

بسم الله الرحمن الرحيم



موسسه آموزش عالی انرژی
دانشکده فنی مهندسی
پایان نامه دوره کارشناسی ارشد
مهندسی شیمی- بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE)

عنوان

مدلسازی ریسک بر اساس شناسایی خطرات (HAZID) با استفاده از منطق فازی در ایستگاه تقویت فشار گاز آبپخش

استاد راهنما

دکتر عادل زاده

پژوهشگر

کمال الدین جلیل

زمستان/۱۳۹۷

چکیده:

تکنیک های شناسایی خطرات برای شناسایی خطراتی که باعث بروز عواقب شدید از جمله مرگ و میر و خسارات شدید به محیط زیست و دارایی های شرکت در طول عملکرد سیستم می شود مهم هستند. این حوادث ناشی از خطر می توانند مشکل جدی برای فرآیند، اپراتورها، دارایی ها و محیط زیست ایجاد کند، بنابراین باید روش های مناسب برای شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک آنها ارائه شود. شناسایی خطر (HAZID) یک روش رایج و مفید برای تجزیه و تحلیل خطرات و ارزیابی ریسک به ویژه در پروژه های صنعتی در صنعت نفت و پتروشیمی است.

چون این روش بر اساس احساس و عقیده انسان است بنا بر این به طور کامل قابل اعتماد نخواهد بود . با توجه به ضرورت تصمیم نهایی در مورد علل عدم انطباق در سیستم تجزیه و تحلیل شناسایی خطرات و برخورد با پارامترهای نامشخص، به نظر می رسد که منطق فازی قادر به ریاضی کردن مقادیر نامناسب و مبهم مورد نیاز برای محاسبه سطح ریسک می باشد. منطق فازی یک تکنولوژی است که رویکردهای طراحی و مدل سازی سیستم های پیچیده ریاضی را با استفاده از اصطلاحات زبان شناختی و دانش مختص ارائه می دهد.

در روش شناسایی HAZID ابتدا مناطق طبقه بندی و به گره های مختلف تقسیم می شوند و تمام خطرات مهم مرتبط با فعالیت خاص مورد بررسی واقع می شود و پس از ارزیابی پرسنل، محیط زیست، شهرت و دارایی همه فعالیت انجام می شود و سپس این ریسک ها رتبه بندی می شود. هنگامی که خطرات و اثرات شناسایی شد می توان پیامدها و احتمال آن ها را مورد ارزیابی و ارزشیابی قرار داد و سطوح ریسک را تعیین نمود. مدل سازی سه بعدی ریسک و تبدیل ریسک کیفی به صورت کمی، با استفاده از منطق فازی انجام می شود که مقادیر ریسک فازی کامل به دست می آید.

باسپاس از سه وجود مقدس:

آنان که ناتوان شدند تا ما به توانایی برسیم...

موباشان سپید شد تا ما رو سفید شویم...

و عاشقانه سوختند تا کربلای بخش وجود ما و روشنگر ایمان باشند...

پدرانمان

مادرانمان

استادانمان

فهرست مطالب

فصل اول: کلیات تحقیق.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ طرح مسئله.....	۴
۳-۱ سوال پژوهش.....	۵
۴-۱ هدف.....	۶
۵-۱ قالب پژوهش.....	۶
۶-۱ روند پژوهش.....	۷
فصل دوم: بررسی ادبیات.....	۹
۱-۲ مقدمه.....	۱۰
۲-۲ بررسی اجمالی ارزیابی ریسک.....	۱۰
۱-۲-۲ ارزیابی ریسک کیفی.....	۱۱
۲-۲-۲ ارزیابی ریسکی کمی.....	۱۱
۳-۲-۲ ارزیابی ریسک نیمه کمی.....	۱۲
۳-۲ شناسایی خطر (HAZID).....	۱۲
۱-۳-۲ تحلیل خطر.....	۱۳
۲-۳-۲ رویکردهای شناسایی خطر.....	۱۳
۴-۲ واحد تقویت فشار گاز.....	۱۴
۵-۲ منطق فازی.....	۱۷
۱-۵-۲ نظریه مجموعه کلاسیک.....	۱۷
۲-۵-۲ جبر بولی.....	۱۷

۱۸	۳-۵-۲ تعریف منطق فازی
۲۴	۴-۵-۲ قوانین فازی
۲۴	۵-۵-۲ استنتاج فازی
۲۷	۶-۲ تفکر انتقادی و مرور مطالعات مربوطه
۲۷	۱-۶-۲ شناسایی خطرات و ارزیابی خطر
۲۹	۲-۶-۲ منطق فازی
۳۰	۳-۶-۲ ریسک فازی
۳۳	۴-۶-۲ خلاصه
۳۴	فصل سوم: رویه انجام تحقیق
۳۵	۱-۳ مقدمه
۳۶	۲-۳ منطقه مورد مطالعه
۳۷	۱-۲-۳ هدف از ایستگاه تقویت فشار آبپخش
۳۹	۲-۲-۳ فرآیند تقویت فشار
۴۰	۳-۳ جمع آوری داده ها
۴۰	۱-۳-۳ مقدمه
۴۰	۲-۳-۳ روش HAZID
۴۱	۱-۲-۳-۳ طبقه بندی مناطق
۴۹	۴-۳ مدل ارزیابی ریسک
۵۰	۱-۴-۳ مدلسازی ریسک
۵۶	۲-۴-۳ قوانین فازی برای مدلسازی ریسک
۵۹	۳-۴-۳ جمع آوری خروجی ها

۵۹	۴-۴-۳ تخریب پذیری
۶۱	فصل چهارم: نتایج و بحث
۶۲	۱-۴ مقدمه
۶۲	۲-۴ شناسایی خطرات بر پایه روش HAZID
۶۷	۳-۴ خروجی کیفی ریسک
۷۷	۴-۴ کاربرد ریسک فازی
۹۳	۵-۴ یکپارچه سازی اندازه گیری ریسک فازی
۹۸	۴-۵-۱ ارزیابی سیستم
۱۰۰	۴-۶ بحث و نتیجه گیری
۱۰۳	فصل پنجم: خلاصه و نتیجه گیری
۱۰۴	۱-۵ مقدمه
۱۰۴	۲-۵ تحلیل ریسک کیفی برای افراد، محیط، دارایی و شهرت شرکت
۱۰۷	۲-۵ خلاصه
۱۰۹	۳-۵ نتیجه گیری
۱۱۰	۴-۵ محدودیت های مطالعه
۱۱۰	۵-۵ توصیه ها و تحقیقات آینده
۱۱۱	منابع

فهرست اشکال

شکل ۱-۱	چارچوب پژوهش	۷
شکل ۲-۱	روند پژوهش	۸
شکل ۱-۲	شماتیک کلی ایستگاه تقویت فشار	۱۵
شکل ۲-۲	محدوده مقادیر منطقی در منطق فازی و منطق بولی؛ (b) منطق چند ارزشی [۱۴]	۲۰
شکل ۳-۲	ساختار سیستم منطق فازی معمولی [۱۶]	۲۰
شکل ۴-۲	عملیات در مجموعه های کلاسیک [۱۴]	۲۲
شکل ۵-۲	انتخاب مونوتونیک برای وزن افراد [۱۹]	۲۴
شکل ۱-۳	منطقه دشتی اسماعیل خانی، ایستگاه تقویت فشار آبپخش	۳۶
شکل ۲-۳	نقشه هوایی ایستگاه تقویت فشار آبپخش	۳۸
شکل ۳-۳	ایستگاه تقویت فشار آبپخش	۳۹
شکل ۴-۳	مراحل HAZID	۴۱
شکل ۵-۳	تقسیم بندی مناطق	۴۲
شکل ۶-۳	ماتریس ریسک	۴۸
شکل ۷-۳	توابع عضویت پیامد	۵۴
شکل ۸-۳	توابع عضویت احتمال	۵۵
شکل ۹-۳	توابع عضویت ریسک	۵۶
شکل ۱۰-۳	مجموعه ریسک فازی	۵۹
شکل ۱-۴	نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی	۷۶
شکل ۲-۴	نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی	۷۷
شکل ۳-۴	نتایج ریسک فازی	۹۵
شکل ۴-۴	خروجی ریسک فازی برای گره ها	۹۷
شکل ۵-۴	مدل ریسک فازی	۹۹
شکل ۶-۴	مدل ریسک فازی تاسیسات فشرده سازی گاز آبپخش	۹۹
شکل ۷-۴	یکی کردن خروجی ریسک در مدل	۱۰۰

شکل ۱-۵ الف) نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی ب) نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی برای پرسنل	۱۰۴
شکل ۲-۵ الف) نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی ب) نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی برای محیط زیست	۱۰۵
شکل ۳-۵ الف) نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی ب) نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی برای دارایی ها	۱۰۶

فهرست جداول

جدول ۳-۱ خلاصه روش شناسی	۳۵
جدول ۳-۲ پیامد بر پرسنل	۵۱
جدول ۳-۳ پیامد بر دارایی	۵۱
جدول ۳-۴ پیامد بر محیط زیست	۵۲
جدول ۳-۵ پیامد بر شهرت	۵۲
جدول ۳-۶ علامت گذاری و محدوده عددی احتمال	۵۳
جدول ۳-۷ تعریف، علامت گذاری و محدوده عددی خروجی	۵۴
جدول ۴-۱ گره ها و خطرات آنها	۶۳
جدول ۴-۲ مخاطرات و فرکانس آنها	۶۶
جدول ۴-۳ خروجی های ریسک کیفی برای واحد تقویت فشار آبپخش	۶۷
جدول ۴-۴ ورودی و خروجی سیستم استنتاج فازی	۷۸
جدول ۴-۵ خروجی ریسک فازی برای تاسیسات	۹۴

فصل اول: کلیات تحقیق

۱-۱ مقدمه

فرآیند صنعتی سازی یک پدیده اجباری است که بشریت درگیر آن شده است اگر قوانین به درستی اجرا نگردد و فرآیند تنظیم نشده باشد، عواقب جبران ناپذیر آشکار، اجتناب ناپذیر است. صنعت نفت با توجه به طبیعت مواد، تجهیزات و فرایندهای آن بیش از هر زمان صحنه حوادث ناگوار بوده است. امروزه بزرگترین نگرانی مدیران شرکت های تابعه صنایع نفت و گاز مسائل مربوط به سلامت، ایمنی و محیط زیست و هر فعالیت یا پروژه مربوط به آن‌ها می‌باشد. سالانه آسیب‌های جبران ناپذیر به افراد، محیط زیست، دارایی‌ها و شهرت شرکت‌ها به دلیل اهمیت ندادن به مسائل مربوط به بهداشت، سلامت و محیط زیست وارد می‌شود. سالانه تعداد زیادی حادثه منجر به آسیب و مرگ در صنعت نفت گزارش می‌شود. این حوادث نه تنها باعث از دست رفتن نیروی انسانی می‌شوند بلکه باعث شکست در روند فعلی صنعت خواهند شد و خسارات عظیمی به صنعت نفت و تاسیسات وارد می‌کنند و باعث ایجاد آلودگی عمده در محیط زیست می‌شوند. در مناطقی که صنعت نفت و گاز توسعه یافته است، منابع هوا، آب و خاک می‌توانند به وسیله زباله‌های نفت و گاز و محصولات جانبی آن آلوده شوند. سال‌هاست حل این مشکلات، بزرگترین نگرانی برای مدیران صنعت نفت در سطوح مختلف است.

صنعت نفت شامل فرآیندهای اکتشاف، استخراج، پالایش، حمل و نقل (اغلب توسط مخازن نفت و خطوط لوله) و بازاریابی محصولات نفتی است. بزرگترین حجم محصولات صنعت نفت، نفت خام و مشتقات نفتی است. نفت همچنین ماده خام برای ساخت بسیاری از محصولات شیمیایی، از جمله داروها، حلالها، کود، آفت کش‌ها و پلاستیک است. این صنعت معمولاً به سه دسته اصلی تقسیم می‌شود: بالادستی، میان‌دستی و پایین‌دستی. جزء میان‌دستی معمولاً در رده پایین‌دستی طبقه‌بندی می‌شود. در این مطالعه، تاسیسات تقویت فشار گاز مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

گاز طبیعی از طریق یک خط لوله تحت فشار جابجا می‌شود. همانطور که گاز طبیعی از طریق یک خط لوله جریان می‌یابد، به علت اصطکاک در داخل لوله، فشار را از دست می‌دهد. برای حفظ سرعت مورد نظر در خط لوله، فشار گاز طبیعی باید افزایش یابد. این عملیات با استفاده از ایستگاه‌های تقویت فشار واقع در امتداد یک خط لوله انجام می‌شود. ایستگاه‌های تقویت فشار با استفاده از دستگاه‌های فشرده سازی گاز که به طور گسترده در صنعت نفت و گاز استفاده می‌شود فشار گاز طبیعی را افزایش می‌دهند.

ایستگاه تقویت فشار گاز آپبخش در مرحله راه اندازی قرار دارد و شناسایی خطرات احتمالی و ارزیابی خطرات در این مرحله از پروژه ضروری است. تکنیک های شناسایی و ارزیابی مخاطرات برای شناسایی خطرانی که باعث بروز عواقب شدید از جمله مرگ و میر و خسارات شدید به محیط زیست و دارایی های شرکت در طول عملکرد سیستم می شود، مهم هستند. این حوادث می تواند مشکل جدی برای فرآیند، اپراتورها، دارایی ها و محیط زیست ایجاد کند، بنابراین باید روش های مناسب برای شناسایی و ارزیابی خطرات آن به وجود آید. در سال های اخیر، روش های مختلف برای پیش بینی و کاهش خطر حوادث و آسیب های ناشی از آن ارائه شده است. تاسیسات تقویت فشار گاز آپبخش در مرحله راه اندازی قرار دارد و در برخی از قسمت های سایت، امکانات خود را توسعه داده است. برای این مرحله از پروژه، تکنیک HAZID^۱ روش خوبی جهت شناسایی خطرات موجود است. با استفاده از تکنیک های شناسایی خطر یکی از راه های افزایش درک سازمان از ریسک مربوط به یک فرآیند، فعالیت های برنامه ریزی شده و یا در حال انجام می توان تصمیمات مدیریتی مناسب جهت کنترل مناسب ریسک های موجود اتخاذ نمود. شناسایی خطر (HAZID) یک روش رایج و مفید برای تجزیه و تحلیل خطرات و ارزیابی ریسک به ویژه در پروژه های صنعتی در صنعت نفت و گاز است [۱].

در این روش، خطرات، اثرات بالقوه آنها و عوامل خطر ساز که ممکن است باعث تهدید، بروز حوادث و پیامدهای احتمالی آنها شود بررسی خواهد شد. این ارزیابی به صورت کیفی بر اساس شدت و احتمال وقوع حادثه انجام خواهد شد [۲].

این روش بر اساس احساس و عقیده انسان است، بنابراین کاملاً قابل اعتماد نخواهد بود. با توجه به ضرورت تصمیم نهایی در مورد علل عدم انطباق و در سیستم تجزیه و تحلیل شناسایی خطرات و برخورد با پارامترهای نامشخص، به نظر می رسد منطق فازی قادر به کمی کردن مقادیر نامناسب و مبهم مورد نیاز برای محاسبه سطوح خطر می باشد.

منطق فازی یک تکنولوژی است که رویکردهای طراحی و مدل سازی سیستم های پیچیده ریاضی را با استفاده از اصطلاحات زبان شناختی و دانش کارشناسی ارائه می دهد [۳]. استفاده از این روش به دلیل عدم اطمینان است. در این مدل سازی سه بعدی دو ورودی اصلی، احتمال و شدت وقوع حادثه هستند و خروجی، ریسک ناشی از احتمال و شدت حادثه می باشد.

^۱ Hazard Identification

مدل های ارائه شده در این تحقیق با کمی کردن سطوح ریسک، مشکلات را به طور عمده حل کرده است. در پایان فرایند، مقایسه عددی این مدل امکان پذیر است. استفاده از این روش باعث می شود ارزیابی خطر قابل اعتماد تر و قابل قبول تر باشد.

۱-۲ طرح مسئله

سیستم های فرایندی بسیار پیچیده هستند. بر خلاف یک خط مونتاژ، که در بیشتر موارد، پردازش مواد به طور متوالی اتفاق می افتد، اتصال های قابل توجهی از زیرسیستم های متفاوتی وجود دارد که به یکدیگر متصل می شوند. اگر این اتصالات و تعاملات به طور سیستماتیک شناسایی نشوند، رویداد احتمالی حادثه ممکن است از طریق شبکه های نظارتی برطرف شود.

در ده های اخیر نادیده گرفتن ارزیابی ریسک و اصول شناسایی خطر در صنایع مختلف، به ویژه صنعت نفت موجب حادثه و بلایای متعددی شده است. چند مورد از مهم ترین حوادث در صنعت در زیر بیان شده است:

- ✓ حادثه فلیکسبور در سال ۱۹۷۴؛ این حادثه در کارخانه تولید مواد خام نایلون در فلیکسبور انگلستان رخ داده است. در این حادثه ۲۸ نفر کشته و ۳۶ نفر زخمی شدند و آسیب جدی به این واحد وارد شد [۴].
- ✓ حادثه مکزیکوسیتی در سال ۱۹۸۴؛ انفجار و آتش سوزی در سه پایانه ذخیره سازی گاز مایع رخ داد که بیش از ۶۵۰ نفر کشته و بیش از ۶۴۰۰ نفر زخمی بر جای گذاشت [۵].
- ✓ حادثه پایپر آلفا؛ انفجار و آتش سوزی در صبح روز ۶ ژوئیه ۱۹۸۸ در حلقه های نفتی متعلق به اکسیدنتال رخ داد و ۱۶۵ نفر کشته و دو نفر ناپدید شدند [۵].
- ✓ انتشار مقادیر زیاد گاز MIC در صبح روز ۳ دسامبر سال ۱۹۸۴ به فاجعه بپال منجر شد که باعث کشته شدن ۲۰۰۰ نفر و زخمی شدن بیش از ۲۰۰ نفر شد [۴].

بین خطر و ریسک تفاوت معناداری وجود دارد. در سال های اخیر، تکنیک های ارزیابی ریسک همیشه مورد توجه بوده اند، اما اگر ما بدون شناسایی علل اساسی خطرات، تنها بر روی تحلیل ریسک تمرکز کنیم، سوالاتی مطرح می شود: "چه چیزی می تواند اشتباه باشد؟"، "چه مقدار؟"، "چند وقت؟" و "چطور؟" [۶].

شناسایی خطر در این سطح مربوط به خطرات ذاتی مواد ذخیره شده یا استفاده شده می‌باشد و اقدامات حفاظتی در جهت جلوگیری از، به خطر افتادن و از دست دادن سطوح حفاظتی می‌باشد. تجزیه و تحلیل خطر معمولاً با از دست دادن سطوح حفاظتی (چه چیزی می‌تواند اشتباه باشد؟) شروع می‌شود، از مدل‌های نتیجه برای ارزیابی شدت حادثه و با استفاده از پایگاه داده‌های قابل اطمینان برای برآورد احتمال حادثه، و محاسبه ریسک استفاده می‌شود بنابراین باید توجه خاصی به شناسایی خطر داشت. اما این کل مسئله نیست احتمالات ورودی سستی و پیامدهای مورد استفاده در ارزیابی ریسک پر از عدم اطمینان مربوط به مقدار شدت و احتمال وقوع حوادث است [۷].

این به دلیل عدم آگاهی از شرایط و فرآیندهای فیزیکی، تغییر عملکرد صنایع در طول سالها و عدم اطمینان از صحت اطلاعات است. از این رو پیش بینی احتمال وقوع حادثه اغلب با عدم قطعیت روبرو است؛ پیامد حوادث مربوط به آسیب کارکنان با پیامد حوادث مربوط به آلودگی محیط زیست و از دست دادن دارایی‌های مادی در واحد تقویت فشار گاز متفاوت است. طبیعتاً عواقب این پیامدها نامشخص است و هر کدام با مقیاس اندازه‌گیری خاص خود اندازه‌گیری می‌شوند، و نمی‌توان به صورت آنالیز ریاضی آن را تعریف کرد. با این حال، ممکن است به صورت منطقی یا با مقیاس کیفی تعریف شوند.

۱-۳ سوال پژوهش

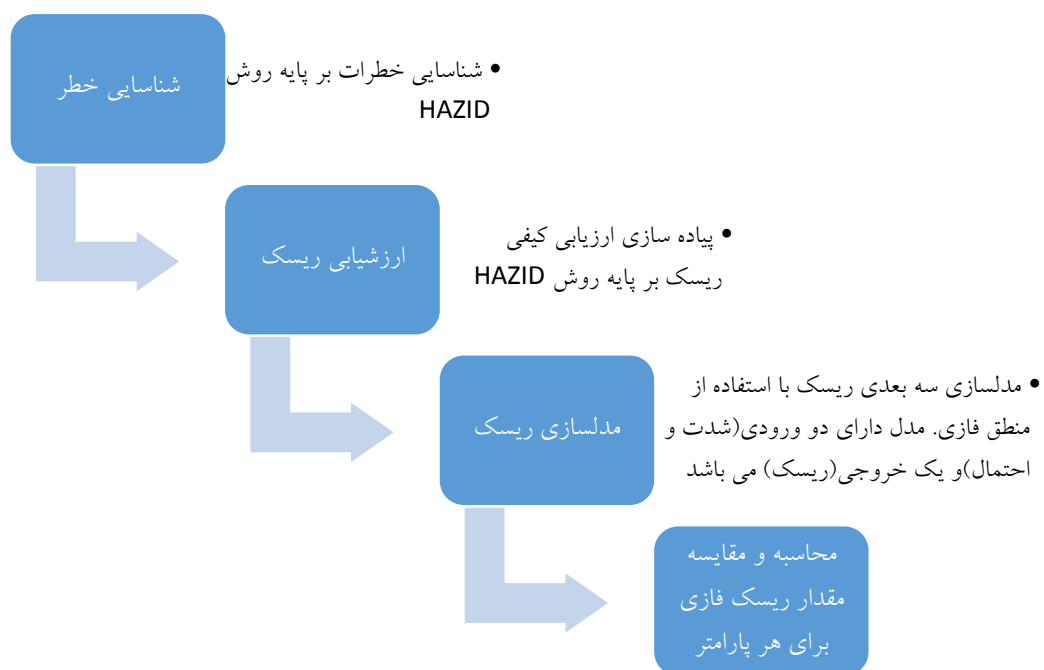
- چگونه می‌توان خطراتی که منجر به حوادث می‌شوند را شناسایی کرد؟
- با کاهش ریسک حوادث چگونه می‌توان از آسیب به پرسنل، محیط زیست، تجهیزات و اعتبار شرکت جلوگیری کرد؟
- چگونه می‌توان به یک مدل ارزیابی قابل اطمینان دست یافت؟
- هدف از مدل سازی ریسک و کمی کردن آن چیست؟
- برای مقایسه خطرات و به دست آوردن ریسک کلی چه مراحل باید انجام شود؟
- با توجه به نتایج ارزیابی ریسک که اغلب کیفی هستند، چگونه می‌توانیم یک مدل ریاضی برای آن تعیین کنیم؟

۴-۱ هدف

- هدف اصلی این مطالعه مدلسازی ریسک سه بعدی با استفاده از روش شناسایی خطر (HAZID) در ایستگاه تقویت فشار گاز آپخش است. برای این هدف چهار هدف خاص وجود دارد.
- شناسایی مخاطرات در فرآیند با روش HAZID
- پیاده سازی ارزیابی ریسک بر اساس روش HAZID
- استفاده از منطق فازی برای دست یابی به داده های نامشخص، مدل ریسک و تبدیل خروجی های کیفی به خروجی های کمی با استفاده از نرم افزار متلب
- محاسبه و مقایسه ریسک های کلی.

