شرکت البرز شرقی از ثبات خوبی برخوردار بوده است و در راستای ایمنی به سمت ایده آل‌ها در حرکت هستند.

فصل ششم

نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه گیری

ریسک‌های مربوط به حوادث شغلی جزء لاینفک و تمام نشدنی در معادن می‌باشند. تلاش مدیران و مسئولان ایمنی و بهداشت حرفه‌ای باید کاهش و پایش آنها باشد.

بررسی‌ها در مجموعه شرکت البرز شرقی حکایت از این دارد که بیشترین خطرات در حوضه استخراج و پیشروی اتفاق افتاده است و این امری بدیهی می‌باشد. از طرفی طزره بیشترین حوادث را به خود اختصاص داده، در این بین تونل مادر، یکی از معادن مجموعه طزره نیز بیشترین حوادث را شامل می‌شود، که از دلایل اصلی این امر باید به تجهیزات قدیمی و فرسوده و همچنین وجود نیروهای قدیمی و دلسرد از کار و خسته از شرایط سخت معدنکاری اشاره کرد، که آمار نیز گویای این مطلب است. به بیان آمار ۲۰ درصد کل حوادث شرکت در تونل مادر اتفاق افتاده است، از طرفی بیشترین حوادث علی‌رغم پیش‌بینی‌ها بین کارگران با تجربه ۳۰-۲۰ و دارای حوزه سنی ۵۰-۴۰ سال اتفاق افتاده است، همانطور که بیان گردید حاکی از شرایط سخت کار معدنی و خسته شدن از شرایط کار در این افراد قدیمی و با تجربه عنوان می‌شود. از طرفی آموزش در طزره بسیار ابتدایی و از سوی مدیران ایمنی و بهداشت این مجموعه جدی گرفته نمی‌شده و چند سالی است که به صورت جدی بحث ایمنی و آموزش به صورت جدی در دستور کار قرار گرفته است. بنابراین شاهد حوادث تکراری هر ماه و هر سال بوده و خواهیم بود.

روند رو به رشد کاهش آمار مرگ و میر در شرکت البرز شرقی از سال ۸۵ تا ۹۰ مشهود می‌باشد. این نشان می‌دهد که با توجه به تغییر مدیران ارشد ایمنی و بهداشت در این سال در شرکت نگاه ویژه‌ای به دلایل حوادث پر خطر و مرگ آفرین شده و در راستای کاهش این حوادث آموزش‌های لازم در دستور کار قرار گرفته است.

بیشترین آمار حوادث شغلی مربوط به حادثه " برخورد با اجسام رها شده و پرتاب شده مانند سنگ، چوب، زغال و ... " می‌باشد. آمار نشان می‌دهد که حدود ۶۷ درصد کل حوادث به این نوع حادثه و در اولویت دوم ریزش سقف که حدود ۹ درصد از کل حوادث را شامل می‌شود، اختصاص دارد.

لازم است اقدامات اصلاحی در راستای برطرف کردن و به حداقل رساندن ریسک‌ها انجام شود. البته قبل از هر اقدامی لازم است با توجه به پتانسیل بالای حادثه در معادن شرکت البرز شرقی و با عنایت به این مطلب که روش استخراج سنتی می‌باشد و نقش کارگران در استخراج زغال بسیار پررنگ است، ابتدا در راستای کم کردن حادثه و به حداقل رساندن حوادث اقداماتی اساسی در دستور کار مدیریت قرار گیرد. لازم است که علاوه بر آموزش منظم و صحیح و برگزاری کلاس‌های ممتد آموزشی و الگوبرداری از کشورهای صاحب سبک در مبارزه با حوادث شغلی مانند استرالیا، فرهنگ ایمنی و جا انداختن آن در بین کارکنان در دستور کار قرار گیرد.

یادداشت برداری روزانه مدیر H.S.E هر منطقه معدنی، تنظیم گزارشات هفتگی و ماهانه و به شور گذاشتن آن‌ها، ایجاد فضای جدی گرفتن کوچک‌ترین حادثه، اختیار تام دادن به مدیران ایمنی هر منطقه معدنی در برخورد با کوچک‌ترین حوادث از مواردی است که در رواج فرهنگ ایمنی در مناطق معدنی شرکت بسیار لازم و ضروری است.