۵-۱ قالب پژوهش

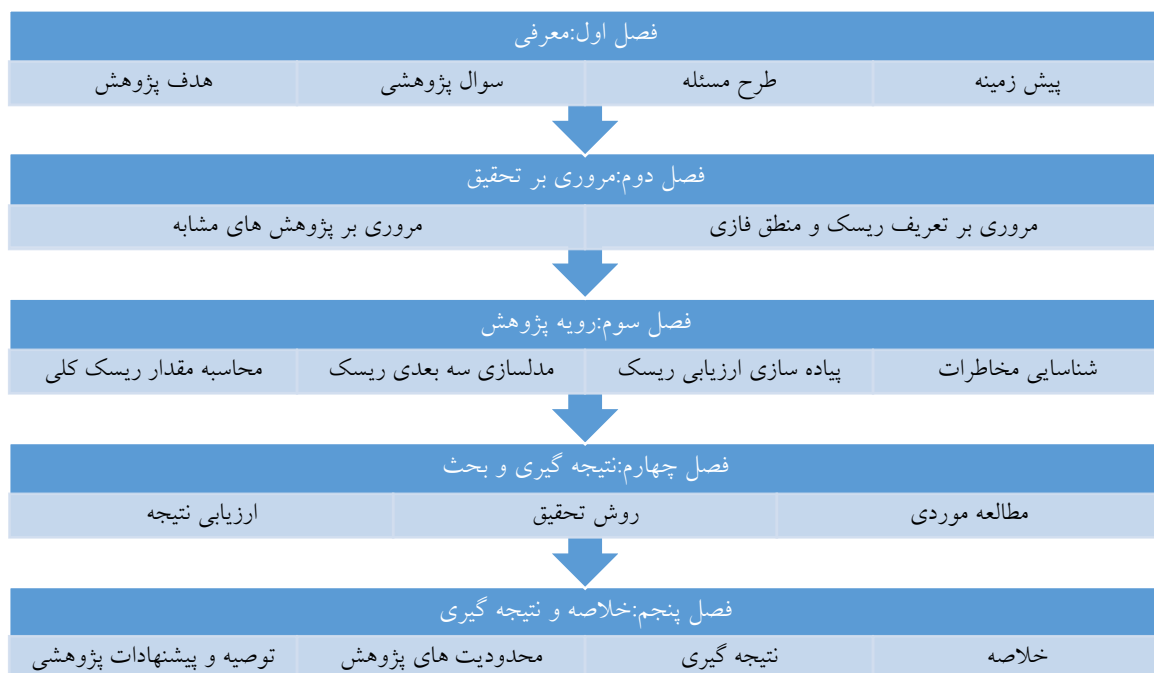
این مطالعه به منظور ایجاد مدل سه بعدی ریسک و محاسبه خروجی های ریسک فازی در واحد تقویت فشار گاز آپخش است. این پژوهش شامل چهار قسمت اصلی است (شکل ۱-۱). بخش اول، شناسایی خطرات در تاسیسات تقویت فشار گاز آپخش است. خطرات توسط روش HAZID شناسایی می شوند. بخش دوم ارزیابی خروجی های کیفی ریسک است. برای این منظور از روش HAZID استفاده می شود. بخش سوم، مدلسازی سه بعدی ریسک و خروجی های کیفی تبدیل به یک مقدار کمی است. منطق فازی در این قسمت اعمال می شود. این مدل شامل دو ورودی و یک خروجی است. ورودی شامل احتمال و شدت وقوع حادثه و خروجی ریسک است. در نهایت، مقدار ریسک فازی محاسبه و مقایسه می شود.



شکل ۱-۱ چارچوب پژوهش

۱-۶ روند پژوهش

این مطالعه شامل ۵ فصل و هر بخش تقسیم شده به بخش های خاص به منظور دستیابی به هدف اصلی پایان نامه است که مدل سازی سه بعدی ریسک است. شکل ۱-۲ روند پژوهش را نشان می دهد.



شکل ۱-۲ روند پژوهش

فصل دوم: بررسی ادبیات

۲-۱ مقدمه

مفهوم ارزیابی ریسک و ریسک دارای تاریخچه طولانی دارد. بیش از ۲۴۰۰ سال پیش، آنتی ها ظرفیت های خود را برای ارزیابی خطرات قبل از تصمیم گیری ارائه می دادند. چالش اصلی دانستن چگونگی توصیف، اندازه گیری و ارتباط ریسک و عدم اطمینان است. واضح است که این راه وجود ندارد. با این وجود نمی توان راهی معتبر برای نزدیک شدن به خطر و عدم اطمینان پیدا کرد.

منطق فازی برای حل این مشکل استفاده می شود. استفاده از رویکرد مجموعه ای از فازی به خصوص برای رسیدگی به مشکلات ریسک چند معنی با داده های نامشخص مناسب است. [۷]

در این فصل، برخی از خط مشی های اصلی در مورد ارزیابی ریسک، خطر، شناسایی خطرات و منطق فازی را بررسی می کنیم. هدف یک مرور کامل از نظریه موجود نیست، بلکه مقدمه ای از مفاهیم، مدل ها و روش ها برای خواننده است. این نمایشگاه ایده ها و نتایج اساسی را برجسته می کند و نقطه شروع برای نظریه ارائه شده در فصل های ۳ تا ۵ است. در این فصل نظریه های اساسی و نتایج بدست آمده از گذشتگان مورد بررسی قرار می گیرد.

۲-۲ بررسی اجمالی ارزیابی ریسک

در بررسی ادبیات موضوع، به تعداد زیادی مقالات فنی در مورد ایمنی و تجزیه و تحلیل ریسک در بسیاری از زمینه های مختلف، مانند مهندسی، پزشکی، شیمی، زیست شناسی، زراعت و ... اشاره شده است. این مقالات به مفاهیم، ابزارها، فن آوری ها و متدولوژی هایی که در زمینه هایی مانند برنامه ریزی، طراحی، توسعه، یکپارچه سازی سیستم، مدل سازی و ساخت زیرساخت های فیزیکی در قابلیت اطمینان، کنترل کیفیت و نگهداری توسعه داده شده اند.

علاوه بر این، بررسی ما نشان می دهد که تکنیک های ارزیابی ریسک به سه دسته اصلی تقسیم می شوند: (الف) کیفی، (ب) کمی، و (ج) تکنیک های ترکیبی (کیفی، کمی، نیمه کمی) [۸].

۲-۲-۱ ارزیابی ریسک کیفی

ارزیابی کیفی از خطرات برای تعیین شدت و احتمال رخداد یک سناریوی نامطلوب و تصمیم گیری در مورد اقدامات لازم برای حذف یا محدود کردن خطر به سطح قابل قبول انجام می شود یک فرایند پیچیده است. برای برآورد ریسک حوادث ناگوار مشخص شده می تواند با استفاده از یک معیار دوگانه روش کیفی اشاره کرد. با استفاده از این روش، ریسک (R) در با توجه به فرمول (۱-۱) ارزیابی می شود:

$$R = P \times S \quad 1-1$$

در فرمول ریسک، P^2 احتمال وقوع حادثه و S^3 شدت وقوع حادثه است [۹].

احتمال رخداد یک رویداد، پارامتر (P) است که بیانگر وقوع نسبی شکست یک رویداد می باشد، که به علت یک رویداد و تشخیص وضعیت خرابی (نقص در تجهیزات ایمنی و سیستم های هشدار دهنده دستی یا خودکار) در سیستم نظارت بر کار، توانایی ها و دانش اپراتورها می تواند مورد توجه قرار گیرد [۹].

شدت وقوع حادثه (S) بیانگر اهمیت پیروی از شکست در صورت توسعه کامل سناریو است. در حین ارزیابی شدت وقوع حادثه، آسیب به سلامت کارکنان، ضررهای مالی و آسیب های زیست محیطی باید در نظر گرفته شود [۹].

ریسک (R) ترکیبی از احتمال وقوع برخی از وضعیت نامطلوب (رویداد) و درجه شدت عواقب آن (شدت آسیب، ضرر و زیان) است [۹].

۲-۲-۲ ارزیابی ریسکی کمی

با توجه به تکنیک های کمی، ریسک می تواند با استفاده از روابط ریاضی به عنوان یک مقدار محسوب شود که این مقدار با کمک داده های حوادث واقعی ثبت شده در یک محل کار، برآورد و بیان می شود [۸].

^۲ possibility

^۳ severity

۲-۲-۳ ارزیابی ریسک نیمه کمی

برای توصیف مقیاس ریسک نسبی از روش های نیمه کمی استفاده می شود. به عنوان مثال، ریسک را می توان به مقوله هایی مانند "کم"، "متوسط"، "بالا" یا "بسیار زیاد" طبقه بندی کرد. تعداد سطوح ریسک ممکن است ۳ تا ۱۰ یا بیشتر باشد. در یک رویکرد نیمه کمی، از مقیاس های مختلف برای مشخص کردن احتمال وقوع عوارض جانبی و پیامدهای آن استفاده می شود. احتمالات تحلیل شده و پیامدهای آن نیازی به اطلاعات دقیق ریاضی ندارند. هدف این است که یک سلسله مراتب از ریسک ها را در برابر مقدار سنجی ایجاد کنیم، که نشان دهنده نظم است که باید بازبینی شود و ارتباط واقعی بین آنها نباشد [۱۰].

۲-۳ شناسایی خطر (HAZID)

شناسایی خطر (HAZID) اولین و مهمترین گام در ارزیابی ریسک است. روش HAZID یک روش ارزیابی کیفی است. شناسایی خطر یک فرآیند سیستماتیکی شناسایی خطرات و حوادث مرتبط است که پتانسیل بالقوه برای نتیجه قابل توجهی داشته باشد. HAZID ابتدا لیستی از تمامی خطرات احتمالی را تولید می کند، سپس آن ها را برای ارزیابی به منظور اولویت دادن آنها مرتب میکند. به منظور حمایت از روش ارزیابی، ما به عنوان یک ابزار تجزیه و تحلیل تصمیم گیری، چند معیار پیشنهاد می کنیم. زیرا تصمیم نهایی بستگی به معیارهایی دارد که سناریوهای خطرناک بالقوه با عواقب مختلف را با هم مرتبط می کنند [۱۱].

یک خطر نادیده گرفته شده احتمالا خطای بیشتری را در برآورد ریسک کلی یک مدل پیامد یا برآورد فرکانس ارائه می دهد. هدف از HAZID ایجاد یک لیست جامع از همه خطرات است [۱۱].

HAZID بر مبنای استفاده از تکنیک "طوفان مغزی" است که شامل آموزش و یادگیری پرسنل با تجربه برای تعیین خطرات است. HAZID، اغلب اوقات یک تمرین کافی بر اساس قضاوت کارشناس است. روش های مختلفی برای تشخیص خطر وجود دارد و برخی از آنها نیز برای برنامه های خاص به استاندارد تبدیل شده اند. تجربه ثابت کرده است که نیازی نیست مشخص شود که کدام تکنیک باید در موارد خاص مورد استفاده قرار گیرد. به طور معمول، سیستم ارزیابی شده به بخش های مختلف تقسیم می شود و رهبر گروه روش را انتخاب می کند که می تواند روش استاندارد باشد، اصلاح یکی از روش ها یا معمولاً ترکیبی از چندین است. به عبارت دیگر، تکنیک مورد استفاده مهم نیست، زیرا هر گروه می تواند تکنیک های ترکیبی را استفاده کند.

همچنین بسیار مهم است که نتیجه گیری HAZID ها در یک جلسه نهایی مورد بحث و بررسی قرار گیرد، به طوری که دیدگاه های گروهی به جای فردی بیان می شوند [۱۲].

۲-۳-۱ تحلیل خطر

هر مخاطره ی خاص می تواند با یک یا چند تهدید که دارای توانایی منجر شدن به حادثه یا رویداد اصلی شود، نمایان شود. یک تهدید می تواند یک خطر خاص باشد یا نمایشی دقیق تر از یک خطر خاص باشد. هر رویداد تصادفی ممکن است به پیامدهای ناخواسته منجر شود. اگر یک خطر آزاد شود، رویداد تصادفی می تواند به یکی از چندین عواقب احتمالی منجر شود. برای جلوگیری از تشدید، اقدامات پیشگیرانه و اقدامات کنترلی باید در جهت جلوگیری از زنجیره ی رویداد ها و / یا به حداقل رساندن پیامدها اقدام کنند [۱۳].

خطرات مرتبط با هر فعالیتی وجود دارد، اما تحلیلگران نمی توانند شروع به ارزیابی آنها کنند تا بدانند که خطرات چیست. خطر یک ویژگی فیزیکی یا شیمیایی ماده، سیستم، فرآیند یا گیاه است که دارای آسیب پذیری بالایی است. بنابراین شناسایی خطر شامل دو وظیفه کلیدی است: (۱) شناسایی پیامدهای خاص نامطلوب و (۲) شناسایی مواد، سیستم، فرایندها و ویژگی های گیاهی که می تواند این پیامدها را ایجاد کند.

۲-۳-۲ رویکردهای شناسایی خطر

روش های مختلفی برای شناسایی خطر وجود دارد. آنها عبارتند از:

۱. چک لیست ها

۲. تحلیل و بررسی "اگر چه؟"

۳. مفهوم تجزیه و تحلیل خطر (CHA^۴)

۴. تجزیه و تحلیل حالت و اثرات شکست (FMEA^۵)

^۴ Concept Hazard Analysis

^۵ Failure Modes & Effects Analysis

۵. مطالعه خطر و عملکرد (HAZOP^۶)

۶. بررسی خطر و عملکرد عملیات (CHAZOP^۷)

۷. شناسایی خطر مبتنی بر سناریو

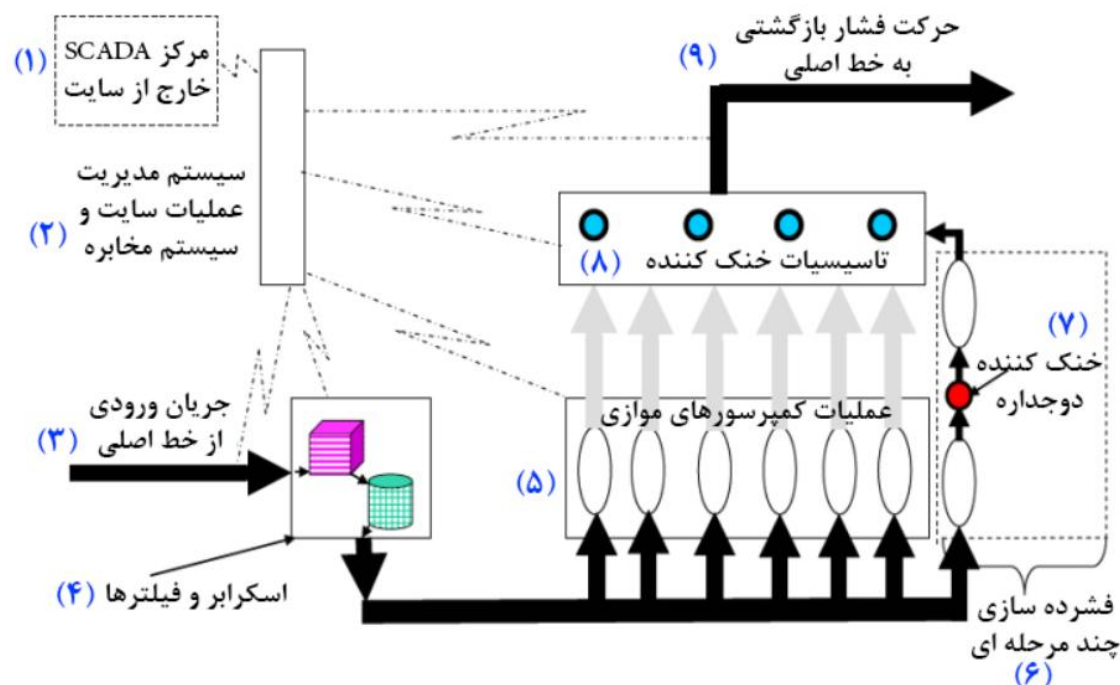
۸. تجزیه و تحلیل خطای اقدام

۲-۴ واحد تقویت فشار گاز

اگر چه ایستگاه های تقویت فشار خطوط اصلی گاز طبیعی در اندازه و طرح به طور گسترده ای متفاوت اند با این حال اجزای اساسی چنین ایستگاه هایی شامل واحدهای کمپرسور، اسکرابر / فیلترها، سیستم خنک کننده، سیستم های قطع اضطراری و یک سیستم کنترل و کنترل جریان کامپیوتری روی سایت که حفظ یکپارچگی عملیاتی ایستگاه را نشان می دهد می باشد، که در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.

^۶ Hazards and Operability Analysis

^۷ Control Hazards and Operability Analysis



شکل ۱-۲ شماتیک کلی ایستگاه تقویت فشار

ایستگاه های تقویت فشار در مکان های ذخیره سازی گاز طبیعی زیرزمینی جهت تزریق و عملیات استخراج در مناطق تولیدی گاز که فشارهای چاه های عملیاتی به اندازه کافی برای حرکت جریان در خط لوله ای اصلی فشار بالا وجود ندارد استفاده می شوند. ایستگاه های تقویت فشار اغلب دارای تاسیساتی جهت حذف آب و جداسازی میعانات گازی که به صورت معمول در گاز طبیعی وجود دارند، میباشند.

واحد تقویت فشار گاز و قسمت های اصلی آن در شکل ۱-۲ نشان داده شده است. امروزه اکثر ایستگاه های تقویت فشار بدون نیاز به کنترل انسانی وبا استفاده از نظارت کنترل و اکتساب داده ها که سیستم مدیریت و هماهنگ سازی عملیات چند کمپرسور در ایستگاه هایی که یک سیستم خط لوله گاز طبیعی را به هم متصل می کنند؛ می باشد (۱). تقریباً تمام ایستگاه های تقویت فشار، دارای چندین واحد کمپرسور هستند که با ظرفیت و توان عملیاتی مناسب برای برآورده ساختن نیازهای قراردادی شرکت طراحی شده اند و وارد سیستم می شود (۲). وظیفه ایستگاه تقویت فشار گاز، افزایش فشار در یک خط لوله گاز طبیعی و انتقال آن به صنایع پایین دستی

میباشد. در طول مسیر فشار جریان خط لوله انتقال گاز به دلیل اصطکاک بین جریان گاز طبیعی و دیوار داخلی خط لوله گاز طبیعی کاهش می یابد. جریان گاز طبیعی ورودی به ایستگاه (۳) به منظور جداسازی و حذف هر گونه مایعاتی که ممکن است در اثر کاهش فشار جریان به وجود آمده باشد و یا ذراتی که در اثر ترکیب شدن با یکدیگر در مسیر انتقال شکل گرفته اند وارد اسکرابر و فیلتر (۴) میشود.

هنگامی که جریان گاز طبیعی جدا شده، از طریق لوله های کوچکتر به سمت کمپرسورهایی با قدرت و ظرفیت های مختلف هدایت میشود (۵). کامپیوترها جریان و تعداد واحدهای مورد نیاز برای رسیدگی به نیازهای جریان را تنظیم می کنند. در اکثر ایستگاه های تقویت فشار، واحدهای کمپرسور به صورت موازی کار می کنند و یک کمپرسور مجزا جهت زمانی که فشار اضافی مورد نیاز باشد قرار دارد. بعد از فشرده سازی، گاز طبیعی به تاسیسات خنک کننده هدایت می شود (۶) و در نهایت به خط اصلی انتقال (۷) با فشار کامل عملیاتی بازگردانده می شود.

هنگامی که فشار مورد نیاز بالا باشد و نسبت فشرده سازی بیش از یک سطح مشخص شده است، چندین کمپرسور به صورت سری برای رسیدن به فشار مطلوب (۸) عمل می کنند. از آنجا که این روند باعث می شود گاز طبیعی به دمای بسیار بالا گرم شود، یک واحد خنک کننده موازی بین هر مرحله (۹) استفاده می شود. همانطور که گاز طبیعی فشرده می شود، گرما تولید می شود و باید قبل از ورود مجدد به سیستم اصلی (۹) جریان گاز طبیعی خنک شود. اگر دمای جریان گاز طبیعی که وارد خط اصلی می شود بیشتر از مقدار مشخصی باشد، احتمال خوردگی در داخل خط لوله گاز طبیعی افزایش می یابد. اکثر ایستگاه های تقویت فشار دارای یک سیستم خنک کننده هوا برای از بین بردن گرمای بیش از حد جریان گاز طبیعی هستند. گرمای تولید شده توسط عملیات واحدهای کمپرسور از طریق یک سیستم آبگیر (سیستم خنک کننده) و یک واحد خنک کننده ی اتمسفری کاهش می یابد.

وجود گاز و مایع قابل اشتعال در واحد فشرده سازی گاز باعث ایجاد حادثه های مانند آتش سوزی، انفجار، خوردگی و بسیاری موارد دیگر می شود.