استفاده از تکنیک‌های چک لیست، What if و Hazop و تنظیم پرسشنامه‌های مربوطه در نقاط حساس کارگاه‌ها و تونل‌ها و پی گیری دقیق پاسخ سوالات What if و در نهایت بررسی اقدام پایشی و کنترلی قبل از بروز حادثه در کم کردن حوادث شرکت بسیار مفید و ضروری است. در این خصوص در بخش ۴-۷ اقدامات کنترلی ارائه شده است.

با توجه به اینکه آمار حوادث، گویای تکرار حوادث مشابه می‌باشد، منشأ اینگونه حوادث شناسایی و پرسنل مقصر به نقاط دیگری منتقل شوند.

ناگفته نماند شرایط غیر ایمن و بی احتیاطی کارگران و به تبع آن‌ها مدیران، دلایل اصلی بروز حادثه می‌باشد. با این حال پیشنهاد می‌شود مدیریت ایمنی حوزه البرز شرقی ۱۰ الگوی ذیل را با جدیت بیشتری در دستور کار قرار دهد.

- آموزش کافی و لازم از طرف واحد HSE البرز شرقی به همه کارکنان به خصوص کارکنان با سطح سواد کمتر، تا بتوانند کارشان را با ایمنی بیشتری انجام دهند.
- ملزم نمودن کارکنان در تمام سطوح برای توجه کامل به امور بهداشت حرفه‌ای و نکات ایمنی
- به وجود آوردن یک سیستم مداوم گزارش دهی
- در دسترس بودن طرح‌های مقابله با حوادث و طرح‌های واکنش اضطراری
- تهیه دستورالعمل‌های لازم مطابق با شرایط حاضر (از نظر لوازم و تجهیزات)
- الگو قرار دادن قوانین و مقررات پذیرفته شده کشوری در تهیه دستورالعمل‌ها
- حرکت به سوی علمی نمودن فرایند ایمنی و فاصله گرفتن از ایمنی صرفاً نصیحت گونه
- هدف‌گذاری، برنامه‌ریزی و تعمق بیشتر روی فاکتورهای احتمال وقوع حادثه و نهایتاً کاهش ضریب شدت ریسک

- انجام امور فنی به نحو احسن

- پویا کردن سیستم استاندارد ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (OHSAS18001)

آنچه مسلم است بی اهمیت جلوه دادن حادثه و جدی نگرفتن حوادث کوچک و تکراری و به واقع مدیریت غیر اصولی و نادرست ریسک‌های حوادث شغلی در معادن زیرزمینی منجر به کاهش ایمنی معدنکاران، قطع پیوستگی تولید، به تأخیر افتادن تولید، و افزایش هزینه‌های مازاد استخراج و تولید می‌شود. از اینرو شناسایی و کنترل همه حوادث شغلی از کوچک‌ترین و کم اهمیت‌ترین حادثه تا شدیدترین آن در معادن زیرزمینی نیازمند ارزیابی و مدیریت پیوسته و لحظه‌ای در تمامی پروسه تولید و استخراج می‌باشد تا با استفاده از آموزش صحیح و مداوم و همچنین استراتژی‌های خاص و گوناگون مدیریتی بتوان پیامدهای حاصله از این گونه حوادث را به حداقل رساند.

۶-۲- پیشنهادات

- در نهایت پیشنهاداتی ارائه می‌شود که می‌توان از آنها به عنوان بهبود تحقیقات صورت گرفته در این پایان نامه و یا به عنوان خط مشی جهت اجرای برنامه‌های آینده شرکت و تحقیقات بعدی استفاده کرد:
- ارائه مدل‌های کلی برای ارزیابی ریسک معادن زیرزمینی با استفاده از روش شبیه سازی و نرم افزارهای آماری.
 - بررسی و کاربرد طرح فرهنگ سازی ایمنی در واحدهای صنعتی و معدنی پر حادثه در ایران.
 - تحقیقی در رابطه با طراحی الگوهای مناسب و روش‌های کاربردی و در عین حال قابل اجرا در راستای جا انداختن فرهنگ ایمنی بین کارگران ایرانی شاغل در معادن.
 - تهیه نقشه تهویه کامل برای معادن گازخیز ایران و علی‌الخصوص معدن رضی و بررسی این نقشه به صورت هفتگی و ماهانه و سالانه با آزمون‌های Hazop، What if و ...
 - بررسی کامل لایه‌های اصلی و گازخیز زغال در معدن رضی از لحاظ گازخیزی و انجام عمل گاززدایی کامل در این لایه‌ها.
 - بررسی آمار دقیق‌تر و جامع‌تر از معادن ایران و طراحی الگوهای ایمنی به صورت مستند و بر اساس وقایع از کل معادن ایران به منظور کاهش مرگ و میر در کشور و رسیدن به آمار مطلوب جهانی.