۲-۵ منطق فازی

۲-۵-۱ نظریه مجموعه کلاسیک

نظریه مجموعه کلاسیک بر مبنای مفهوم اساسی "مجموعه" است که یک عنصر عضو می‌باشد یا عضو نمی‌باشد. تمایزی بین یک عضو مجاز و عضو غیرمجاز برای هر "مجموعه ای" از نهادهای موجود در این نظریه وجود دارد و مرز بسیار دقیق و واضحی برای نشان دادن اینکه آیا یک موجودیت متعلق به مجموعه است وجود دارد. به عبارت دیگر، هنگامی که پرسیده می‌شود: آیا این عنصر عضو مجموعه است؟ جواب "بله" یا "خیر" است. این حقیقت در مورد موارد قطعی و تصادفی صدق می‌کند. در احتمال و آمار، ممکن است این سوال مطرح شود: «احتمال اینکه یک عنصر، عضو مجموعه باشد، چیست؟» در این مورد، اگرچه یک پاسخ می‌تواند مانند «به احتمال ۹۰٪ عضو مجموعه است باشد، نتیجه نهایی هنوز هم "موجودیت" یا "عدم وجود" یک عضو از مجموعه است. شانس برای یک پیش بینی صحیح به عنوان "آن عنصر عضوی از مجموعه است" ۹۰٪ است. این مفهوم به این معنا نیست که ۹۰٪ عضویت در مجموعه و در عین حال ۱۰٪ عدم عضویت در مجموعه باشد. یعنی، در نظریه مجموعه کلاسیک، این مفهوم که یک عنصر در یک مجموعه حضور داشته باشد و همزمان وجود نداشته باشد مجاز نیست. بنابراین، بسیاری از مشکلات کاربردی در دنیای واقعی را با نظریه مجموعه کلاسیک نمی‌توان توصیف کرد [۶].

برای معرفی مفاهیم اساسی در نظریه منطق کلاسیک، نمونه ای از یک فرآیند (یک سیستم یا یک کارخانه) را که توسط یک سیستم متشکل از قفل (با یک کلید) و یک سوئیچ ON-OFF را شامل می‌شود در نظر بگیرید [۶]. برای این کنسول، ما از L برای نشان دادن وضعیت قفل استفاده می‌کنیم:

$$L = \begin{cases} 0 & \text{اگر سوئیچ قفل باشد} \\ 1 & \text{اگر سوئیچ قفل نباشد} \end{cases}$$

۲-۵-۲ جبر بولی

جبر بولی جبر منطق دوگانه است که به نام ریاضیدان و فیلسوف انگلیسی قرن نوزدهم جورج بول نامگذاری شده است. در این جبر، تنها سه عملیات منطقی اساسی وجود دارد: عطف منطقی "و" که با \wedge نشان

داده می‌شود، فصل منطقی "یا" که با \vee نشان داده می‌شود و "نقیض" که با \neg نشان داده می‌شود. برای سهولت عملیات جبری، استفاده از نمادهای "-", "، "، " و "+" معمول است [۵].

هر عبارت بولی معتبر، با تعویض عملگرها و عناصر خنثی، باز هم معتبر خواهد بود. یعنی اگر در یک عبارت بولی معتبر (که از اصول اساسی جبر بول ناشی شده) تمام صفرها به یک و تمام یک‌ها به صفر و همینطور تمام "+"ها به "-" و تمام "-"ها "+" به تبدیل شود، عبارت به دست آمده باز هم معتبر خواهد بود. منطق بولی از اصل تمایز استفاده می‌کند. این امر ما را مجبور می‌کند بین اعضای که متعلق به یک کلاس می‌باشند و اعضای که متعلق به آن کلاس نمی‌باشند تمایز قائل شویم. به عنوان مثال، ما می‌توانیم بگوییم: "محدوده حداکثر یک وسیله نقلیه الکتریکی کوتاه است"، در مورد محدوده ای از ۳۰۰ کیلومتر یا کمتر به عنوان کوتاه، و دامنه بیش از ۳۰۰ کیلومتر به عنوان دامنه طولانی مطرح می‌شود. با این استاندارد، هر وسیله نقلیه الکتریکی که می‌تواند از فاصله ۳۰۱ کیلومتر (یا ۳۰۰ کیلومتر و ۵۰۰ متر یا حتی ۳۰۰ کیلومتر و ۱ متر) فاصله بگیرد، به عنوان دور برد توصیف خواهد شد [۱۴].

۲-۵-۳ تعریف منطق فازی

منطق فازی یا منطق چندگانه در سال ۱۹۳۰ توسط یان یوکاشوویچ، یک فیلسوف لهستانی معرفی شد [۱۵]. او بازنمایی ریاضی فازی را بر اساس اصطلاحات درست، نادرست و نامشخص مورد مطالعه قرار داد. در حالی که منطق کلاسیک فقط با دو مقدار ۱ (درست) و ۰ (نادرست) عمل می‌کند، لوکاشوویچ منطقی را ارائه می‌دهد که طیف وسیعی از مقادیر حقیقی را به تمام اعداد واقعی در فاصله بین ۰ و ۱ (احتمال این که یک بیانیه درست یا نادرست باشد) گسترش می‌دهد. به عنوان مثال، احتمال این که یک مرد ۱۸۱ سانتی متری واقعا بلند قد باشد ممکن است به مقدار ۰٫۸۶ تنظیم شود. احتمال این که مرد بلند قد باشد، منجر به یک روش استدلال غیر دقیق شده که اغلب به نام نظریه احتمالی نام برده می‌شود [۱۴].

بعدها، در سال ۱۹۳۷، مکس بل، مقاله ای با عنوان "ابهام: تمرین در تحلیل منطقی" منتشر کرد. او اولین مجموعه ی ساده ی فازی را تعریف کرد و ایده های اساسی عملیات مجموعه ی فازی را مشخص کرد. در سال ۱۹۶۵ لطفی زاده، استاد و رئیس بخش مهندسی برق در دانشگاه کالیفرنیا در برکلی، مقاله «مجموعه های فازی» را منتشر کرد. در حقیقت، لطفی زاده موفق به ابداع نظریه منطق فازی شد. لطفی زاده کار بر روی نظریه

احتمالی را به یک سیستم رسمی منطق ریاضی گسترش داد، او یک مفهوم جدید برای استفاده از اصطلاحات زبان طبیعی معرفی کرد. این منطق جدید برای نشان دادن و دستکاری شرایط فازی منطق فازی نامیده شده است [۱۴].

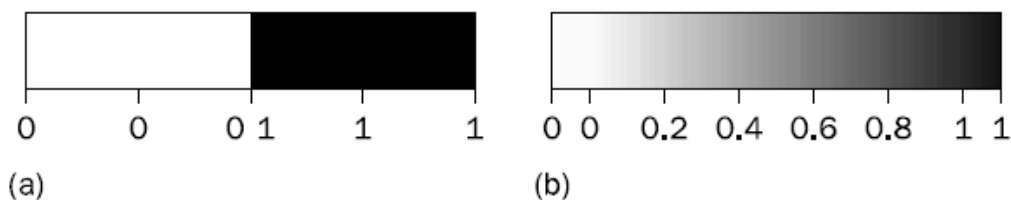
۲-۵-۳-۱ چرا منطق فازی؟

منطق فازی به سیستم های کامپیوتری کمک می کند تا مانند یک انسان تصمیم بگیرند و استنتاج نمایند. برای مثال هنگامی که یک دستور العمل آشپزی را دنبال می کنیم در واقع از نوعی استنتاج انسانی بهره می گیریم. مثلاً سرآشپز می گوید کمی نمک این اصطلاح برای انسان ها آشناست و قابل درک اما برای کامپیوتر ها نه. منطق فازی به کمک ما می آید تا قسمتی از استنتاج انسانی را برای سیستم های هوش مصنوعی فراهم سازد. با یک مثال این مورد را توضیح می دهیم.

۲-۵-۳-۲ چرا منطق؟

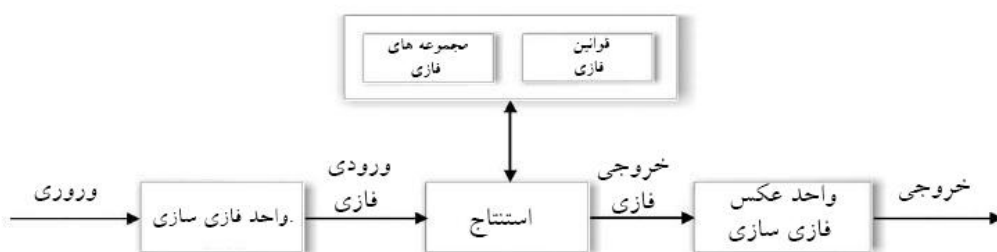
فازی بودن بر تئوری مجموعه فازی استوار است و منطق فازی جزئی از این نظریه است.

با این حال، لطفی زاده از اصطلاح منطق فازی در معنای وسیع تری استفاده کرد: منطق فازی به عنوان مجموعه ای از اصول ریاضی برای نمایش دانش بر اساس درجه عضویت و نه عضویت در منطق باینری کلاسیک تعیین می شود. بر خلاف منطق کلاسیک، منطق فازی چند ارزشی است. منطق فازی از پیوستگی مقادیر منطقی بین ۰ (کاملاً کاذب) و ۱ (کاملاً درست) استفاده می کند. به جای فقط سیاه و سفید، طیف رنگها را به کار می گیرد. همانطور که در شکل (۲-۲) مشاهده می شود، منطق فازی طیف وسیعی از مقادیر منطقی را به منطق بولی اضافه می کند. منطق باینری کلاسیک در حال حاضر می تواند به عنوان یک مورد خاص از منطق فازی چند محوری در نظر گرفته شود [۱۴].



شکل ۲-۲ محدودده مقادیر منطقی در منطق فازی و منطق بولی؛ (b) منطق چند ارزشی [۱۴]

ساختار سیستم منطق فازی معمولی در شکل (۲-۳) نشان داده شده است. شرایط این ساختار در بخش های بعدی توضیح داده خواهد شد.



شکل ۲-۳ ساختار سیستم منطق فازی معمولی [۱۶]

۲-۳-۵-۳ مجموعه های فازی

مفهوم مجموعه در ریاضیات یک اصل اساسی است. با این حال، زبان انسان بیان عظیمی از مجموعه ها است. به عنوان مثال، اتومبیل نشان دهنده مجموعه ای از ماشین ها است. هنگامی که ما می گوئیم اتومبیل، منظور یک مجموعه از ماشین ها است.

فرض کنید X یک مجموعه کلاسیک و x یک عنصر باشد. سپس عنصر x به X تعلق دارد یا به X تعلق ندارد. بدین معنا که تئوری مجموعه کلاسیک مرز وجودی را در این مجموعه اعمال می کند و هر عضو از مجموعه را به مقدار ۱ می دهد و همه اعضایی که در مجموعه a نیستند مقدار ۰ دارند. این مفهوم به عنوان اصل دوگانگی شناخته می شود [۱۷].

ایده اصلی نظریه مجموعه فازی این است که یک عنصر متعلق به یک مجموعه فازی با درجه خاصی از عضویت است. بنابراین، یک گزاره درست یا غلط نیست، اما ممکن است تا حدی درست باشد (یا تا حدی نادرست باشد). این درجه معمولاً به عنوان یک عدد واقعی در فاصله $[0, 1]$ در نظر گرفته می شود [۱۴].

یک مجموعه فازی را می توان به صورت مجموعه ای با مرزهای فازی تعریف کرد.

فرض کنید X یک مجموعه است و عناصر آن به صورت x مشخص می شوند. در نظریه مجموعه کلاسیک مجموعه تردید A از X به عنوان تابع $f(x)$ به نام تابع مشخصه A تعریف شده است.

$$f_a(x): X \rightarrow 0, 1$$

۲-۲

بنابراین:

$$f_a(x) = \begin{cases} 1 & \text{اگر } x \text{ عضو } A \text{ باشد} \\ 0 & \text{اگر } x \text{ عضو } A \text{ نباشد} \end{cases}$$

مجموعه X مجموعه ای از دو عنصر است. برای هر عنصر x از مجموعه X ، اگر x در تابع مشخصه $f(x)$ یک عنصر از مجموعه A باشد برابر با ۱ است و اگر x عنصری از A نباشد برابر است با ۰.

$$\mu_a(x): X \rightarrow [0, 1]$$

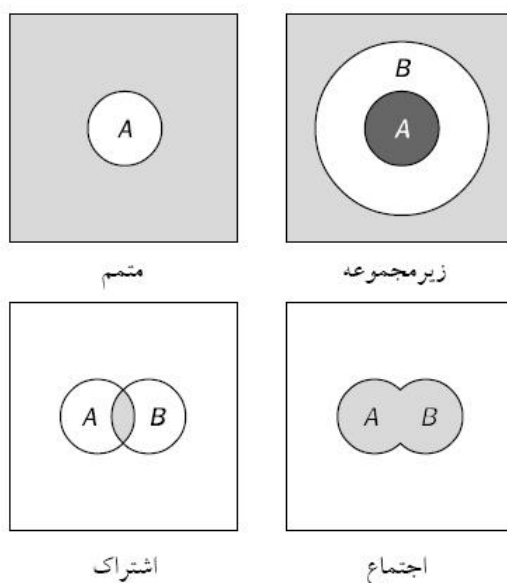
۳-۲

در فرمول ۳-۲ حرف μ نشانگر مجموعه است.

بنابراین:

$$\mu_a(x) = \begin{cases} 1 & \text{اگر } x \text{ کاملاً در } A \text{ باشد} \\ 0 & \text{اگر } x \text{ در } A \text{ نباشد} \\ [0, 1] & \text{اگر } x \text{ به صورت جزئی در } A \text{ باشد} \end{cases}$$

این مجموعه به مجموعه ای از پاسخ‌های ممکن امکان دسترسی می‌دهد. برای هر عنصر x از مجموعه X ، تابع عضویت برابر با درجه ای است از وجود x در مجموعه X . این درجه، یک مقدار بین ۰ و ۱ می‌باشد و همچنین ارزش عضویت عنصر x در مجموعه A را نشان می‌دهد [۱۴].



شکل ۲-۴ عملیات در مجموعه های کلاسیک [۱۴]

۲-۵-۳-۵-۱ مکمل

مکمل یک مجموعه، مجموعه‌ای مخالف آن مجموعه است. به عنوان مثال، اگر مجموعه ای از مردان بلند قد داشته باشیم، مکمل آن مجموعه ای از مردان کوتاه قد است. وقتی ما مردان بلند را از مجموعه جهانی حذف می‌کنیم، مکمل را بدست می‌آوریم. اگر A مجموعه فازی باشد، مکمل آن را می‌توان به صورت زیر یافت [۱۴]:

$$\mu_a(x) = 1 - \mu_a(x)$$

۴ - ۲

۲-۵-۳-۵-۲ زیر مجموعه

یک مجموعه می تواند شامل مجموعه های دیگر باشد. مجموعه کوچکتر زیر مجموعه نامیده می شود. به عنوان مثال، مجموعه ای از مردان قد بلند شامل تمام مردان قد بلند است. بنابراین، "مردان بسیار قد بلند" یک زیرمجموعه از مردان قد بلند است. با این حال، "مردان قد بلند" یک زیر مجموعه از مجموعه "مردان" است. در مجموعه های کلاسیک، تمام عناصر یک زیر مجموعه به طور کامل متعلق به یک مجموعه بزرگتر و مقادیر عضویت آنها برابر با ۱ است. در مجموعه های فازی، هر عنصر می تواند نسبت به مجموعه بزرگتر کمتر به زیر مجموعه تعلق داشته باشد و عناصر زیرمجموعه فازی در آن عضویت نسبت به مجموعه بزرگتر دارند [۱۴].

۲-۵-۳-۵-۲ اشتراک

عملیات فازی برای ایجاد اشتراک دو مجموعه فازی A و B در مجموعه جهانی X می تواند به صورت زیر باشد [۱۴]:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \text{Min}[\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \cap \mu_B(x), x \in X \quad ۵ - ۲$$

در فرمول ۵-۲ عملگر "و" معادل Min می باشد؛ \cap بیانگر اشتراک دو مجموعه و علامت \in بیانگر زیر مجموعه یا عضو مجموعه می باشد.

۲-۵-۳-۵-۲ اجتماع

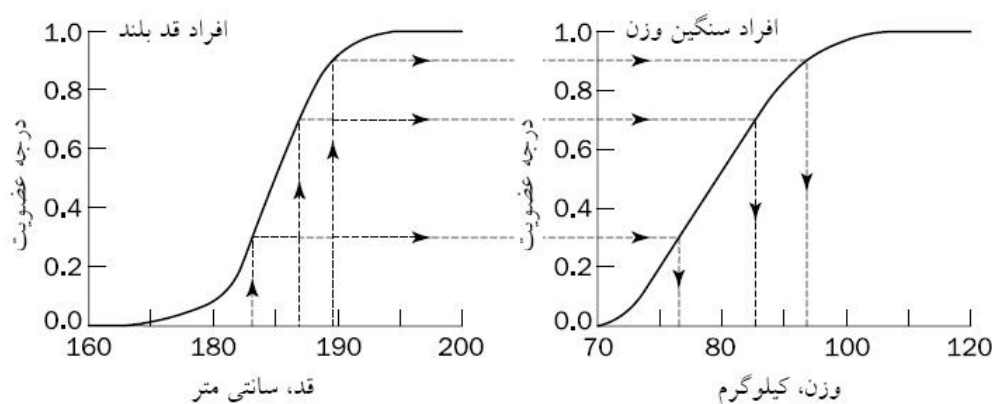
عملیات فازی برای اجتماع دو مجموعه فازی A و B در مجموعه جهانی X را می توان به صورت زیر بیان کرد:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \text{Max}[\mu_A(x), \mu_B(x)] = \mu_A(x) \cup \mu_B(x), x \in X \quad ۶ - ۲$$

در فرمول ۶-۲ عملگر "یا" معادل Max می باشد و U نماد اجتماع دو مجموعه است.

۴-۵-۲ قوانین فازی

در سال ۱۹۷۳، لطفی زاده دومین مقاله خود را منتشر کرد [۱۸]. این مقاله یک رویکرد جدید به تجزیه و تحلیل سیستم های پیچیده ارائه داد که در آن لطفی زاده پیشنهاد گرفتن دانش انسان را در قوانین فازی پیشنهاد کرد. این شکل استنتاج فازی از یک روش به نام انتخاب مونوتونیک استفاده می کند. شکل (۵-۲) نشان می دهد که چگونه مقادیر مختلف وزن مردان از مقادیر مختلف از قد مردان به دست می آید [۱۴].



شکل ۵-۲ انتخاب مونوتونیک برای وزن افراد [۱۹]

۵-۵-۲ استنتاج فازی

استنتاج فازی می تواند به عنوان یک فرآیند نقشه برداری از یک ورودی داده شده به یک خروجی، با استفاده از نظریه مجموعه های فازی تعریف شود [۱۴]. مزیت اصلی استفاده از سیستم استنتاج فازی، توانایی آن در اداره داده های نامشخص است [۱۹].

۲-۵-۱ استدلال روش ممدانی

ابتدا ورودی های سیستم را از حالت قطعی تبدیل به متغیر های فازی میکنیم. این عمل فازی کردن نام دارد. سپس می توان روی مجموعه های حاصل از فازی کردن قوانین فازی را اعمال کرد که خروجی باز هم فازی خواهد بود. حال باید این خروجی های فازی را به خروجی های قطعی تبدیل کرد که این عمل را غیر فازی کردن می گویند.

الگوریتم های مختلفی جهت اعمال قوانین فازی جهت کنترل یک سیستم وجود دارند که سیستم استنتاج فازی (Fuzzy Inference System) یا FIS نامیده می شوند. یک FIS معروف عبارت است از روش ممدانی. فرآیند استنتاج فازی ممدانی در چهار مرحله انجام می شود: فاز سازی متغیرهای ورودی، ارزیابی قانون، جمع آوری خروجی های قانون و در نهایت غیر فازی کردن. [۱۴]

مرحله ۱: فازی سازی

اولین گام این است که ورودی های x_1 و y_1 را تعیین کنید و میزان این ورودی ها را با هر یک از مجموعه های فازی مناسب تعریف کنید [۱۴].

مرحله ۲: ارزیابی

گام دوم این است که ورودی های فازی شده را وارد کنید و آن ها را به پیش شرط های قوانین فازی اعمال کنید. اگر یک قانون فازی مشخص دارای چندین پیشفرض باشد، اپراتور فازی (AND یا OR) برای به دست آوردن یک شماره واحد که نتیجه ارزیابی پیشین است، استفاده می شود. این شماره سپس به تابع عضویت در نتیجه اعمال می شود. برای ارزیابی اختلاف نتایج ما از عملیات فازی OR استفاده می کنیم. به طور معمول، سیستم های تخصصی فازی از اتحاد فازی کلاسیک استفاده می کنند [۱۴]:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \text{Max}[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

۷-۲

با این حال، عملیات OR در صورت لزوم می تواند به راحتی سفارشی شود. به عنوان مثال، ابزار منطق

فازی مطلب دارای دو روش OR می باشد: روش حداکثری OR و روش احتمالات OR. [۱۹]

روش احتمالی OR، به عنوان مجموع جبری شناخته می شود و به شکل زیر محاسبه می شود [۱۴]:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \text{Probor}[\mu_A(x), \mu_B(x)] = [\mu_A(x) + \mu_B(x)] - [\mu_A(x) \times \mu_B(x)] \quad ۸ - ۲$$

به طور مشابه، برای ارزیابی پیوستگی منطق فازی، ما عملیات جمع فازی (AND) را به کار میبریم [۱۴]:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \text{Min}[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad ۹ - ۲$$

ابزار منطق فازی نیز از دو روش AND استفاده می کند: روش حداقلی و روش محصول (prod). روش محصول به شکل زیر محاسبه می شود [۱۴]:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \text{Min}[\mu_A(x), \mu_B(x)] = [\mu_A(x) \times \mu_B(x)] \quad ۱۰ - ۲$$

مرحله ۳: جمع آوری خروجی ها

جمع آوری، فرآیند متحد کردن همه خروجی ها می باشد [۱۴].

مرحله ۴: غیر فازی کردن

آخرین مرحله در فرآیند استنتاج فازی، غیر فازی کردن است. فشرده سازی به ما کمک می کند تا قواعد را ارزیابی کنیم، اما خروجی نهایی یک سیستم فازی، باید یک عدد واضح باشد. ورودی برای فرآیند، غیر فازی

کردن مجموع خروجی فازی است و خروجی یک عدد است. چند روش تخریب پذیری وجود دارد، اما یکی از محبوب ترین تکنیک مرکز ثقل است. در این تکنیک نقاط مرکز ثقل را پیدا کرده و به خط عمودی ازین نقاط رسم میکنیم. این خط عمودی می تواند مجموعه را به دو توده برابر تقسیم کند [۱۹].

از نظر ریاضی این مرکز ثقل (COG) می تواند طبق فرمول ۱۱-۲ بیان شود [۱۴]:

$$COG^{\wedge} = \frac{\int_b^a \mu_A(x) x dx}{\int_b^a \mu_A(x) dx} \quad ۱۱-۲$$

در فرمول ۱۱-۲ نماد \int نشانگر انتگرال است.

۲-۶ تفکر انتقادی و مرور مطالعات مربوطه

برای دستیابی به هدف اصلی در این پژوهش که مدلسازی ریسک بر اساس منطق فازی است چندین مقاله، پایان نامه، کتاب و سایر منابع مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، بررسی بر اساس موضوعات و روش های مقالات صورت گرفته است. با این حال در برخی موارد نتایج مطالعات مورد بررسی قرار گرفت.

در این بخش مقالات مورد بررسی به سه بخش تقسیم شدند. این بخش ها شامل مقالات در مورد "خطر و ریسک"، "فازی" و "ریسک فازی" می باشد. این رویه برای ارزیابی فاصله ی بین تحقیقات صورت گرفته انجام میشود که باعث به سرانجام رسیدن این پژوهش میشود. مقالات در سه بخش اصلی طبقه بندی شدند: مطالعات مربوط به "ارزیابی ریسک" و "شناسایی خطر"، "فازی" و "ریسک فازی".

۲-۶-۱ شناسایی خطرات و ارزیابی خطر

بخش اول شناسایی خطر و مقالات مرتبط با ریسک است. این مقالات شامل مطالب مربوط به "خطر"، "روش های ارزیابی ریسک"، "خطر" و "شناسایی خطر" است. این بخش به بررسی مطالعات مربوط به ارزیابی

[^] Central of Gravity

ریسک و شناسایی خطر جهت نشان دادن روش ها و کاربردهای آنها می باشد. سعی شده است تنها مواردی را که در مجلات و کنفرانس های بین المللی منتشر شده است انتخاب شود.

میشل (۲۰۰۹) مطالعه ای در سیستم ارزیابی ریسک عملیات پرواز انجام داد. مطالعه وی در مدیریت خطوط هوایی استفاده می شود [۱۵].

ژانگ بو و همکاران یک مدل شبیه سازی عددی ترکیبی با روش ارزیابی کمی ریسک انتشار گاز سمی (سولفید هیدروژن) را پیشنهاد کردند [۲۰].

هایپوبی و های سی ارزیابی ریسک پویایی از سناریوی نشت نفت بر اساس شبیه سازی عددی را برای مخزن گورج در چین را انجام دادند. روش جدیدی برای ارزیابی ریسک پویای حوادث ناشی از نفت بر اساس شبیه سازی عددی در این مقاله ارائه شد [۲۱].

فیصل خان و همکاران مطالعه ای در مورد یک فرآیند شیمیایی معمول (صنعت سولفولان) با استفاده از روش بهینه تجزیه و تحلیل ریسک انجام دادند [۲۲].

وانگ یک مطالعه مروری در رابطه با ارزیابی ریسک برای صنایع دریایی و فرا ساحلی انجام داد. او یک روش جدید برای ارزیابی ریسک در صنایع دریایی و فرا ساحلی بیان کرد [۲].

آدان براندستر از روش ارزیابی کمی ریسک در ارزیابی ریسک برای صنعت دریایی استفاده کرد [۲۳].

اسمیت راتنایاکا در طراحی مدل ریسک تصادف برای ارزیابی ایمنی در یک تاسیسات پردازش LNG مطالعه کرد. او از سیستم شناسایی، پیش بینی و پیشگیری استفاده کرد. این روش برای مدل سازی حوادث در تاسیسات پردازش گاز با استفاده از موانع ایمنی استفاده می شود [۲۴].

مونیسست و همکاران ذخیره و حمل و نقل هیدروژن (به عنوان یک سوخت) را مورد مطالعه قرار دادند. آنها برای شناسایی خطرات و مدل سازی نتایج برای تعیین پیامدهای حوادث از روش HAZID استفاده کردند [۲۵].

کیو ماه و همکاران ارزیابی ریسک آتش سوزی توربین گاز حامل های LNG نیروگاه را مورد مطالعه قرار دادند. آنها از HAZID برای شناسایی خطر و ارزیابی ریسک کیفی استفاده کردند [۲۶].

نیکولا پالتینیری و همکاران روش HAZID در مخازن گاز مایع برای شناسایی خطرات آن استفاده کردند [۲۷].

ولفگانگ دکتان، توماس کالنت از روش ارزیابی خطر سلامت انسان برای مواجهه با مواد شیمیایی استفاده کردند [۲۸].

۱۱ مقاله مربوط به شناسایی خطرات طبق منطق فازی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۳ ذکر شده است. مقالات شامل روش های موجود برای شناسایی خطر و ارزیابی ریسک و کاربرد آنها می باشد. ۸ مورد از این مقالات در زمینه روش های ارزیابی ریسک کارکردند. در ۳ مقاله تنها در مورد روش HAZID کار شده است. در این پژوهش روش HAZID نیز انجام شده است. اما نتایج خروجی های ریسک در بخش نهایی این پژوهش مدل سازی می شود. این مدل سازی با استفاده از نرم افزار MATLAB در سایر مطالعات انجام شده در این بخش بررسی نشده است.

۲-۶-۲ منطق فازی

در بخش بعدی مقالات مرتبط با منطق فازی بررسی می شوند. در این مرحله سعی شده است که منطق فازی و مطالعات مربوط به آن را بررسی کنیم. در بررسی این مقالات، کاربرد منطق فازی، روش ها و مزایای آن بیان شده است.

بوک وونگ و وینسنت لای بررسی مبنی بر استفاده از تئوری مجموعه فازی در مدیریت تولید و عملیات انجام دادند. اهداف تحقیق آنها شناسایی روند تحقیق و نحوه ی انتشار کاربرد روش منطق فازی در مدیریت تولید و عملیات بود [۲۹].

پوهکر و رامچندران کاربرد تصمیم گیری چند معیاری برای مدیریت انرژی پایدار را مورد مطالعه قرار دادند [۳۰].

آیدین از رویکردهای مجموعه فازی برای طبقه بندی توده های سنگی استفاده می کند. وی در مطالعه خود دریافت که مفهوم نیمه فازی قادر به بیان تنوع شرایط کیفیت سنگ با توجه به همه نوع عدم قطعیت غیر تصادفی یا فازی در فرایند طبقه بندی توده سنگ می باشد [۳۱].

ایفار و گوکتان از مجموعه کاربرد های مجموعه های فازی برای ارزیابی و انتخاب تجهیزات معدن استفاده کرد [۳۲].

جبراج و اینیانب مطالعه ی مدلسازی انرژی براساس منطق فازی ارائه کردند [۳۳].

صافر کرناز و همکاران بر روی رویکرد مبتنی بر منطق فازی برای طراحی کنترل پرواز و وظایف ناوبری برای وسایل نقلیه بدون سرنشین مورد مطالعه قرار گرفت. سه مازول منطقی فازی تحت سیستم ناوبری اصلی برای کنترل ارتفاع، سرعت و عنوان توسعه داده شد. آنها در مطالعه خود از نرم افزار متلب استفاده کردند [۳۵].

این مقالات برای تحقق منطق فازی و کاربرد آن استفاده می شود. این مقالات از سیستم استنتاج فازی استفاده کرده اند که در این مطالعه نیز کاربرد دارد.

۲-۶-۳ ریسک فازی

برای دستیابی به هدف اصلی مطالعه که مدل سازی سه بعدی ریسک است، منطق فازی برای روش HAZID استفاده میشود. برای درک رویکرد ارزیابی ریسک فازی چندین مقاله مورد بررسی قرار گرفت. تارک السعید منطق فازی را برای تبدیل خروجی های ریسک کیفی به خروجی های کمی اعمال کرد. او از سیستم استنتاج فازی برای ارزیابی ریسک حامل های گاز طبیعی مایع در هنگام بارگیری / تخلیه در پایانه ها استفاده کرد [۷].

آبل پیتو و همکاران منطق فازی کاربردی در ارزیابی ریسک شغلی در صنعت ساخت و ساز را ارائه کردند [۲].

مارکوفسکی تجزیه و تحلیل لایه حفاظت از انفجار را که امکان ارزیابی ریسک نیمه کمی را برای کارخانه های فرآیندی که در آن انفجار اتفاق می افتد، اعمال کرد. به منظور غلبه بر عدم قطعیت های اساسی (که بر اساس برآورد بالا یا پایین بودن ریسک انفجار ارائه می شود که ممکن است داده های خروجی واقعی را فراهم نکند) و دریافت نتایج کمی بیشتر، سیستم منطقی فازی را مورد استفاده قرار داد [۳۶].

مریا لیاسانی و همکاران ریسک های چاه های دریایی را ارزیابی کردند. هر ریسک اولیه در یک چارچوب سلسله مراتبی به عنوان یک عدد فازی بیان می شود که ترکیبی از احتمال رخداد شکست و پیامد های آن است.

فرآیند سلسله مراتب تحلیلی برای برآورد وزن لازم برای گروه بندی منابع نامناسب ریسک استفاده می شود. استدلال مبتنی بر شواهد برای ترکیب داده های جدید برای به روز رسانی برآوردهای خطر موجود استفاده می شود. پیش بینی شده است که رویکرد پیشنهادی می تواند به عنوان پایه ای برای ارزیابی ریسک قابل قبول در چاه های دریایی باشد [۲].

آدام و همکاران استفاده از منطق فازی برای ارزیابی ریسک خطرات عمده مربوط به انتقال مواد قابل اشتعال در خطوط لوله طولانی را بررسی کردند. به عنوان پایه ای برای ارزیابی ریسک، چارچوب تجزیه و تحلیل حفاظت لایه های فازی مورد استفاده قرار گرفت [۳۷].

مارکوفسکی و همکاران استفاده از تئوری مجموعه های فازی برای ابزارهای اساسی مورد استفاده در تجزیه و تحلیل ایمنی فرآیند مانند روش های درخت خطا و رخداد می دهد که می تواند بیشتر در رویکرد "مدل بوتای" برای ارزیابی ریسک تصادفات استفاده شود [۳۸].

آندریا گرسی و همکاران یک روش جدید برای ارزیابی ریسک با هدف غلبه بر محدودیت رویکردهای کلاسیک با یکپارچه سازی یک رویکرد ارزیابی مبتنی بر نظریه منطق فازی، که امکان انسجام بیشتر در فرایند ارزیابی را فراهم می کند، ارائه می دهد [۳۹].

جمشیدی، و همکاران در مورد ریسک فازی مطالعه شده است. در این مقاله، استفاده از منطق فازی برای مدل سازی عدم قطعیت در مسئله ارزیابی ریسک خطوط لوله توسعه یافته است. برای رسیدن به هدف، روش عدد ریسک نسبی، یکی از محبوب ترین تکنیک ها در ارزیابی ریسک خط لوله، با منطق فازی یکپارچه شده است. مدل پیشنهادی در جعبه ابزار منطقی فازی متلب با استفاده از الگوریتم مامدانی بر اساس دانش کارشناسان انجام شده است. یک مطالعه موردی نمونه انجام شد و مقایسه ای بین رویکرد ارزیابی ریسک کلاسیک و مدل پیشنهادی صورت گرفته است. نتایج نشان می دهد که مدل پیشنهادی نتیجه دقیق تری را فراهم می کند. به طوری که می توان آن را به عنوان ابزار ارزیابی خطر هوشمند در مسائل مهندسی مختلف مورد توجه قرار داد [۴۰].

بریها و همکاران یک رویکرد هوش مصنوعی را برای پیش بینی انواع مختلف تصادفات (مرگبار یا خفیف) در محیط نامطلوب ارائه کرد. مطالعه آنها یک مدل طبقه بندی و پیش بینی بر اساس سیستم استنتاج فازی

به عنوان یک روش محاسباتی نرم برای کمک به مدیران برای تجزیه و تحلیل آسیب های شغلی و برنامه ریزی برای بهبود عملکرد ایمنی ارائه کرد [۴۱].

کامبیز مختاری و همکاران در چارچوب حمایت از تصمیم برای مدیریت ریسک در بنادر و پایانه های دریایی با استفاده از نظریه مجموعه فازی و روش استدلال اثبات شده مطالعه کردند. آنها برای توصیف و ارزیابی عوامل ریسک مرتبط در عملیات و مدیریت بنادر و پایانه ها از نظریه مجموعه فازی استفاده کردند. یک رویکرد استدلال اثبات شده برای تلفیق اطلاعات تولید شده استفاده شده است. [۴۲]

لی پنگ چنگ و همکاران در رویکرد مبتنی بر منطق فازی برای شناسایی اهمیت خطر خطاهای انسانی مورد مطالعه قرار گرفت. آنها یک روش جدید ارزیابی خطرات انسانی فازی برای تعیین اهمیت خطر انسانی ایجاد کردند. تکنیک مدل سازی مبتنی بر مفهوم منطق فازی است که روش مناسب ارائه رابطه بین ورودی ها و خروجی های یک سیستم ارزیابی ریسک را در قالب قوانین "اگر- پس" ارائه می دهد. این روش در جعبه ابزار منطقی فازی متلب با استفاده از تکنیک های مامدی اجرا شد [۴۳].

سالمی و اینیا از رویکرد فازی برای ارزیابی اثرات زیست محیطی استفاده کردند. در این مطالعه، پارامترهای محیطی از طریق اعداد فازی تعریف شده است. با در نظر گرفتن کیفیت اجزای جهانی به دست آمده از اجزای محیطی اولیه، برای این اجزای اولیه، کیفیت به طور کلی از پارامترهای فیزیکی فازی آنها حاصل می شود. اپراتورهای مناسب برای ارزیابی کیفیت اجزای محصولات جهانی به عنوان عملکردی از کیفیت اجزای اولیه محیطی که می توانند کیفیت محیط زیست را کاهش یا افزایش دهند پیشنهاد شده است [۴۴].

آزاده و همکاران یک سیستم متخصص فازی برای ارزیابی عملکرد سلامت، ایمنی و محیط زیست و عوامل سیستم ارگونومیک در یک پالایشگاه گاز طراحی کردند. اهمیت مطالعات آنها ناشی از فقدان روش های تفسیر و ارزیابی اطلاعات عملکرد یکپارچه برای سلامت، ایمنی و محیط زیست و ارگونومی است [۴۵].

۲-۶-۴ خلاصه

بررسی ۳۰ مقاله در جدول های ۱-۲ ، ۲-۲ و ۳-۲ مطالعات مربوط به ارزیابی ریسک، شناسایی خطر، منطق فازی و ریسک فازی را نشان می دهد. رویکرد ارزیابی ریسک با استفاده از سیستم استنتاج فازی باید در این کار توسعه یابد. ارزیابی کیفی ریسک بر مبنای روش HAZID در این مطالعه کاربرد دارد.

همانطور که در مقالات فوق نشان داده شده است، بسیاری از مطالعات در مورد ریسک فازی انجام شده است، اما بیشتر آنها روش های ارزیابی ریسک کمی یا نیمه کمی هستند. تارک السعید سیستم استنتاج فازی را برای ارزیابی کیفی حامل های گاز طبیعی مایع در طول بارگیری / تخلیه در پایانه ها مورد استفاده قرار داد اما در این مطالعه خطرات به طور کامل مورد توجه قرار نگرفت [۷].

بسیاری از مطالعات در شناسایی خطر نیز انجام شده است (همانطور که در جدول ۱-۲ و ۳-۲ نشان داده شده است)، اما در اکثر موارد، خطا یا منطق فازی در نظر گرفته نشده است. همانطور که در این بررسی ها توضیح داده شده است، چندین روش برای شناسایی خطرات و ارزیابی ریسک استفاده شده است. مطالعات در مورد خطر کیفی با استفاده از سیستم استنتاج فازی اصلاح شده است، اما از روش HAZID برای ارزیابی کیفی یا روش شناسایی خطر استفاده نمی کنند. در مطالعات، بررسی میزان ریسک فازی در واحدهای فشرده سازی گاز نیز انجام نشده است.

در این مطالعه سعی شده است این مشکل حل شود. در مرحله اول، با استفاده از روش HAZID خطرات به طور کامل شناسایی شدند و سپس ارزیابی کیفی بر اساس شدت و احتمال رخداد انجام شد. در مرحله نهایی، احتمال ورود و خروج سستی مورد استفاده در ارزیابی ریسک با مجموعه های فازی با توجه به عدم قطعیت های مرتبط با اختصاص ارزش های آنها و مدل سازی سه بعدی ریسک با استفاده از برنامه متلب مورد استفاده قرار می گیرد.

فصل سوم: رویه انجام تحقیق

۳-۱ مقدمه

این فصل شامل چهار بخش است. بخش اول خلاصه ای از روش تحقیق است. بخش دوم، وضعیت منطقه مورد مطالعه را معرفی می کند. بخش سوم، جمع آوری داده ها در ایستگاه تقویت فشار آبپخش را توضیح می دهد. بخش چهارم ارائه روش های به دست آوردن ارزیابی ریسک بر اساس روش HAZID است. این چارچوب تحقیق شامل چهار بخش برای دستیابی به هدف اصلی است.

قسمت اول شامل شناسایی تمامی خطرات مهم مرتبط با فعالیت خاص مورد بررسی واقع می شود. بخش دوم شامل ارزیابی سلامت، ایمنی و محیط زیست و ریسک شهرت همه فعالیت ها می شود و سپس این ریسک ها رتبه بندی می شوند. هنگامی که خطرات و اثرات شناسایی شد، می توان پیامدها و احتمال آنها را مورد ارزش یابی و ارزیابی قرارداد و سطوح ریسک را تعیین نمود. قسمت سوم، مدلسازی سه بعدی ریسک و تبدیل ریسک کیفی به صورت کمی با استفاده از منطق فازی انجام می شود. بخش چهارم میزان ریسک انسان، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت است که برای ایستگاه تقویت فشار گاز آبپخش تعیین شده است (نیروی انسانی، محیط زیست و دارایی جزئی از ایستگاه تقویت فشار هستند و هر حادثه ای بر این عوامل تاثیر گذار است، از طرفی شهرت و اعتبار شرکت نیز با عوامل ذکر شده رابطه ی نزدیک دارد). مقادیر ریسک فازی و ریسک فازی کل در ایستگاه تقویت فشار آبپخش تعیین می شود.

در جدول ۳-۱، چهار بخش این تحقیق خلاصه می شود.

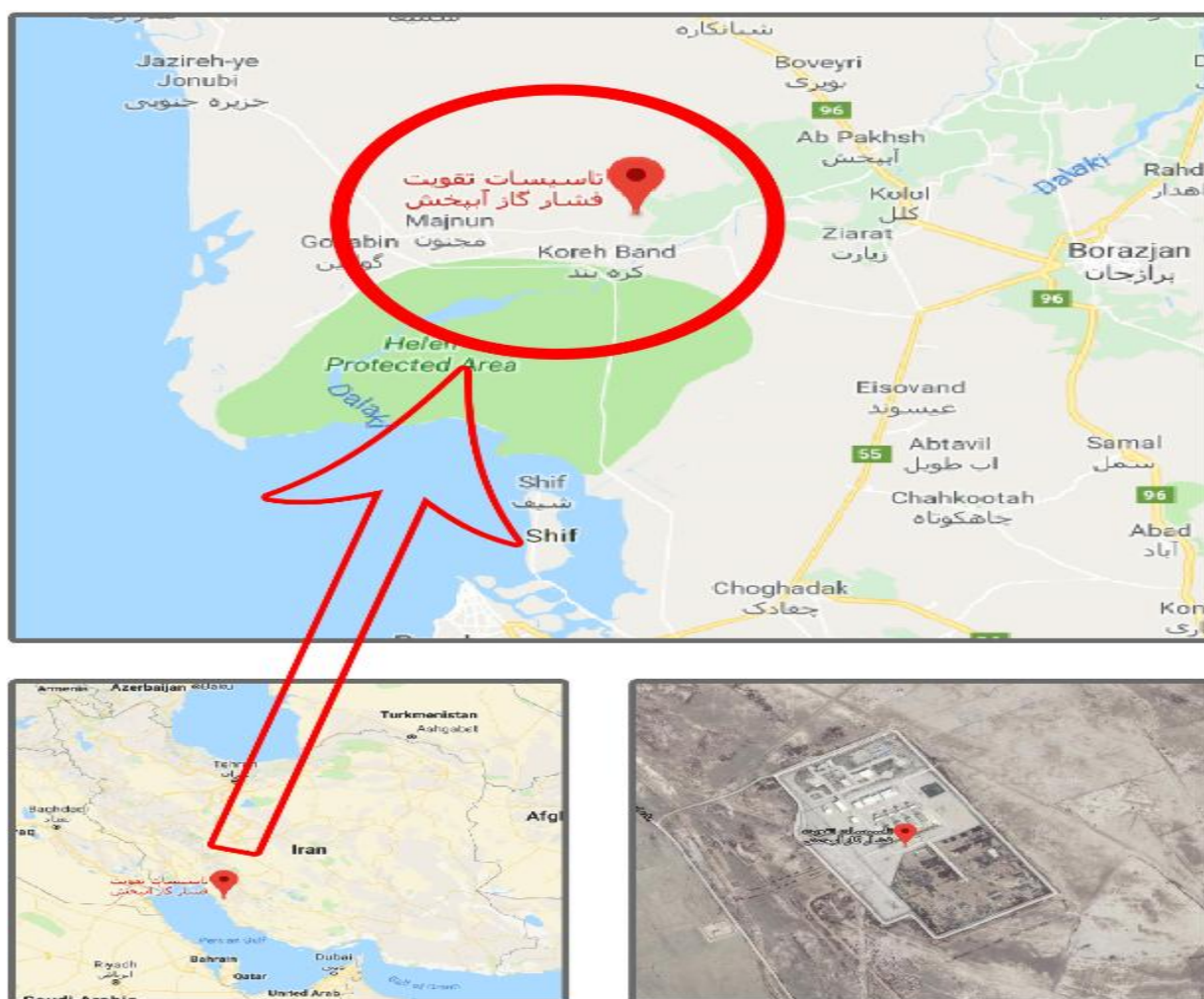
جدول ۳-۱ خلاصه روش شناسی

ردیف	قسمت	روش
۱	شناسایی خطرات	HAZID
۲	ارزیابی ریسک	ارزیابی کیفی ریسک
۳	مدلسازی ریسک	منطق فازی
۴	محاسبه و مقایسه کلی ارزش ریسک برای هر دسته بندی	منطق فازی

طبق جدول ۱-۳، روش های مورد استفاده در این فصل توضیح داده شده است.