منابع انگلیسی

- Anon, 2006. Statistics Bulletin of Social Security Institution, SSK General Directorate, Ankara.
- Aldershot: Ashgate Publishing Limited, UK, ISBN 0-7546-4641-6.
- Ayyub, B. M. (2003). Risk analysis in engineering and economics. Chapman & Hall/CRC, ISBN 1-58488-395-2.
- Anon., 1975. in : 12th Report of the mines Safety and Health Commission (MSHC). Commission of the European Commisiones, Luxemburg.
- Brancoli, M., 1983. Accident Statistics. Encyclopedia of Occupational Health and Safety, third ed .International Labour Office, Geneva.
- Baysari, M. T., McIntosh, A. S., & Wilson, J. R. (2008). Understanding the human factors contribution to railway accidents and incidents in Australia. Accident Analysis and Prevention, 40(5), 1750-1757.
- Chang, L. Y. (2005). Analysis of freeway accident frequencies: negative binomial regression versus artificial neural network. Safety Science, 43(8), 541–557.
- Cuny,X.,Lejeune,M., 1999.Occupational risks and the value and modeling of a measurement of severity. Safety Science 32, 213-229.
- Erkut, E., & Ingolfsson, A. (2005). Transport risk models for hazardous materials: revisited. Operations Research Letters, 33(1), 81–89.
- Fine, W. T., & Kinney, W. D. (1971). Mathematical evaluation for controlling hazards. Journal of Safety Research, 3(4), 157-166.
- Guo, R. (2007). Modeling imperfectly repaired system data via grey differential equations with unequal-gapped times. Reliability Engineering and System Safety, 92(3), 378–391.
- Gevrey, M., Dimopoulos, I., & Lek, S. (2003). Review and comparison of methods to study the contribution of variables in artificial neural network models. Ecological Modelling, 160(3), 249–264.
- Hollnagel, E. (2004). Barriers and accident prevention. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, UK, ISBN 0-7546-4301-8.
- Jiang, Y. Q., Yao, Y., Deng, S. M., & Ma, Z. L. (2004). Applying grey forecasting to predicting the operating energy performance of air cooled water chillers International Journal of Refrigeration, 27(4), 385–392.
- Jain, A., & Kumar, A. M. (2007). Hybrid neural network models for hydrologic time series forecasting. Applied Soft Computing, 7(2), 585–592.

- Jung, W. D., Yoon, W. C., & Kim, J. W. (2001). Structured information analysis for human reliability analysis of emergency tasks in nuclear power plants. *Reliability Engineering and System Safety*, 71(1), 21–32.
- Khan, F. I., & Abbasi, S. A. (1997). Mathematical model for HAZOP study time estimation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 10(4), 249-251.
- Khan, F. I., Husain, T., & Abbasi, S. A. (2002). Design and evaluation of safety measures using a newly proposed methodology “SCAP”. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 15(2), 129–146.
- Kuchar, J. K. (2001). Markov model of terrain for evaluation of ground proximity warning system thresholds. *Journal of Guidance, Control, and Dynamics*, 24(3), 28–435.
- Minerals Council of Australia. Safety and Health Performance Report of the Australian Minerals Industry 2001–2002. Canberra: Minerals Council of Australia.
- Mine Safety & Health Administration. System Safety Engineering, Safety Manual No. Pittsburgh, PA: Mine Safety & Health Administration, 1983.
- Minerals Council of Australia , 2006. Safety and Health Performance Report of the Australian Mining Industry , 2004-05. July 16.
- Milton, J. C., Shankar, V. N., & Mannering, F. L. (2008). Highway accident severities and the mixed logit model: an exploratory empirical analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 40(1), 260–266.
- Mao, M. Z., & Chirwa, E. C. (2006). Application of grey model GM(1,1) to vehicle fatality risk estimation. *Technological Forecasting & Social Change*, 73(5), 588–605.
- McLeod, A. I., & Vingilis, E. R. (2008). Power computations in time series analyses for traffic safety interventions. *Accident Analysis and Prevention*, 40(3), 1244–1248.
- Marhavilas, P. K., Koulouriotis, D. and Gemeni, V., 2011, Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000-2009, *Journal of Prevention in the Process Industries*: pp, 1-47.
- Marhavilas, P. K., & Koulouriotis, D. E. (2008). A risk estimation methodological framework using quantitative assessment techniques and real accidents’ data: application in an aluminum extrusion industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 21(6), 596-603. doi:10.1016/j.jlp.2008.04.009.
- Markham, I. S., & Rakes, T. R. (1998). The effect of sample size and variability of data on the comparative performance of artificial neural networks and regression. *Computers and Operations Research*, 25(4), 251–263.

- Nivolianitou, Z. S., Leopoulos, V. N., & Konstantinidou, M. (2004). Comparison of techniques for accident scenario analysis in hazardous systems. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 17(6), 467–475.
- Reniers, G. L. L., Dullaert, W., Ale, B. J. M., & Soudan, K. (2005). Developing an external domino prevention framework: Hazwim. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 18, 127-138.
- Shamshad, A., Bawadi, M. A., Wan Hussin, W. M. A., Majid, T. A., & Sanusi, S. A. M. (2005). First and second order Markov chain models for synthetic generation of wind speed time series. *Energy*, 30(5), 693–708.
- Sari, M., 2002, Risk assessment approach on underground coal mine safety analysis. Ph.D. Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Tsai, M. C., & Su, C. C. (2004). Scenario analysis of freight vehicle accident risks in Taiwan. *Accident Analysis and Prevention*, 36(4), 683–690.
- Yeon, J., Elefteriadou, L., & Lawphongpanich, S. (2008). Travel time estimation on a freeway using discrete time Markov chains. *Transportation Research Part B*, 42(4), 325–338.
- Zhang, L. B., Wang, Z. H., & Zhao, S. G. (2007). Short-term fault prediction of mechanical rotating parts on the basis of fuzzy-grey optimizing method. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 21(2), 856–865.
- Zheng, X. and Mengting, L., 2003, An overview of accident forecasting methodologies, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, N. 22: 484–491
- Tweedale, M., Joy, J., 1997. Risk management handbook for the mining industry.
- National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH).
- Tony, F., 2001, Occupational safety and health in CHINE: Asian labors Update. No 39, 11-12.
- Suvi, L, Guses E, linguistic E, 2004, Jorama R Developing the national occupational safety and health profile in China. *Occupational safety and health*, 11(3), pp 54-55.
- You, K., Park, Y., Lee, J.S., 2005. Risk analysis for determination of a tunnel support pattern. *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 20, pp. 479-486.
- Shorter, J.A., Rabitz, H.A., 1997. Risk analysis by the guided Monte Carlo technique. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, Vol. 57 (1), 321-336.

منابع فارسی

بایگانی آمار شرکت البرز شرقی.

شیرین بخش امین، پیش بینی در اقتصاد، انتشارات جم، چاپ دوم، ۱۳۸۴.

محمد فام ایرج، مهندسی ایمنی، انتشارات فن آوران، چاپ ششم، ۱۳۹۰.

Abstract

Underground mining of coal is a dangerous industrial activity because it's events and accidents prompt to miners death and disability in each country. This events can cause financial problems and vital damages to miners and contractors. So detection, consideration and management of events can play an important role in mines safety. In this scope, many scientific investigations have done inside countries like china, turkey, Canada and other countries. Prior methods about job events risk in coal mines are often on numerical techniques as FMEA or qualitative manners as risk matrix. In other hands, event's variables often consist not pragmatism so it's better to use methods that are upon not pragmatism. the aim of this research is study of East Alborz mines risk. Though. First, the total work events in East Alborz mines is detected, then impressive factors are determined by statistical analysis. Work events risk modeled by Mont-Carlo simulation method and qualitative risk matrix.

Keywords: Work event- Risk- Risk analysis- Mont-Carlo simulation



Shahrood University of Technology
Faculty of Mining, Petroleum & Geophysics Engineering

Assessment and Analysis of Work Events in Coal Mines- A case study: East Alborz coal mines

Ali Azad

Supervisors:
Dr. Mohammad Attaei
Dr. Farhang Sereshki

Advisors:
Karamat Ghanbari

**Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of Master of Science (M.Sc.)
In
Mining engineering**