۲-۳ منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، ایستگاه تقویت فشار گاز آپبخش در شهرستان برازجان، استان بوشهر، در مختصات ۵۰ درجه و ۵۵ دقیقه شمالی و ۲۹ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی واقع شده است. وضعیت منطقه و واحد تقویت فشار گاز آن در شکل ۱-۳، ۲-۳ و ۳-۳ نشان داده شده است [۴۶].



شکل ۱-۳ منطقه دشتی اسماعیل خانی، ایستگاه تقویت فشار آپبخش

محدوده اهداف در این مطالعه مدلسازی سه بعدی ارزیابی ریسک بر اساس روش HAZID در واحد تقویت فشار گاز آبخش است. این خطرات شامل ریسک مربوط به افراد، محیط، دارایی و شهرت شرکت می شود. در نهایت، منطق فازی برای مدل سازی و محاسبه ارزش ریسک فازی برای خروجی های ریسک کیفی ما اعمال می شود.

۳-۲-۱ هدف از ایستگاه تقویت فشار آبخش

در راستای اهداف برنامه پنجم توسعه، تقویت سیستم گاز رسانی کشور و تأمین گاز استانهای بوشهر و خوزستان و در ادامه استانهای غربی و شمال غربی کشور خط انتقال گاز ششم سراسری به موازات خط انتقال گاز پنجم سراسری به طول ۱۲۰۷ کیلومتر و قطر ۵۶ اینچ از مبدأ عسلویه (خروجی فازهای ۹ و ۱۰) در استان بوشهر تا دهگلان در استان کردستان، امتداد می یابد که شامل پروژه های زیر میباشد [۴۷]:

احداث خط انتقال گاز ۵۶ اینچ عسلویه - بیدبلند به طول حدود ۴۹۰ کیلومتر که در سال ۸۷ به بهره بردار تحویل گردیده است .

احداث خط انتقال گاز ۵۶ اینچ بیدبلند - اهواز به طول حدود ۱۱۷ کیلومتر که هم اکنون به روش EPC^۹ در دست اقدام است .

احداث خط انتقال گاز ۵۶ اینچ اهواز - دهگلان به طول تقریبی ۶۰۰ کیلومتر که تفاهم نامه آن با قرارگاه خاتم الانبیاء امضا شده و هم اکنون شرکت گاز برای تعیین قیمت در حال مذاکره می باشد

احداث ۱۲ تأسیسات تقویت فشار بر روی خط انتقال گاز مذکور از عسلویه - دهگلان پیش بینی گردیده که بر اساس اولویت ابلاغ شده توسط شرکت ملی گاز ایران عملیات اجرایی تأسیسات شماره ۲ و ۴ (تأسیسات شماره ۲ واقع در خورموج و تأسیسات شماره ۴ واقع در آبخش) در سال ۸۸ آغاز گردید. [۴۷]

^۹ Engineering Procurement and Construction



شکل ۲-۳ نقشه هوایی ایستگاه تقویت فشار آبپخش



شکل ۳-۳ ایستگاه تقویت فشار آپخش

۳-۲-۲ فرآیند تقویت فشار

در فواصل زیاد برای انتقال گاز در لوله، نیاز به ایستگاه های تقویت فشار است. تقویت فشار به این دلیل است که فشار گاز در لوله حفظ شده و ظرفیت انتقال گاز افزایش یابد تا تقاضای مصرف کننده ها را برآورده سازد. ایستگاه های تقویت فشار دارای یک یا چند واحد کمپرسور است که هر کدام شامل سیستم یک کمپرسور و محرک آن به همراه شیرها، های کنترل، منافذ تخلیه و سیستم های تضعیف سر و صدا و سیستم خنک کننده است. هر ایستگاه تقویت فشار دارای یک فیلتر ورودی یا محفظه های ته نشینی است تا کمپرسورها را از آسبیهایی که توسط مایعات و ذرات جامد همراه به آن وارد میشود، محافظت کند. علاوه بر ایستگاه های تقویت فشار، بسیاری نقاط تزریق گاز و تحویل گاز در طول خط لوله وجود دارد که در آن مکانها، فشار و دبی باید کنترل و پایش شود. هر یک از این مکانها دارای تجهیزات کنترل فشار و اندازه گیری دبی است.

۳-۳ جمع آوری داده ها

۳-۳-۱ مقدمه

شناسایی خطر مهم ترین گام در مدیریت ریسک های فرآیند است. اپراتورها و اعضای نیروی کار باید در مورد خطرات موجود در تاسیسات خود که می توانند منجر به حوادث بزرگ شوند، و همچنین خطرات جدیدی که شناخته می شوند، بدانند. انتخاب یک روش یا روش های شناسایی خطر بسیار با اهمیت است، تکنیک هایی باید انتخاب شوند که عمق کافی تحلیل را ارائه می دهند. روش شناسایی خطرات در مرحله اولیه عمر سیستم استفاده می شود. روش های مختلفی برای شناسایی خطر وجود دارد و بعضی از آنها برای برنامه های خاص استاندارد شده اند. با تجربه ثابت شده است که نیازی نیست مشخص شود که کدام تکنیک باید در موارد خاص مورد استفاده قرار گیرد. به طور معمول، سیستم مورد ارزیابی ارزیابی به بخش های مختلف تقسیم می شود و رهبر گروه روش را انتخاب می کند که می تواند روش استاندارد باشد، اصلاح یکی از روش ها و یا معمولاً ترکیبی از چندین روش است. به عبارت دیگر، تکنیک مورد استفاده مهم نیست، زیرا هر گروه می تواند یک روش ترکیبی را دنبال کند [۱۱].

مهمترین چیز این است که HAZID باید خلاق باشد تا در به دست آوردن پوشش جامعی از خطرات (از کوچکترین خطر تا بزرگترین آنها) قابل اجرا باشد، شناسایی خطر (HAZID) یک روش ارزیابی کیفی خطر با درک بالایی در برآورد خطرات است [۲۶]. همچنین بسیار مهم است که نتیجه گیری HAZID ها در یک جلسه نهایی مورد بحث و بررسی قرار گیرد، به طوری که دیدگاه های گروهی به جای فردی بیان می شوند [۱۱]. مواردی که در بالا ذکر شد، دلایل خوبی برای متقاعد کردن ما برای استفاده از روش HAZID برای شناسایی خطرات در این مطالعه هستند، با این وجود روش های ارزیابی ایمنی علمی مانند تحلیل اولیه خطرات (PHA)، تحلیل بحرانی حالت شکست و تأثیرات (FMECA) و مطالعه در مورد خطر و قابلیت عمل (HAZOP) می تواند در این مرحله صورت گیرد [۱۲].

۳-۳-۲ روش HAZID

شناسایی خطر (HAZID) تکنیک معمول و مکرر در صنعت نفت است و معمولاً در مناطق، پروژه ها و عملیات های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. HAZID یک روش است که معمولاً در گروه هایی انجام می

شود که هدف آن تشخیص خطرات بالقوه در مرحله اولیه یک پروژه است. همچنین در این متد بررسی روش های عملیاتی توصیف علل بالقوه، اثرات و شدت حوادث احتمالی برای هر خطر شناسایی شده است. بهبود یا اقدامات پیشگیرانه پیشنهاد شده است. برای دستیابی به نتایج قابل قبول و کاربردی داشتن مقدار مشخصی تجربه و تجهیزات مشابه ضروری است [۴۸].

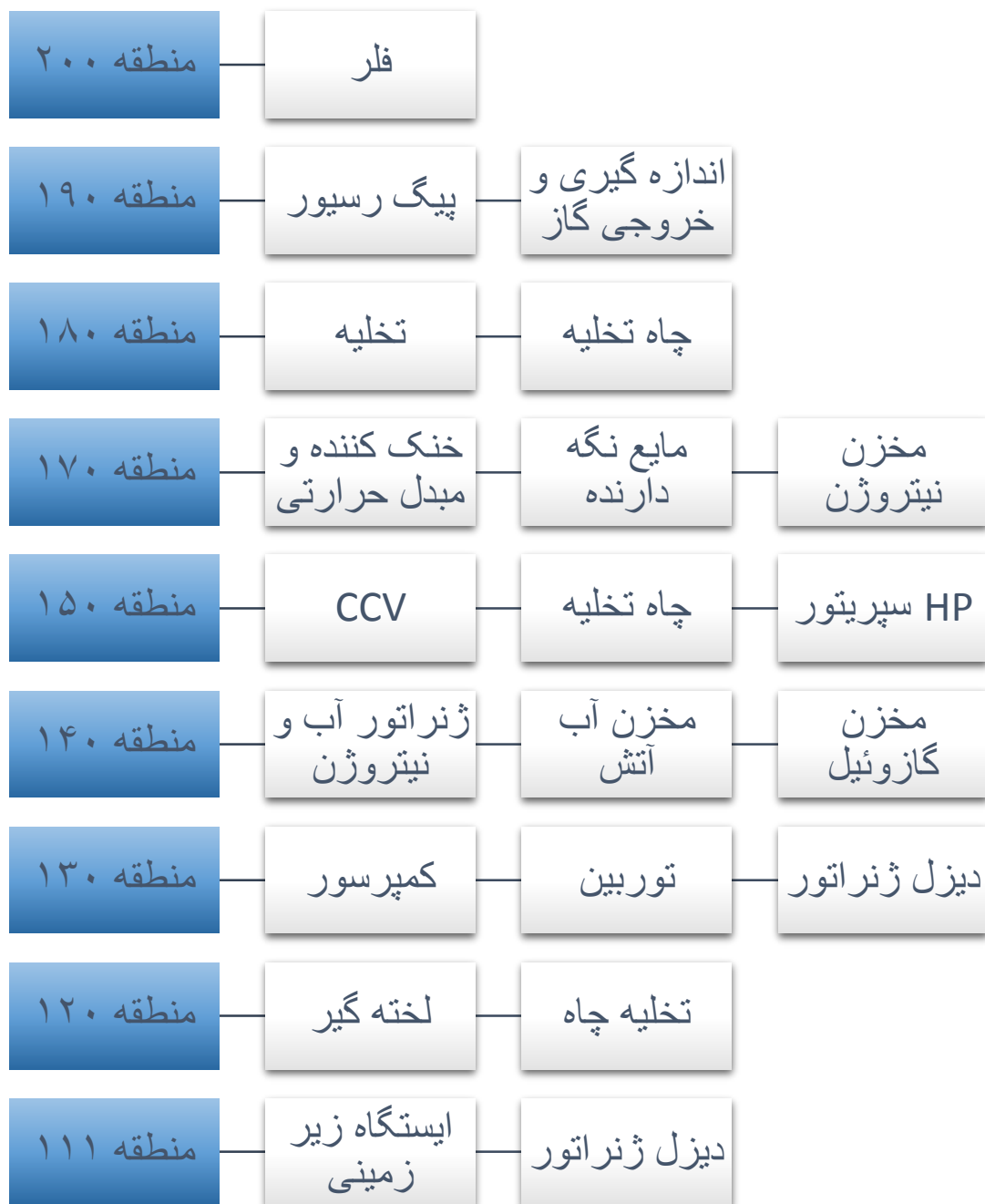
روش HAZID می تواند خطراتی را که توانایی یک حادثه بالقوه بزرگ برای طیف وسیعی از حالت های عملیاتی، از جمله عملیات عادی، راه اندازی، توقف فرایند و شرایط اضطراری یا غیر طبیعی باشد را شناسایی کند. شکل ۳-۴ مراحل HAZID که در این مطالعه مورد استفاده قرار می گیرد، نشان می دهد.



شکل ۳-۴ مراحل HAZID

۳-۲-۱ طبقه بندی مناطق

در آغاز HAZID، با توجه به طراحی اصلی، تغییرات بعدی و شرایط کنونی، سیستم کاملی از محیط زیست، دارایی ها، مواد، فعالیت های انسانی و عملیات فرآیند در محدوده مطالعه باید به روشنی تعریف و درک شود. به طور معمول، سیستم باید به اجزای جداگانه یا بخش های جداگانه تقسیم شود تا بتوان مقادیر قابل کنترل اطلاعات را در هر مرحله مدیریت کرد. در تحقیق با توجه به نمودار خطوط لوله و ابزار دقیق و دیدار با کارشناسان، ایستگاه تقویت فشار به ۹ ناحیه و ۲۱ گره تقسیم شده است (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵ تقسیم بندی مناطق

۳-۲-۲-۲ تعیین خطر

در این مرحله ما باید تمام خطرات موجود در واحد تقویت فشار گاز آبپخش را مشخص کنیم. در این مرحله مهم است که به طور گسترده ای در نظر بگیریم تا اطمینان حاصل شود که هیچ خطری پیش بینی نشده نادیده گرفته شود. برای این منظور از استاندارد بین المللی ISO ۱۷۷۷۶ برای صنایع نفت و گاز طبیعی استفاده می کنیم .

خطرات در زیر گروه های اصلی زیر دسته بندی می شوند:

۱. هیدروکربن ها
۲. هیدروکربن های پالایش شده
۳. سایر مواد قابل اشتعال
۴. مواد منفجره
۵. خطرات فشار
۶. خطرات ناشی از ارتفاع
۷. خطرات استرس القا شده
۸. خطرات تجهیزات متحرک
۹. خطرات زیست محیطی
۱۰. سطوح داغ
۱۱. مایعات داغ
۱۲. سطوح سرد
۱۳. مایعات سرد

۱۴. مواد خورنده
۱۵. الکتریسیته
۱۶. تابش الکترومغناطیسی
۱۷. تابش یونیزاسیون، منبع باز
۱۸. تابش یونیزه، منبع بسته
۱۹. آسفیکسیت
۲۰. گاز سمی
۲۱. مایع سمی
۲۲. جامد سمی
۲۳. خطرات روانشناختی
۲۴. خطرات بیولوژیکی
۲۵. خطرات ارگونومی
۲۶. سر و صدا
۲۷. خطرات مربوط به امنیت
۲۸. استفاده از منابع طبیعی
۲۹. پزشکی

۳-۳-۲-۳ آماده سازی چک لیست HAZID

چک لیست ها یک راه مفید برای اطمینان از این است که تهدیدات و خطرات شناخته شده وجود دارد شناسایی و ارزیابی شده است. با این حال، استفاده از چک لیست ها نباید دامنه بررسی را محدود کند، زیرا چک

لیست ها باید به ناحیه ای که آنها اعمال می شود اختصاص داده شوند، و شاید شامل اضافه کردن چندین دسته به آنها باشد.

در مطالعه ما از چک لیست تهیه شده براساس چک لیست HAZID شرکت شل تهیه شده است که مورد استفاده قرار گرفته است. در شکل ۳-۲، چک لیست مورد استفاده در این مطالعه نشان داده شده است. چک لیست ما شامل ۱۲ ستون و یک هدر می باشد که هر هدر نشان دهنده ی خواص هر گره شامل:

۱. شماره P & ID هر گره.

۲. دمای موجود در گره ها (دمای طراحی و دمای عملیاتی).

۳. فشار هر گره (فشار طراحی و فشار عملیاتی).

۴. جریان سیالی که از هر گره عبور می کند.

در هرستون عناصر کلیدی ما در HAZID قرار داده شده است. HAZID و ریسک موفقیت آمیز نیاز به درک عمیق از معنا و روابط از شرایط زیر است.

ستون اول شامل خطرات موجود در گره خاص است، خطر وضعیتی است که احتمال آسیب به افراد، محیط زیست، دارایی ها و اعتبار شرکت را به همراه دارد.

ستون دوم شامل شماره ایزو هر خطر است، طبق استاندارد ISO ۱۷۷۷۶ هر خطر با شماره خاصی که به عنوان کد برای شناسایی خطرات عمل می کند نمایان می شود.

ستون سوم حاوی منبع خطرات است.

ستون چهارم اثر بالقوه خطرات است؛ اثر بالقوه می تواند به عنوان ویژگی های ذاتی خطراتی که باعث آسیب رساندن می شود تعریف می شود.

ستون پنجم شامل تهدیدات است. تهدید هر فاکتوری است که می تواند یک خطر را در یک راه غیرمتمرکز یا کنترل نشده آزاد کند.

ستون ششم شامل رویدادها است. یک رویداد اولین چیزی است که زمانی که یک تهدید موفق می شود و یک خطر آزاد می شود اتفاق می افتد .

جدول ۲-۳ چک لیست HAZID

عملیات:				دبی:	فشار		دما(°C)		وردی:	شماره :						
					عملیات:	طراحی:	عملیات:	طراحی:	خروجی:	P&ID						
شهرت	دارایی ها	محیط زیست	پرسنل	کنترل		پیامد	واقعه	هدف	پتانسیل تاثیر گذاری	منبع	ISO شماره	خطر				
بدون اقدامات کنترلی				شدت	احتمال											
													با اقدامات کنترلی			
													بعد از توصیه			
اظهار نظر:																
توصیه:																

ستون هفتم نشان دهنده پیامد رویداد است. پیامد نتیجه ی تأثیر اجزای یک رویداد است.

ستون هشتم عناصر کنترل را نشان می دهد که از وقوع اتفاق جلوگیری می کنند.

در این مطالعه، کنترل ها را در دو زیر مجموعه جدا می کنیم. اولین زیرمجموعه حاوی کنترلهایی است که احتمال وقوع رویداد را کاهش میدهد و کنترلهای زیرمجموعه دوم شدت پیامدهای آن را کاهش میدهد.

چهار ستون بعدی شامل ارزیابی کیفی ریسک برای افراد، محیط زیست، دارایی ها و شهرت شرکت است. ما می توانیم ریسک را به عنوان ترکیب یا محصول احتمال انتشار یک خطر مرتبط با رویداد با پیامدها در صورت انتشار آن توضیح دهیم.

احتمال حوادث \times پیامد = ریسک

۱-۳

برای ارزیابی ریسک، ماتریس ریسک مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۳-۶). ماتریس ارزیابی ریسک باید برای ارزشیابی و ارزیابی ریسک های HSE مورد استفاده قرار می گیرد. این ماتریس ریسک را به عنوان محصول احتمال و پیامد نشان می دهد. احتمال نیز شامل ارزیابی فرکانس است، زیرا فرکانس تاثیر عمده ای در احتمال دارد، منطق معمولاً از آن استفاده می کند که فرکانس بالاتر، احتمال بیشتری است. نتیجه بر اساس سطح شدت و یا "چگونه بد" می تواند اندازه گیری شود. لازم به ذکر است که اغلب بیش از یک نتیجه وجود دارد، زیرا یک رویداد می تواند منجر به پیامدهای اولیه، ثانویه و غیره شود. برای مثال، در حوادث ایمنی فرایند، عواقب آن ممکن است شامل تلفات، صدمات، آسیب زیست محیطی و دارایی و یا توقف تولید باشد. با این حال، خسارت مالی به طور معمول در ابتدا رخ می دهد، در صورتی که عواقب ثانویه و بعدی بر روی افراد، محیط زیست و شهرت تأثیر می گذارد.

ارزیابی احتمال در محور افقی و پیامد در محور عمودی نشان داده شده است. چهار مقوله پیامد در ماتریس ریسک، تاثیر بر روی افراد، دارایی ها، محیط زیست و شهرت در نظر گرفته می شود. تقسیم تقاطع هر دو احتمال و پیامد، ارزیابی کیفی سطح خطر را ارائه می دهد.

ریسک کم ۵ - ۰		شدت آسیب بالقوه به کسب و کار				
ریسک متوسط ۱۰-۶		حداقل آسیب ممکن ۱	آسیب قابل چشم پوشی ۲	آسیب قابل گزارش ۳	آسیب جدی ۴	آسیب بسیار جدی در حد از بین رفتن کسب و کار ۵
ریسک زیاد ۱۵-۱۱						
ریسک بسیار زیاد و غیر قابل قبول ۲۵-۱۶						
احتمال وقوع مخاطره	تقریباً قطعی ۵	۵	۱۰	۱۵	۲۰	۲۵
	احتمالاً اتفاق خواهد افتاد ۴	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰
	امکان دارد اتفاق بیافتد ۳	۳	۶	۹	۱۲	۱۵
	بعید است اتفاق بیافتد ۲	۲	۴	۶	۸	۱۰
	تقریباً اتفاق نمی افتد ۱	۱	۲	۳	۴	۵

شکل ۳-۶ ماتریس ریسک

۳-۳-۲-۴ هدایت HAZID

پس از طبقه بندی منطقه، تعیین HAZID و تعیین چک لیست، HAZID در ایستگاه تقویت فشار گاز آپبخش اجرا شد. ابتدا تیم متخصص در ایستگاه تقویت فشار گاز آپبخش برای انجام HAZID انتخاب شد. تیم HAZID باید کاملاً با شرایط و روابط در این سند آشنا باشد و بتواند تیم را به استفاده از ماتریس ارزیابی ریسک و اصطلاحات HAZID متمرکز سازد. این به جلوگیری از وقوع رویدادهای بالا کمک می کند.

برای دستیابی به این هدف، جلسات تیم HAZID در تاسیسات برگزار شد، پس از اطمینان از اینکه تیم آماده برای اجرای روش HAZID است ما اقدام به شروع پروژه نمودیم. روش HAZID گره به گره انجام شد و پس از پر کردن هشت ستون چک لیست (همانطور که در بخش قبلی توضیح داده شد) زمان مناسب برای ارزیابی ریسک بود. هنگام انجام HAZID، ریسک کلی HSE ممکن است گاهی به نظر گیج کننده باشد. که در تمرین فرایند بسیار ساده است:

□ منبع خطرهای HSE چیست؟ - خطرات

□ چه چیزی خطر را آزاد می کند؟ - تهدیدات

□ چه چیزی می تواند تهدید موفقیت آمیز را جلوگیری کند؟ - کنترل

□ اگر کنترل ها با موفقیت پیاده سازی شوند، چه اتفاقی می افتد؟ کاهش احتمال و شدت یک رویداد بالا

□ اگر کنترل ها کار نکنند چه اتفاقی می افتد؟ - انتشار خطر و رخ دادن یک رویداد بالا

□ پس از یک رویداد بالا چه اتفاقی می تواند رخ دهد؟ - به وقوع پیوستن رویداد های بیشتر و پیامد ها (برای مردم، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت)

در این مطالعه ارزیابی ریسک شامل سه مرحله است؛ قبل از ریسک کنترل، پس از ریسک کنترل و پس از توصیه ریسک. ابتدا ریسک قبل از در نظر گرفتن عناصر کنترل مورد بررسی قرار گرفتند، در حقیقت با فرض اینکه اگر رویداد رخ داده باشد و هیچ مانعی برای جلوگیری از وقوع رویداد بالا و پیامدهای آن وجود نداشته باشد، میزان ریسک قبل از کنترل چیست.

گام بعدی ارزیابی ریسک پس از بررسی وجود عوامل کنترل (ریسک پس از کنترل) می باشد. واضح است که کنترل ها احتمال و شدت رویداد را کاهش می دهند و بنابراین نتیجه آن کاهش سطح ریسک است. ریسک باقی مانده ریسکی است که بعد از انجام تمام کنترل های عملی محاسبه می شود.

احتمال کاهش یافته X پیامد کاهش یافته = خطر باقی مانده

در بخش سوم ارزیابی خطر با در نظر گرفتن یکی دیگر از جنبه های ارزیابی ریسک، در برخی از گره ها برای دسترسی به محیط کار ایمن تر و اقدامات بیشتر برای جلوگیری از رویداد بالا توصیه می شود. این توصیه ها سرانجام سطح ریسک باقی مانده را کاهش می دهد. در انتهای چک لیست برای محقق شدن بخش سوم، دو ردیف قرار دارد (نظرات و توصیه ها).

۳-۴ مدل ارزیابی ریسک

در مرحله اول، با استفاده از روش HAZID خطرات به طور کامل شناسایی شدند و سپس ارزیابی کیفی ریسک بر اساس پیامد و احتمال رخداد انجام شد. در مرحله نهایی، در حالت سستی احتمال ورود و خروج مورد استفاده در ارزیابی ریسک با مجموعه های فازی نشان داده می شود تا عدم قطعیت های مرتبط با اختصاص ارزش های آنها را در نظر بگیریم. بنابراین ارزش های ریسک خروجی را می توان به عنوان مقادیر خام و یا مجموعه های فازی با درجه مرتبط بودن عضویت ارائه کرد. سیستم استنتاج فازی به عنوان روش جایگزین برای تکنیک های ماتریس کیفی در حال حاضر در بسیاری از صنایع استفاده می شود [۷]. همانطور که پیش از این گفته

شد رویکرد مجموعه فازی به ویژه برای رسیدگی به مشکلات ریسک با داده های نامشخص مناسب است [۷]. منطق فازی این روش را با روش های کیفی موجود بهبود می بخشد و اجازه می دهد تا جایگزین های ریسک را براساس یک شاخص ریسک فازی متحدانه به کار بندیم. در پایان، مدل سازی ریسک سه بعدی برای این مطالعه توسط برنامه MATLAB انجام می گیرد. مدل برای دو ورودی فازی: احتمال و پیامد مورد ارزیابی قرار می گیرد.

۳-۴-۱ مدل سازی ریسک

"ریسک و عدم اطمینان در تمام پروژه ها ذاتی است"، این اساس همه چیزهایی است که ما می خواهیم در مورد آن در این بخش صحبت کنیم .

در ارزیابی آیت های ریسک، تصمیم گیرندگان، مهندسان و مدیران به طور کلی متغیرهای زبانی ریسک کم، متوسط و بالا را در نظر می گیرند. آنها ریسک حاصل از ترکیب احتمال و شدت را با متغیرهای زبانی مانند هرگز شنیده نشده یا هیچ آسیبی نمی رساند و توضیح می دهند. این اصطلاحات پر از عدم اطمینان و ناشناخته است.

این اصطلاحات اغلب باعث میشود که هنگام تلاش برای اندازه گیری ریاضیات و ارزیابی احتمال وقوع حادثه و پیامد های آن دشوار گردد ؛ به عبارت دیگر ما می خواهیم ریسک خود را براساس احتمال و پیامدهای آن، که به عنوان دو ورودی ریسک در نظر گرفته می شود، مدل کنیم.

برای حل این مشکل از منطق فازی استفاده می کنیم، منطق فازی روش کاربردی برای برنامه ریزی این مدل است. رویکرد ارزیابی ریسک با استفاده از سیستم استنتاج فازی در این کار اعمال شده است. مزیت اصلی استفاده از سیستم استنتاج فازی، توانایی آن در رسیدگی به داده های نامشخص مانند خروجی های ریسک کیفی است [۷].

اصطلاحات زبان شناسی در شش سطح برای پیامدهای افراد و همچنین محیط، دارایی و شهرت شرکت طبقه بندی شده اند. این تعیین محدوده بر اساس سیستم متخصص و جلسات طوفان مغزی است. این مقیاس ها در گروه HAZID بعد از اجرای ارزیابی خطر تعیین شده است.

علامت گذاری در اینجا هیچ، جزئی، جزئی، قابل توجه، بزرگ و گسترده است. محدوده عددی از ۰ تا ۱ اجرا می شود. جداول ۳-۳ تا ۶-۳ ارزش زبانی، علامت گذاری و محدوده عددی اولین ورودی ما (پیامد) را ارائه می دهند.

جدول ۳-۳ پیامد بر پرسنل

تعریف	علامت	عدد
بدون آسیب	No	(۰ ۰,۰۵ ۰,۱۵)
جراحات ناچیز	Slight	(۰,۰۵ ۰,۲ ۰,۳۵)
جراحات جزئی	Minor	(۰,۲۵ ۰,۴ ۰,۵۵)
جراحات عمده	Considerable	(۰,۴۵ ۰,۶ ۰,۷۵)
مرگ یک نفر	Major	(۰,۶۵ ۰,۸ ۰,۹۵)
مرگ چند نفر	Extensive	(۰,۸۵ ۱)

جدول ۴-۳ پیامد بر دارایی

تعریف	علامت	عدد
بدون آسیب	No	(۰ ۰,۰۵ ۰,۱۵)
آسیب ناچیز	Slight	(۰,۰۵ ۰,۲ ۰,۳۵)
آسیب جزئی	Minor	(۰,۲۵ ۰,۴ ۰,۵۵)
آسیب محلی	Considerable	(۰,۴۵ ۰,۶ ۰,۷۵)
آسیب عمده	Major	(۰,۶۵ ۰,۸ ۰,۹۵)
آسیب گسترده	Extensive	(۰,۸۵ ۱)

جدول ۵-۳ پیامد بر محیط زیست

تعریف	علامت	عدد
بدون تاثیر	No	(۰ ۰,۰۵ ۰,۱۵)
اثرات ناچیز	Slight	(۰,۰۵ ۰,۲ ۰,۳۵)
اثرات جزئی	Minor	(۰,۲۵ ۰,۴ ۰,۵۵)
اثرات محلی	Considerable	(۰,۴۵ ۰,۶ ۰,۷۵)
اثرات عمده	Major	(۰,۶۵ ۰,۸ ۰,۹۵)
اثرات گسترده	Extensive	(۰,۸۵ ۱)

جدول ۶-۳ پیامد بر شهرت

تعریف	علامت	عدد
بدون تاثیر	No	(۰ ۰,۰۵ ۰,۱۵)
تاثیر ناچیز	Slight	(۰,۰۵ ۰,۲ ۰,۳۵)
تاثیر جزئی	Minor	(۰,۲۵ ۰,۴ ۰,۵۵)
تاثیر محلی	Considerable	(۰,۴۵ ۰,۶ ۰,۷۵)
تاثیرات ملی	Major	(۰,۶۵ ۰,۸ ۰,۹۵)
تاثیرات بین المللی	Extensive	(۰,۸۵ ۱)

با توجه به ماتریس خطر اصطلاحات برای ورودی دوم (احتمال) در پنج سطح طبقه بندی می شوند. این محدوده در جلسات متعدد با گروه متخصص در تاسیسات تقویت فشار آبپخش مشخص شده است. تعریف این

محدوده بر اساس عملکرد قابلیت اطمینان بود. تابع قابلیت اطمینان، $R(t)$ احتمال این است که سیستم به درستی در زمان t کار می کند و تابع توزیع شکست، $F_T(t) = 1 - R(t)$ احتمال اینکه یک سیستم با زمان t شکست بخورد.

برای احتمال توابع زیر را داریم:

$$F_T(t) = 1 - e^{-t/\theta} \quad 1-3$$

$$R_T(t) = e^{-t/\theta} \quad 2-3$$

θ متوسط زمان شکست است.

جدول ۷-۳ علامت گذاری و محدوده عددی احتمال

تعریف	علامت	عدد
هرگز در صنعت شنیده نشده	A	(۰, ۰,۳۲۴ ۰,۰۴)
شنیده شده که در صنعت رخ داده	B	(۰,۰۴ ۰,۰۹۵ ۰,۲۵)
در صنعت رخ داده است	C	(۰,۱ ۰,۱۸ ۰,۴)
در صنعت چندین بار در سال اتفاق می افتد	D	(۰,۳ ۰,۴ ۰,۷۹۵)
در تاسیسات چند بار در سال اتفاق می افتد	E	(۰,۵ ۰,۶۳۱ ۱)

همپوشانی کافی بین مجموعه های همسایه ارائه شده است. اگر چه روش دقیقی برای تعیین مقدار مطلوب همپوشانی وجود ندارد، پیشنهاد می شود که مجموعه های فازی مثلث باید بین ۲۵ تا ۵۰ درصد پایه های خود را با یکدیگر همپوشانی کنند.

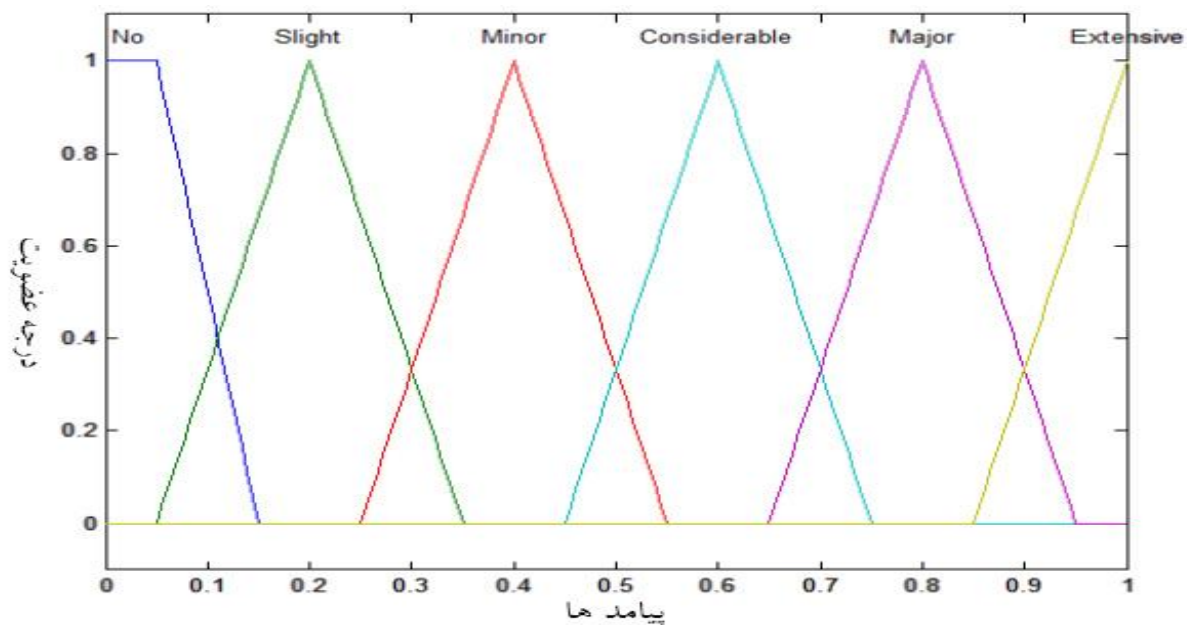
مقادیر متغیر در سه سطح برای خروجی مدل (Risk) کم، متوسط و بلند دسته بندی می شوند. نمادهای L ، M و H محدوده عددی از ۰ تا ۱ اجرا می شود.

جدول ۸-۳ تعریف، علامت گذاری و محدوده عددی خروجی مدل ذکر شده است.

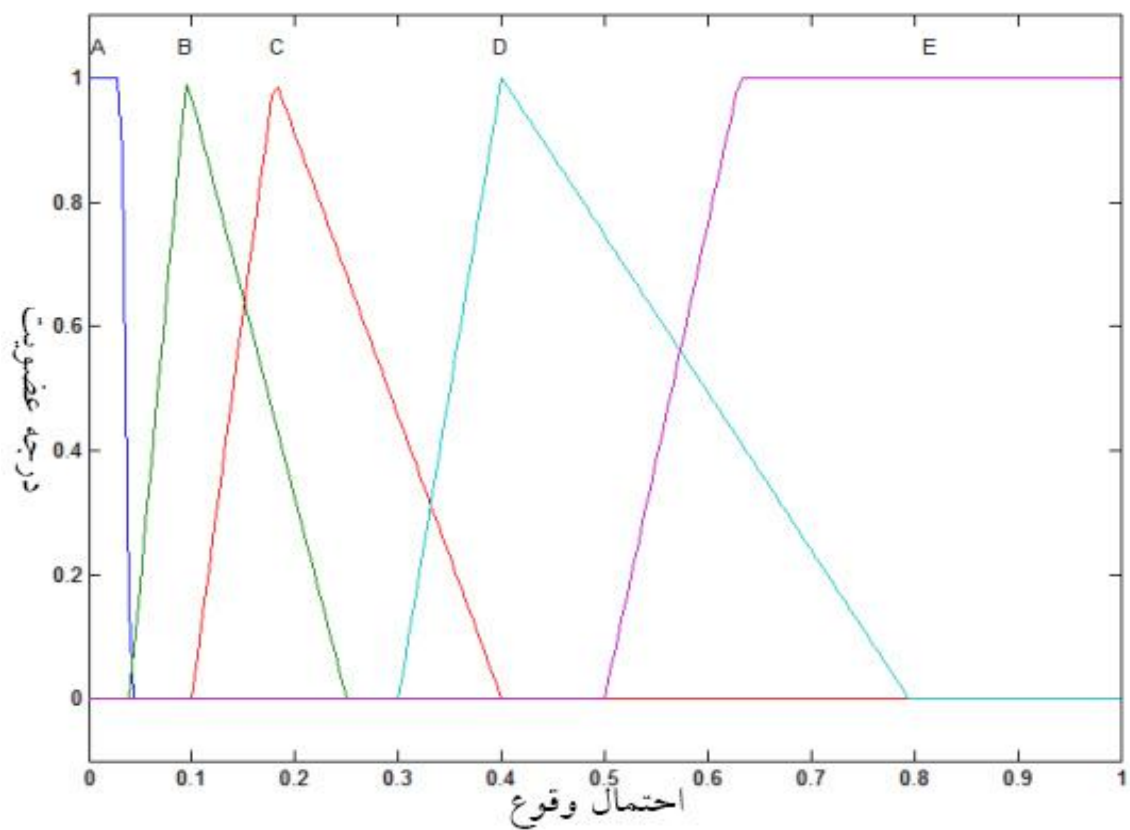
جدول ۸-۳ تعریف، علامت گذاری و محدوده عددی خروجی

تعریف	نماد	محدوده ی عددی
کم	L	(۰, ۰,۴)
متوسط	M	(۰,۲, ۰,۵, ۰,۸)
بالا	H	(۰,۶, ۱)

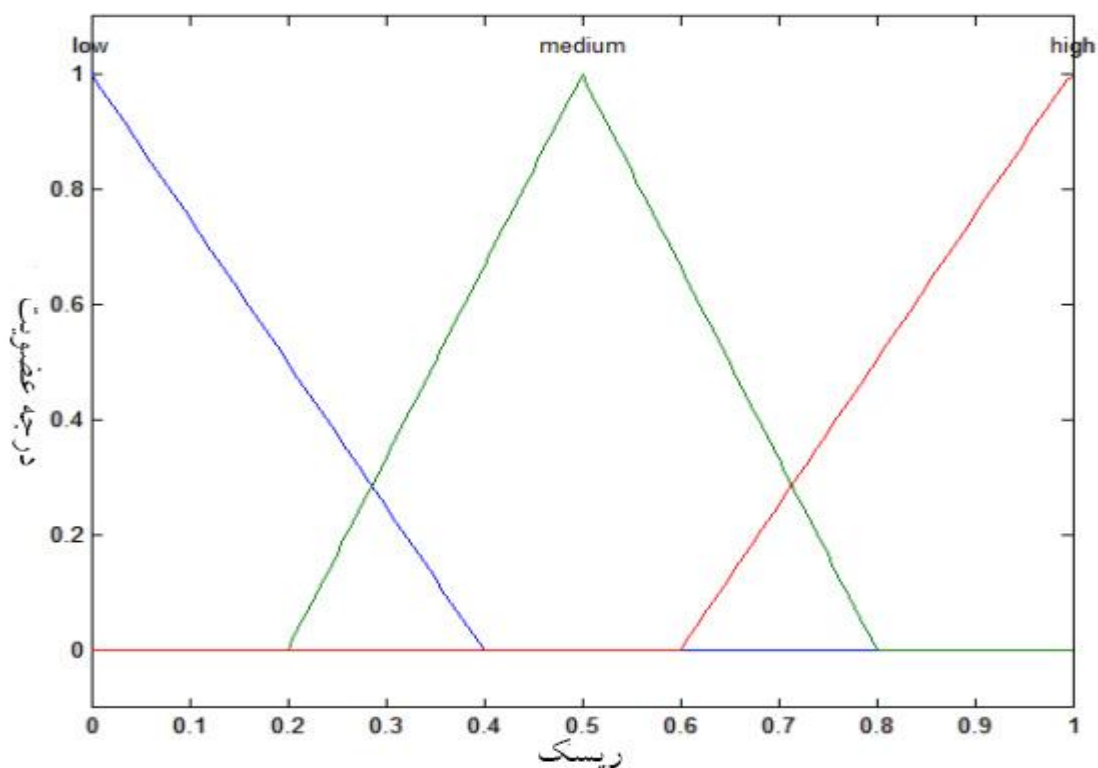
در این کار رویکرد تابع عضویت با استفاده از اعضای فازی دوزنقه و مثلثی تصویب شده است. شکل ۳-۸، ۳-۹ و ۳-۱۰ تابع عضویت برای نتیجه، احتمال و خطر است که به ترتیب به عنوان مجموعه های فازی مدل سازی می شوند. عواقب و احتمالات ورودی مجموعه های فازی هستند که محدوده ها در جدول ۳-۳ تا جدول ۳-۷ انتخاب شده اند. ریسک توسط مجموعه های فازی ارائه می شود که دامنه آنها در جدول ۳-۸ ارائه شده است.



شکل ۳-۷ توابع عضویت پیامد



شکل ۳-۸ توابع عضویت احتمال



شکل ۳-۹ توابع عضویت ریسک

۳-۴-۲ قوانین فازی برای مدل سازی ریسک

برای مدل سازی ریسک ما باید قوانین فازی را بدست آوریم. برای انجام این بخش، ما از منطق برای ارزیابی ریسک در ماتریس ریسک استفاده کردیم.

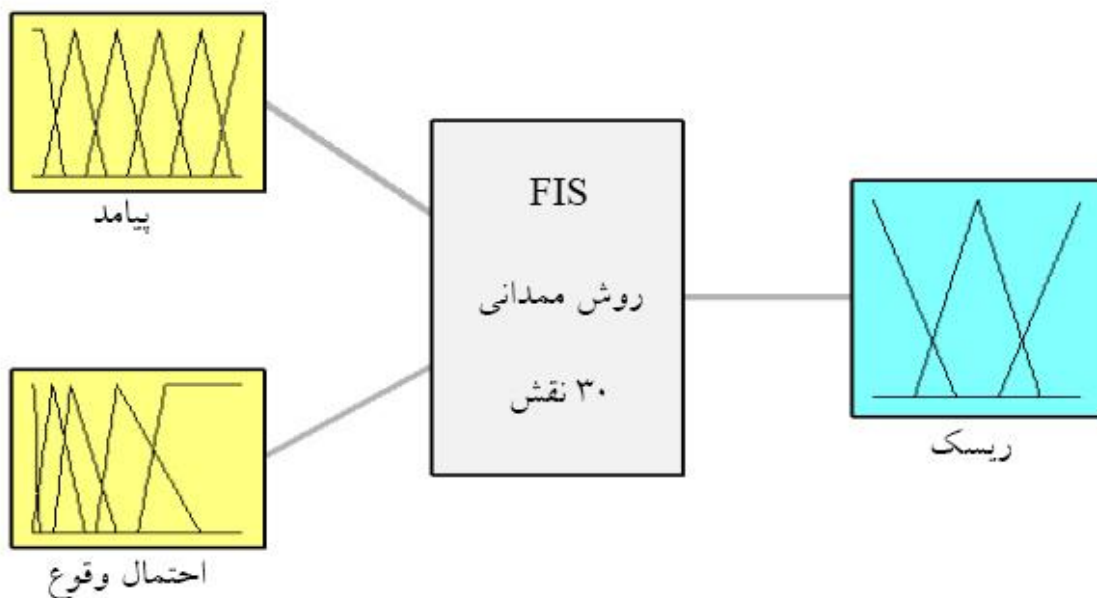
همانطور که در بخش ۳-۲-۳ بیان شد: "تقاطع هر دو احتمال و پیامد، ارزیابی کیفی سطح ریسک را فراهم می کند"، این منطقی است که ما برای کشف قوانین فازی از آن استفاده کردیم.

دو ورودی و یک متغیر خروجی برای این سیستم وجود دارد. نقشه برداری برای ارزیابی ریسک دو ورودی و یک خروجی با استفاده از قوانین "اگر _ پس" انجام می شود. در مجموع ۳۰ عدد "اگر پس" در سیستم استنتاج فازی برای ارائه نقشه بین ورودی ها و خروجی در صورت لزوم وجود دارد.

قوانین فازی سیستم توسعه یافته در زیر آورده شده است:

۱. اگر شدت No و احتمال آن A باشد، ریسک Low است.
۲. اگر شدت No و احتمال آن B باشد، ریسک Low است.
۳. اگر شدت No و احتمال آن C باشد، ریسک Low است.
۴. اگر شدت No و احتمال آن D باشد، ریسک Low است.
۵. اگر شدت No و احتمال آن E باشد، ریسک Low است.
۶. اگر شدت Slight و احتمال آن A باشد، ریسک Low است.
۷. اگر شدت Slight است و احتمال آن B باشد، ریسک Low است.
۸. اگر شدت Slight و احتمال آن C باشد، ریسک Low است.
۹. اگر شدت Slight و احتمال آن D باشد، ریسک Low است.
۱۰. اگر شدت Slight و احتمال آن E باشد، ریسک Low است.
۱۱. اگر شدت Minor است و احتمال آن A باشد، ریسک Low است.
۱۲. اگر شدت Minor و احتمال آن B باشد، ریسک Low است.
۱۳. اگر شدت Minor و احتمال آن C باشد، ریسک Low است.
۱۴. اگر شدت Minor و احتمال آن D باشد، ریسک Medium است.
۱۵. اگر شدت Minor و احتمال آن E باشد، ریسک Medium است.
۱۶. اگر شدت Considerable و احتمال آن A باشد، ریسک Low است.
۱۷. اگر شدت Considerable و احتمال آن B باشد، ریسک Low است.
۱۸. اگر شدت Considerable و احتمال آن C باشد، ریسک Medium است.

۱۹. اگر شدت Considerable و احتمال D باشد، ریسک Medium است.
 ۲۰. اگر شدت Considerable و احتمال آن E باشد، ریسک High است.
 ۲۱. اگر شدت Major و احتمال آن A باشد، ریسک Low است.
 ۲۲. اگر شدت Major و احتمال آن B باشد، ریسک Medium است.
 ۲۳. اگر شدت Major و احتمال آن C باشد، ریسک Medium است.
 ۲۴. اگر شدت Major و احتمال آن D باشد، ریسک High است.
 ۲۵. اگر شدت Major و احتمال آن E باشد، ریسک High است.
 ۲۶. اگر شدت Extensive و احتمال آن A باشد، ریسک Medium است.
 ۲۷. اگر شدت Extensive و احتمال آن B باشد، ریسک Medium است.
 ۲۸. اگر شدت Extensive و احتمال آن C باشد، ریسک High است.
 ۲۹. اگر شدت Extensive و احتمال آن D باشد، ریسک High است.
 ۳۰. اگر شدت گسترده است و احتمال آن E است، ریسک High است.
- این سیستم دارای دو ورودی و یک خروجی است. پیامد و احتمال دو ورودی است و ریسک تنها خروجی است. جعبه ابزار منطق فازی می تواند سطح خروجی سه بعدی را با تغییر دو ورودی ایجاد کند. شکل ۳-۱۰ مجموعه فازی ریسک را نشان می دهد.



شکل ۳-۱۰ مجموعه ریسک فازی

این شکل سلسله مراتب را برای سیستم استنتاج فازی مامدانی نشان می دهد که برای مدل ریسک خود استفاده می کند.

۳-۴-۳ جمع آوری خروجی ها

جمع آوری خروجی ها، فرایند یکی کردن قوانین است [۱۴]. به عبارت دیگر، با قبول توابع عضویت در همه نتایج سابق قوانین و ترکیب آنها در یک مجموعه فازی یکسان، بنابراین ورودی فرایند جمع آوری فهرستی از توابع عضویت مربوطه است و خروجی یک مجموعه فازی برای هر متغیر خروجی است [۴۹].

۳-۴-۳ تخریب پذیری

در این مطالعه متغیرها برای ایجاد یک مقدار کلی ریسک برای تاسیسات تقویت فشارآپخش ترکیب شده اند. خروجی ریسک فازی را می توان با معادله ۳-۳ محاسبه کرد [۴۹].

$$\text{خروجی ریسک فازی} = \frac{\sum_{i=1}^N k_i Risk_i}{\sum_{i=1}^N k_i} \quad 3-3$$

N تعداد متغیرها، k_i فاکتور وزن که بر اساس ورودی انتخاب شده، $Risk_i$ مقدار ریسک فازی محاسبه شده برای هر متغیر است.

این فرایند به طور جداگانه برای چهار دسته (افراد، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت) تکرار می شود. خروجی سطح ریسک فازی برای هر دسته است. خروجی ریسک فازی (خروجی های واضح) با استفاده از این معادله به دست می آید.

در این مطالعه، مطالعه ی تارک و شاخص ریسک (RI) با توسعه معادلات فوق از طریق ترکیب N در آن محاسبه می شود [۷].

شاخص ریسک فازی (FRI) یک اپراتور تجمعی متوسط برای این شرکت است. این را می توان با استفاده از معادله ۳-۴ [۸][۷] محاسبه کرد:

$$\text{شاخص ریسک فازی} = \frac{\sum_{i=1}^N k_i Risk_i / N}{\sum_{i=1}^N k_i} \quad ۳-۴$$

N تعداد متغیرها، k_i فاکتور وزن که بر اساس ورودی انتخاب شده، $Risk_i$ مقدار ریسک فازی محاسبه شده برای هر متغیر است.

در این مطالعه، شاخص ریسک فازی (FRI) برای خروجی ریسک فازی محاسبه می شود. شاخص ریسک فازی برای هر گروه درایستگاه تقویت فشار گاز آبپخش محاسبه می شود.

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱ مقدمه

در فصل های قبلی، مشکلات، راه حل ها و روش های موجود برای دستیابی به هدف اصلی مطالعه توضیح داده شد. در این فصل نتایج با ارقام و جداول نشان داده شده است، همچنین بحث در مورد نتایج ریسک بخش مهمی از این فصل است. خروجی های اصلی عبارتند از:

- خروجی شناسایی خطرات
- خروجی ریسک کیفی
- خروجی ریسک فازی

در این فصل در ابتدا خطرات موجود ذکر شده است و سپس خروجی های ارزیابی ریسک کیفی نشان داده می شود. در بخش نهایی مطالعه و با استفاده از خروجی های منطق فازی، به نتایج کمی تبدیل می شوند، همچنین مدل سازی سه بعدی از خطر انجام شده است. شناسایی خطر و روش ارزیابی ریسک توسط تیم HAZID در واحد تقویت فشار گاز آپخش انجام شده است. این نظرسنجی در طول بیش از ۳۰ جلسه از ژوئیه ۲۰۱۸ تا نوامبر ۲۰۱۸ ادامه داشته است.

تیم HAZID شامل ۲۸ کارشناس می باشد. رشته های تحصیلی به چهار بخش تقسیم شده اند: مهندسی شیمی ۳۹٪، مهندسی برق ۳۹٪، مهندسی مکانیک ۱۵٪ و افسران HSE ۷٪. تمام کارشناسان، فارغ التحصیل دوره لیسانس و کارشناسی ارشد بودند. مدرک کارشناسی ارشد ۱۱٪ و مدرک کارشناسی ۸۹٪. مدت زمان تجربه برای گروه به سه سطح تقسیم می شود با ۲۵٪ بیش از ۱۰ سال تجربه، ۶۸٪ در بین ۵-۱۰ سال و ۷٪ کمتر از ۵ سال تجربه. سطح سن کارشناسان نشان داد که ۲۱ درصد از کارشناسان بالای ۴۰ سال هستند. ۷۱٪ درصد از کارشناسان بین ۳۹-۳۰ ساله هستند. ۸٪ درصد از کارشناسان بین ۲۹-۲۵ ساله هستند.

۴-۲ شناسایی خطرات بر پایه روش HAZID

همانطور که در فصل ۳ آمده است، دور اول بررسی، شناسایی خطرات است. با توجه به ISO ۱۷۷۷۶ [۹۱]، ۱۶۸ خط مشی مختلف ممکن، در تاسیسات مورد توجه قرار گرفته اند. پس از چندین نشست، ۱۵ گره با خطرات

انتخاب شدند که منجر به رویداد بالا با عواقب خطرناک می شود. جدول ۴-۱ خطر مربوط به هر گره را نشان می دهد.

جدول ۴-۱ گره ها و خطرات آنها

خطرات	گره
<p>میعانات گازی، نفت و هیدروکربن های تحت فشار، گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)، مواد آتش گیر، پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات، صاعقه گیر، انرژی الکترواستاتیک، متانول، تجهیزات جانبی، بازدارنده خوردگی</p>	پیگ رسیور
<p>میعانات گازی، نفت و هیدروکربن های تحت فشار</p>	<p>انتقال دهنده میعانات (CCV)</p>
<p>میعانات گازی، گازهای هیدروکربنی، گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)، نفت و هیدروکربن های تحت فشار، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات، صاعقه گیر، انرژی الکترواستاتیک، متانول، تجهیزات جانبی، بازدارنده خوردگی</p>	HP سپریتور
<p>روغن روان کننده و روغن عایق سازی، سوخت دیزل، تجهیزات بالاسری، لوله های فرآیند و تجهیزاتی که در دمای بین ۶۰°C و ۱۵۰°C کار میکنند، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات ، ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت ، نویز ثابت بیش از ۸۵ دسی بل، تابش E / M، کابل های ولتاژ بالا AC، CO₂ بیش از حد</p>	دیزل ژنراتور

خطرات	گره
<p>میعانات گازی، نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار، گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)، پرسنل در ارتفاع کمتر از ۲ متر، تجهیزات بالاسری، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات</p>	کمپرسور
نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار، تجهیزات بالاسری	اندازه‌گیری و خروجی گاز
<p>میعانات گازی، گازهای هیدروکربنی، گازهای تحت فشار، پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر، گاز SO₂، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات، انرژی الکترواستاتیک، ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت</p>	فلر
<p>میعانات گازی، نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار، پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر، گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات، انرژی الکترواستاتیک</p>	لخته‌گیری
<p>لوله‌های فرآیند و تجهیزاتی که در دمای بین ۶۰°C و ۱۵۰°C کار میکنند، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات، ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت، صاعقه‌گیر، انرژی الکترواستاتیک، تابش E/M، کابل‌های ولتاژ بالا AC، گاز H₂S</p>	ایستگاه زیر زمینی
<p>میعانات گازی، نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار، گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)، متانول</p>	<p>مکنده اسکرابر (Suction scrubber)</p>

خطرات	گره
میعانات گازی، نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار، لوله های فرآیند و تجهیزاتی که در دمای بین ۶۰°C و ۱۵۰°C کار میکنند، پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها، ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات، انرژی الکترواستاتیک	سوخت دیزل
گلایکول	مایع نگه دارنده
نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار، گاز H ₂ S	چاه تخلیه
روغن روان کننده و روغن عایق سازی، گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)، پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر، تجهیزات بالاسری، تجهیزات با بخش متحرک یا چرخشی، موتور و سیستم خروجی توربین، دمای بالاتر از ۱۵۰°C، گاز CO ₂ بیش از حد، نویز ثابت بیش از ۸۵ دسی بل	توربین
میعانات گازی، گازهای هیدروکربنی	تخلیه

طبق جدول ۴-۱، حداکثر تعداد خطرات در گره پیگ رسیور (۱۲ خطر) شناسایی شده و حداقل تعداد خطر در گره مایع نگه دارنده (یک خطر) شناسایی شده است.

پس از انجام HAZID، ۲۸ عامل مختلف با فرکانس مختلف در واحد تقویت فشار گاز آبیخش که در جدول ۴-۲ ذکر شده است شناسایی کرده ایم. این جدول نشان می دهد که کدام یک از خطرهای فرآیند بیشتر است. همانطور که در جدول ۴-۲ نشان داده شده است، "میعانات گازی" و "نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار" دارای حداکثر تکرار و "مواد آتش گیر"، "سر و صدای بالا"، "گاز SO₂"، مایع نگه دارنده"، "تجهیزات با بخش متحرک یا چرخشی"، "موتور و سیستم خروجی توربین" و "درجه حرارت بیش از ۱۵۰ درجه سانتی گراد" دارای حداقل تعداد فرکانس هستند.

جدول ۲-۴ مخاطرات و فرکانس آنها

فرکانس	خطرات	فرکانس	خطرات
۶	ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت	۱۳	میعانات گازی
۳	سوخت دیزل	۱۳	نفت و هیدروکربن های تحت فشار
۴	لوله های فرآیند و تجهیزاتی که در دمای بین ۶۰ °C و ۱۵۰ °C کار میکنند	۷	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)
۲	نویز ثابت بیش از ۸۵ دسی بل	۱	مواد آتش گیر
۲	تابش E / M و کابل های ولتاژ بالا AC	۷	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر
۲	گاز CO ₂ بیش از حد	۱۳	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها
۱	سر و صدای بیش از حد	۱۲	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات
۲	گازهای تحت فشار	۴	صاعقه گیر
۲	پرسنل در ارتفاع کمتر از ۲ متر	۸	انرژی الکترواستاتیک
۱	گاز SO ₂	۳	گلیکوژن
۳	گاز H ₂ S	۶	تجهیزات بالاسری
۱	تجهیزات با بخش متحرک یا چرخشی	۱	مابع نگه دارنده
۱	موتور و سیستم خروجی توربین	۲	گازهای هیدروکربنی

خطرات	فرکانس	خطرات	فرکانس
روغن روان کننده و روغن عایق سازی	۳	درجه حرارت بیش از ۱۵۰ درجه سانتی گراد	۱

۳-۴ خروجی کیفی ریسک

با توجه به فصل ۳ بخش نهایی، HAZID یک چک لیست ارزیابی کیفی برای افراد، محیط زیست، دارایی ها و شهرت شرکت است. در نهایت، ۷۲۰ خروجی ریسک کیفی ارزیابی شد. خروجی های ریسک شامل ۹۰ خروجی برای هر دسته (افراد، محیط زیست، دارایی ها و شهرت شرکت) و همچنین در دو دسته "بدون کنترل ریسک" و "با کنترل ریسک" برای هر خطر تقسیم شده است. در این مطالعه تمام خروجی های ریسک بر اساس روش HAZID به دو زیر مجموعه "بدون کنترل ریسک" و "با کنترل ریسک" تقسیم شده اند. ریسک هر خطر در گره مربوطه در جدول ۳-۴ نشان داده شده است.

جدول ۳-۴ خروجی های ریسک کیفی برای واحد تقویت فشار آبپخش

		پرسنل		محیط زیست		دارایی ها		شهرت شرکت	
گره	نوع خطر	بدون	با	بدون	با	بدون	با	بدون	با
		ریسک	کنترل ریسک	ریسک	کنترل ریسک	ریسک	کنترل ریسک	ریسک	کنترل ریسک
میعانات گازی	میعانات گازی	۵E	۳E	۳E	۱E	۴E	۱E	۳E	۰E
	نفت و هیدروکربن های تحت فشار	۵E	۳E	۳E	۱E	۴E	۱E	۳E	۰E

گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۴B	۲B	۰B	۰B	۰B	۰B	۱B	۰B
مواد آتش گیر	۵D	۲B	۳D	۰B	۳D	۰B	۳D	۰B
پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۴B	۳B	۰B	۰B	۰B	۰B	۲B	۱B
ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۴B	۳B	۰B	۰B	۰B	۲B	۲B	۰B
ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۴B	۳B	۰B	۰B	۰B	۲B	۲B	۰B
صاعقه گیر	۴B	۳B	۲B	۱B	۴B	۲B	۲B	۱B
انرژی الکترواستاتیک	۴D	۴A	۰D	۰A	۰D	۰A	۲D	۲A
گلایکل	۳B	۲B	۲B	۱B	۱B	۱B	۲B	۰B
تجهیزات بالاسری	۴C	۳C	۰C	۰C	۰C	۰C	۲C	۱C
مایع نگه دارنده	۲B	۱B	۱B	۱B	۱B	۱B	۰B	۰B
میعانات گازی	۴D	۳C	۳D	۲C	۴D	۴C	۲D	۱C
نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار	۵E	۳C	۳E	۱C	۳E	۱C	۴E	۰C
میعانات گازی	۴D	۳B	۳D	۲B	۴D	۴D	۲D	۲B

CCV
HP

	گازهای هیدروکربنی	۴B	۱B	۰B	۲B	۰B	۱B	۱B
	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۴C	۲B	۰C	۰B	۰C	۰C	۰B
	نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار	۴C	۳C	۰C	۱C	۰C	۴C	۲C
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۴D	۳C	۲D	۰C	۴D	۰C	۲D
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۴B	۳C	۲B	۰C	۴B	۰C	۲B
	صاعقه گیر	۴B	۲B	۳D	۱B	۴B	۲B	۱B
	انرژی الکترواستاتیک	۴B	۴A	۰B	۰A	۰B	۱B	۲A
دینل ژنراتور	روغن روان کننده و روغن عایق سازی	۲B	۱B	۱B	۱B	۰B	۰B	۰B
	سوخت دیزل	۳C	۲C	۲C	۱C	۲C	۱C	۲C
	تجهیزات بالاسری	۳C	۳C	۰C	۰C	۰C	۱C	۱C
	لوله های فرآیند و تجهیزاتی که در دمای بین ۶۰°C و ۱۵۰°C کار میکنند	۲B	۱B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B

	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۴B	۳B	۲B	۲B	۴B	۳B	۲B
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۴B	۳B	۰B	۰B	۰B	۰B	۱B
	ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت	۴B	۳B	۰B	۰B	۲B	۱B	۱B
	نویز ثابت بیش از ۸۵ دسی بل	۳E	۱D	۰E	۰E	۰D	۰E	۰D
	تابش E/M و کابل های ولتاژ بالا AC	۳B	۳B	۰B	۰B	۰B	۰B	۱B
	گاز CO ₂ بیش از حد	۴B	۲B	۱B	۱B	۰B	۰B	۰B
کمتر	میعانات گازی	۴D	۲C	۳D	۱C	۴D	۴C	۲C
	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۴B	۲B	۰B	۰B	۰B	۰B	۱B
	نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار	۵E	۳C	۲E	۱C	۴E	۴C	۲C
	پرسنل در ارتفاع کمتر از ۲ متر	۲C	۱C	۰C	۰C	۰C	۰C	۰C
	تجهیزات بالاسری	۳C	۳C	۰C	۰C	۰C	۰C	۱C

	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۴B	۱B	۰B	۰B	۲B	۱B	۲B	۰B
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۴B	۱B	۰B	۰B	۲B	۱B	۲B	۰B
اندازه گیری و نگارگری	نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار	۵E	۳C	۲E	۱C	۴E	۴C	۳E	۲C
	تجهیزات بالاسری	۳C	۳C	۰C	۰C	۰C	۰C	۱C	۱C
تست	میعانات گازی	۴D	۲C	۳D	۱C	۴D	۳C	۲D	۱C
	گازهای هیدروکربنی	۳C	۲C	۲C	۱C	۳C	۳C	۲C	۱C
	گازهای تحت فشار	۴B	۲B	۱B	۱B	۲B	۱B	۲B	۰B
	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۴B	۳B	۰B	۰B	۰B	۰B	۲B	۱B
	گاز SO ₂	۲B	۱B	۱B	۱B	۰B	۰B	۰B	۰B
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۴B	۱B	۰B	۰B	۲B	۱B	۲B	۰B
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۴B	۱B	۰B	۰B	۲B	۱B	۲B	۰B
	صاعقه گیر	۴A	۳A	۰A	۰A	۰A	۰A	۲A	۱A
	ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت	۴B	۳B	۲B	۱B	۴B	۲B	۲B	۱B

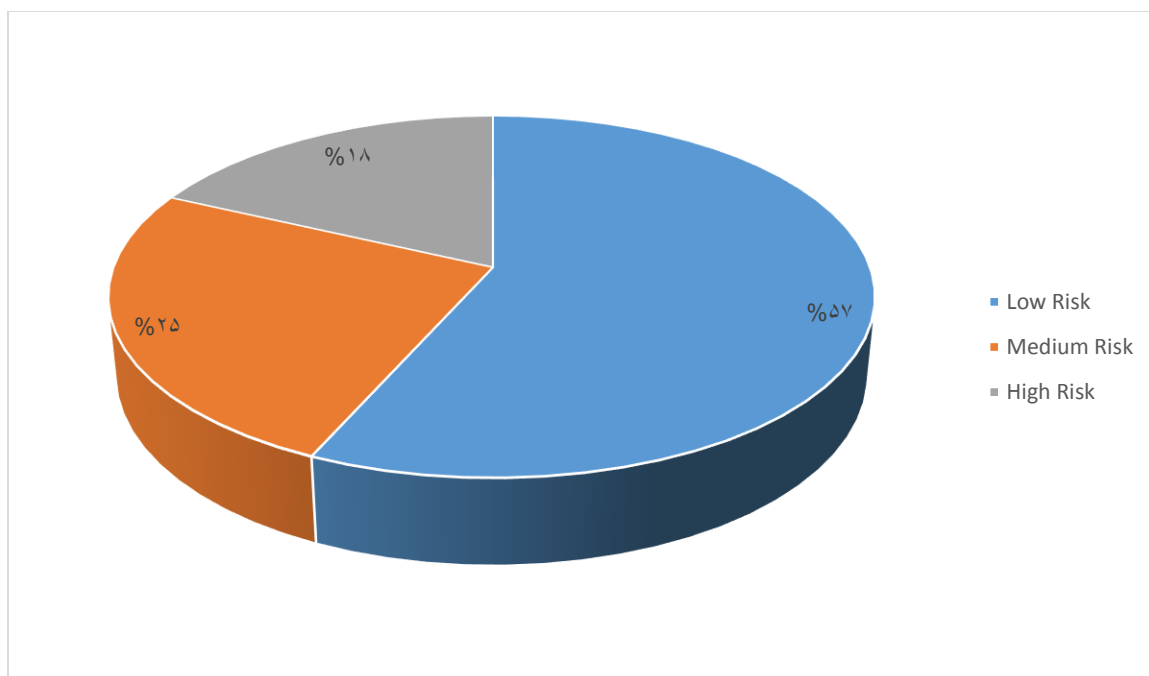
میعانات گازی	۴D	۴C	۳D	۱C	۴D	۳C	۲D	۱C	لخته گیری
گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۴C	۲C	۰C	۰C	۰C	۰C	۲C	۰C	
پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۴C	۳B	۰C	۰B	۰C	۰B	۲B	۱B	
نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار	۵E	۳D	۳E	۲D	۳E	۱D	۴E	۱D	
ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۴B	۱B	۱B	۰B	۲B	۱B	۲B	۰B	
ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۴C	۱C	۰C	۰C	۱C	۰C	۲C	۰C	
انرژی الکترواستاتیک	۳D	۳B	۰D	۰B	۰D	۰B	۱D	۱B	
لوله های فرآیند و تجهیزاتی که در دمای بین ۶۰°C و ۱۵۰°C کار میکنند	۲B	۱B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B	ایستگاه زیر زمینی
ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۴C	۲B	۲C	۲B	۴C	۴B	۲C	۲B	

	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۴B	۳B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B	۲B	۱B
	ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت	۴B	۴B	۰B	۰B	۳B	۱B	۲B	۲B	۲B
	صاعقه گیر	۴B	۳B	۲B	۱B	۴B	۱B	۲B	۲B	۱B
	انرژی الکترواستاتیک	۳E	۱C	۲E	۰C	۳E	۰C	۲E	۰C	۰C
	تابش E / M و کابل های ولتاژ بالا AC	۳B	۳B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B	۱B	۱B
	گاز H ₂ S	۴D	۲B	۳D	۳B	۱D	۰B	۳D	۰B	۰B
ساکشن اسکریپر	میعانات گازی	۴D	۲C	۳D	۱C	۴D	۴C	۲D	۲C	۲C
	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۵E	۲C	۳E	۰C	۳E	۰C	۴E	۰C	۰C
	نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار	۵E	۳C	۳E	۱C	۳E	۴C	۴E	۲C	۲C
	گلايکول	۳C	۲B	۰B	۱B	۱C	۱B	۱C	۰B	۰B
سورخت دیزل	میعانات گازی	۴D	۱B	۳D	۱B	۴D	۳B	۲D	۲B	۲B
	نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار	۵E	۳B	۳E	۱B	۳E	۳B	۴E	۲B	۲B
	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۴C	۳B	۰C	۰B	۰V	۰B	۲C	۱B	۱B

	لوله های فرآیند و تجهیزات که در دمای بین ۶۰°C و ۱۵۰°C کار میکنند	۲B	۱B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها	۴B	۱B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B	۰B
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۴B	۱B	۰B	۰B	۲B	۱B	۲B	۰B
	انرژی الکترواستاتیک	۴D	۴A	۰D	۰A	۰D	۰A	۲D	۲A
مایع نگه دارنده	گلايکول	۳B	۳A	۲B	۱A	۱B	۱A	۲B	۰A
چاه تخلیه	نفت و هیدروکربن های تحت فشار	۳C	۲B	۲C	۲B	۱C	۱B	۱C	۱B
	گاز H ₂ S	۲C	۱B	۳C	۳B	۰C	۰B	۱C	۰B
توربین	روغن روان کننده و روغن عایق سازی	۴D	۲B	۲D	۲B	۱D	۱B	۲D	۰B
	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۴B	۳B	۱B	۱B	۱B	۱B	۲B	۱B

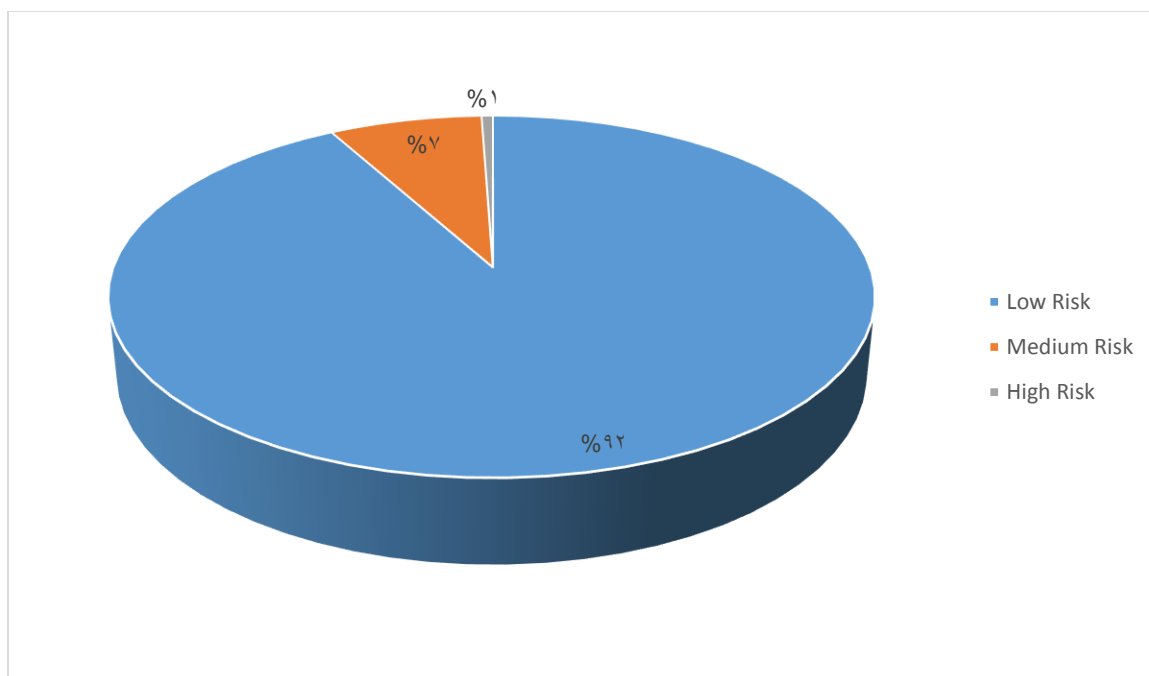
۱B	۲B	۰B	۰B	۰B	۰B	۳B	۴B	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر
۱C	۲C	۰C	۰C	۰C	۰C	۳C	۴C	تجهیزات بالاسری
۱A	۱C	۰A	۰C	۰A	۰C	۳A	۳C	تجهیزات با بخش متحرک یا چرخشی
۰C	۱E	۰C	۰E	۰C	۰E	۱C	۳E	موتور و سیستم خروجی توربین
۱C	۱C	۰C	۰C	۰C	۰C	۲C	۳C	درجه حرارت بیش از ۱۵۰ درجه سانتی گراد
۰B	۲B	۰B	۰B	۱B	۱B	۲B	۴B	گاز CO ₂ بیش از حد
۰D	۱E	۰D	۰E	۰D	۰E	۱D	۳E	نویز ثابت بیش از ۸۵ دسی بل
۲B	۲D	۳B	۴D	۲B	۳D	۳B	۴D	میعانات گازی
۱B	۴E	۱B	۳E	۲B	۳E	۱B	۵E	گازهای هیدروکربنی
تخلیه								

همانطور که قبلاً گفته شد، ۷۲۰ ریسک به طور کامل وجود دارد. ۳۶۰ خروجی برای ریسک بدون کنترل و ۳۶۰ خروجی برای ریسک با کنترل وجود دارد. نتایج ریسک قبل از اقدامات کنترلی نشان داد که ۲۰۴ خروجی ریسک کم، ۹۱ خروجی ریسک متوسط و ۶۵ خروجی ریسک بالا وجود دارد. شکل ۴-۱ نتایج کیفی را برای ریسک بدون کنترل نشان می دهد.



شکل ۴-۱ نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی

پس از بررسی اقدامات کنترلی، نتایج ریسک نشان داد که ۳۳۱ خروجی ریسک کم، ۲۷ خروجی ریسک متوسط و ۲ خروجی ریسک بالا وجود دارد. شکل ۴-۲ نتیجه ریسک بعد از اقدامات کنترلی در واحد تقویت فشار گاز آبپخش را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۲ نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی

براساس شکل ۴-۲ می توان دریافت که پس از بررسی اقدامات کنترل، خطرات با ریسک بالا ۱۷ درصد کاهش یافته و خطرات با ریسک متوسط ۱۸ درصد کاهش یافته است.

۴-۴ کاربرد ریسک فازی

جدول ۴،۴ ورودی و خروجی سیستم منطق فازی را نشان می دهد. در این جدول ستون ها: گره ها، خطرات، ورودی یک (نتیجه) برای پرسنل (P)، محیط زیست (E)، تجهیزات و دارایی ها (A) و شهرت شرکت (R) است؛ ورودی دو احتمال می باشد؛ و خروجی ریسک برای پرسنل (P)، محیط زیست (E)، تجهیزات و دارایی ها (A) و شهرت شرکت (R) می باشد. این اعداد حاصل از توابع احتمال و پیامد به دست می آید که در فصل ۳ نشان داده شده است. خروجی حاصل از نرم افزار MATLAB بر اساس تابع ریسک است. نتیجه ریسک فازی برای محاسبه و مقایسه ریسک فازی برای هر دسته (پرسنل، محیط زیست، تجهیزات و شهرت شرکت) استفاده می شود. جدول ۴-۴ مشابه جدول ۳-۴ خروجی های خطر را براساس روش HAZID نشان می دهد تفاوت در

نوع ورودی و خروجی است. جدول ۴-۳ حاوی داده های کیفی است، اما جدول ۴-۴ شامل ورودی ها و خروجی های کمی (ورودی و خروجی ریسک فازی) است.

جدول ۴-۴ ورودی و خروجی سیستم استنتاج فازی

گره	نوع خطر	P(فازی) ^۱ وردي	E(فازی) ^۱ وردي	A(فازی) ^۱ وردي	R(فازی) ^۱ وردي	وردي ^۲ (فازی)	P(فازی) ^۱ خروجي	E(فازی) ^۱ خروجي	A(فازی) ^۱ خروجي	R(فازی) ^۱ خروجي
سیستم ریسک	میعانات گازی	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۶۳۱	۰,۶۸۷۸۵	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
	نفت و هیدروکربن- های تحت فشار	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۶۳۱	۰,۶۸۷۸۵	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۰,۴	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	مواد آتش گیر	۰,۴	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲

گره	نوع خطر	P(فازی) ۱ وردي	E(فازی) ۱ وردي	A(فازی) ۱ وردي	R(فازی) ۱ وردي	وردي ۲ (فازی)	P(فازی) ۱ خروجي	E(فازی) ۱ خروجي	A(فازی) ۱ خروجي	R(فازی) ۱ خروجي
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهيزات	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	صاعقه گیر	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۴	۰,۲	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	انرژی الکترواستاتی کی	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۴	۰,۰۳۲	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
	گلایکول	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	تجهيزات بالاسری	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۱۸	۰,۳۹۶۹۴	۰,۱۳۰۰۲	۰,۱۳۰۰۲	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	مایع نگه دارنده	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲

گره	نوع خطر	P(فازی) ۱ وردي	E(فازی) ۱ وردي	A(فازی) ۱ وردي	R(فازی) ۱ وردي	وردي ۲ (فازی)	P(فازی) ۱ خروجي	E(فازی) ۱ خروجي	A(فازی) ۱ خروجي	R(فازی) ۱ خروجي
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۱۸۰۸	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۱۸۰۸	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	صاعقه گیر	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۴	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	انرژی الکترواستاتی کی	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۴	۰,۰۳۲۴	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
دیزل ژنراتور	روغن روان کننده و روغن عایق سازی	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	سوخت دیزل	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۱۸۰۸	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳

گره	نوع خطر	P(فازی) ۱ وردي	E(فازی) ۱ وردي	A(فازی) ۱ وردي	R(فازی) ۱ وردي	وردي ۲ (فازی)	P(فازی) ۱ خروجي	E(فازی) ۱ خروجي	A(فازی) ۱ خروجي	R(فازی) ۱ خروجي
	تجهيزات بالاسرى	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۱۸۰۸	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	لوله هاى فرآيند و تجهيزاتى كه در دماى بين ۶۰°C و ۱۵۰°C كار ميکنند	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	ولتاژ بيش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهيزات	۰,۶	۰,۴	۰,۴	۰,۶	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	ولتاژ بيش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در كابل ها	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	ولتاژ بيش از ۴۴۰ ولت	۰,۶	۰,۰۵	۰,۲	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲

گره	نوع خطر	P(فازی) ۱ وردی	E(فازی) ۱ وردی	A(فازی) ۱ وردی	R(فازی) ۱ وردی	وردی ۲ (فازی)	P(فازی) ۱ خروجی	E(فازی) ۱ خروجی	A(فازی) ۱ خروجی	R(فازی) ۱ خروجی
	نویز ثابت بیش از ۸۵ دسی بل	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۳۹۲۵	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	تابش E / M و کابل های ولتاژ بالا AC	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۰۵	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	گاز CO ₂ بیش از حد	۰,۴	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳
کمپرسور	میعانات گازی	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۴	۰,۱۸۰۸	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۰۵	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۰,۴	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	نفت و هیدروکربن - های تحت فشار	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۱۸۰۸	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۰۵	۰,۱۳۰۰۲ ۳

گره	نوع خطر	P(فازی) ۱ وردي	E(فازی) ۱ وردي	A(فازی) ۱ وردي	R(فازی) ۱ وردي	وردي ۲ (فازی)	P(فازی) ۱ خروجي	E(فازی) ۱ خروجي	A(فازی) ۱ خروجي	R(فازی) ۱ خروجي
	پرسنل در ارتفاع کمتر از ۲ متر	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۱۸۰۸	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۲ ۲	۰,۱۳۰۰۲ ۲	۰,۱۳۰۰۲ ۲
	تجهيزات بالاسري	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۱۸۰۸	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهيزات	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲
اندازه گيري و خروجي گاز	نفت و هيدروکربن - های تحت فشار	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۴	۰,۱۸۰۸	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۵	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	تجهيزات بالاسري	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۱۸۰۸	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳

گره	نوع خطر	وردي ۱ (فازي) P	وردي ۱ (فازي) E	وردي ۱ (فازي) A	وردي ۱ (فازي) R	وردي ۲ (فازي)	خروجي ۱ (فازي) P	خروجي ۱ (فازي) E	خروجي ۱ (فازي) A	خروجي ۱ (فازي) R
تجهيزات	میعانات گازی	۰,۴	۰,۲	۰,۶	۰,۲	۰,۱۸۰۸	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴	۰,۱۳۰۰۲
	گازهای هیدروکربنی	۰,۴	۰,۲	۰,۶	۰,۲	۰,۱۸۰۸	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴	۰,۱۳۰۰۲
	گازهای تحت فشار	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	گاز SO ₂	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل‌ها	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۴	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱

گره	نوع خطر	وردي ۱ (فازي) P	وردي ۱ (فازي) E	وردي ۱ (فازي) A	وردي ۱ (فازي) R	وردي ۲ (فازي)	خروجي ۱ (فازي) P	خروجي ۱ (فازي) E	خروجي ۱ (فازي) A	خروجي ۱ (فازي) R
تجهيزات	صاعقه گیر	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۳۲۴	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
	ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت	۰,۶	۰,۲	۰,۴	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	میعانات گازی	۰,۶	۰,۲	۰,۶	۰,۲	۰,۱۸۰۸	۰,۳۹۶۹	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴	۰,۱۳۰۰۲
	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۰,۴	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۱۸۰۸	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲	۰,۱۳۰۰۲
	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	نفت و هیدروکربن- های تحت فشار	۰,۶	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۳۹۲۵	۰,۰۵	۰,۴۹۰۶۱ ۶	۰,۱۳۰۰۹	۰,۱۳۰۰۹
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱

گره	نوع خطر	وردي ۱ (فازي) P	وردي ۱ (فازي) E	وردي ۱ (فازي) A	وردي ۱ (فازي) R	وردي ۲ (فازي)	خروجي ۱ (فازي) P	خروجي ۱ (فازي) E	خروجي ۱ (فازي) A	خروجي ۱ (فازي) R
	۴۴۰ ولت در کابل ها									
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	انرژی الکترواستاتی ک	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
ایستگاه زیر زمینی	لوله های فرآیند و تجهیزاتی که در دمای بین ۶۰°C و ۱۵۰°C کار میکنند	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۰۵	۰,۱۳۰۰۱ ۱

گره	نوع خطر	وردي ۱ (فازي) P	وردي ۱ (فازي) E	وردي ۱ (فازي) A	وردي ۱ (فازي) R	وردي ۲ (فازي)	خروجي ۱ (فازي) P	خروجي ۱ (فازي) E	خروجي ۱ (فازي) A	خروجي ۱ (فازي) R
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهیزات	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱
	ولتاژ بیش از ۴۴۰ ولت	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۴	۰,۰۹۴۹	۰,۵	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱
	صاعقه گیر	۰,۶	۰,۲	۰,۴	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱
	انرژی الکترواستاتیکی	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۱۸۰۸	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۱۳۰۰۲ ۳
	تابش E / M و کابل های ولتاژ بالا AC	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱
	گاز H ₂ S	۰,۴	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱
ساکشن اسکریپر	میعانات گازی	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۴	۰,۳۹۶۹۴ ۶	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴ ۶	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴ ۶
	گازهای غیر هیدروکربنی	۰,۴	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۳۹۶۹۴ ۶	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴ ۶	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴ ۶

گره	نوع خطر	وردي ۱ (فازي) P	وردي ۱ (فازي) E	وردي ۱ (فازي) A	وردي ۱ (فازي) R	وردي ۲ (فازي)	خروجي ۱ (فازي) P	خروجي ۱ (فازي) E	خروجي ۱ (فازي) A	خروجي ۱ (فازي) R
	تحت فشار (روغن)									
	نفت و هیدروکربن- های تحت فشار	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۴	۰,۳۹۶۹۴ ۶	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴ ۶	۰,۱۳۰۰۲ ۳	۰,۳۹۶۹۴ ۶
	گلایکول	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱
	میعانات گازی	۰,۲	۰,۲	۰,۶	۰,۴	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱
سختی دیرل	نفت و هیدروکربن- های تحت فشار	۰,۶	۰,۲	۰,۶	۰,۴	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱
	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱
	لوله های فرآیند و تجهیزاتی که	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱

گره	نوع خطر	P(فازی) ۱ وردي	E(فازی) ۱ وردي	A(فازی) ۱ وردي	R(فازی) ۱ وردي	وردي ۲ (فازی)	P(فازی) ۱ خروجي	E(فازی) ۱ خروجي	A(فازی) ۱ خروجي	R(فازی) ۱ خروجي
مايع نگه دارنده	در دمای بين ۶۰°C و ۱۵۰°C کار میکنند									
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در کابل ها	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱
	ولتاژ بیش از ۵۰ ولت تا ۴۴۰ ولت در تجهيزات	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۴	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱
	انرژی الکترواستاتی کی	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۴	۰,۰۳۲۴	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
	گلایکول	۰,۲	۰,۰۵	۰,۲	۰,۴	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱

گره	نوع خطر	وردي ۱ (فازی) P	وردي ۱ (فازی) E	وردي ۱ (فازی) A	وردي ۱ (فازی) R	وردي ۲ (فازی)	خروجي ۱ (فازی) P	خروجي ۱ (فازی) E	خروجي ۱ (فازی) A	خروجي ۱ (فازی) R
چاه تخلیه	نفت و هیدروکربن - های تحت فشار	۰,۴	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۰ ۷
	گاز H ₂ S	۰,۲	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴۹	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۱ ۱	۰,۱۳۰۰۰ ۷
توربین	روغن روان کننده و روغن عایق سازی	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۶۳۱	۰,۶۸۷۸۵	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
	گازهای غیر هیدروکربنی تحت فشار (روغن)	۰,۶	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۶۳۱	۰,۶۸۷۸۵	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
	پرسنل در ارتفاع بیش از ۲ متر	۰,۴	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲	۰,۱۳۰۰۱ ۲	۰,۱۳۰۰۱ ۲
	تجهیزات بالاسری	۰,۴	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱ ۲	۰,۱۳۰۰۱ ۲	۰,۱۳۰۰۱ ۲

گره	نوع خطر	P(فازی) ۱ وردی	E(فازی) ۱ وردی	A(فازی) ۱ وردی	R(فازی) ۱ وردی	وردی ۲ (فازی)	P(فازی) ۱ خروجی	E(فازی) ۱ خروجی	A(فازی) ۱ خروجی	R(فازی) ۱ خروجی
	تجهیزات با بخش متحرک یا چرخشی	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	موتور و سیستم خروجی توربین	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	درجه حرارت بیش از ۱۵۰ درجه سانتی گراد	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	گاز CO ₂ بیش از حد	۰,۶	۰,۲	۰,۴	۰,۲	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱
	نویز ثابت بیش از ۸۵ دسی بل	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۴	۰,۰۳۲	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳	۰,۱۳
تخلیه	میعانات گازی	۰,۴	۰,۲	۰,۲	۰,۰۵	۰,۰۹۴	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱	۰,۱۳۰۰۱

گره	نوع خطر	P(فازی) ^۱ ورودی	E(فازی) ^۱ ورودی	A(فازی) ^۱ ورودی	R(فازی) ^۱ ورودی	ورودی ^۲ (فازی)	P(فازی) ^۱ خروجی	E(فازی) ^۱ خروجی	A(فازی) ^۱ خروجی	R(فازی) ^۱ خروجی
	گازهای هیدروکربنی	۰,۶	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۲	۰,۱۸	۰,۳۹۶۹۴	۰,۱۳۰۰۲	۰,۱۳۰۰۲	۰,۱۳۰۰۲
										۳

جدول ۴-۴ ورودی و خروجی فازی مدل را نشان می دهد. در ارزیابی کیفی عباراتی از جمله "بدون آسیب"، "آسیب جزئی" و سایر عبارات که از ماتریس خطر حاصل شده است، بر اساس روش HAZID به دست آمده است. اما این اصطلاحات پر از عدم اطمینان می باشد و نمیتوان آنها را به صورت ریاضی محاسبه کرد. برای حل این مشکل، از قضیه مجموعه فازی که در این مطالعه مطرح شده است استفاده میشود. از قانون قاعده فازی برای پیروی از منطق استفاده شده توسط ارزیاب ریسک در هنگام استفاده از رویکرد ماتریس ریسک استفاده میشود.

موتور استنتاج فازی با استفاده از این قوانین برای تعیین یک نقشه برداری از احتمال و پیامدهای مدل سازی شده به عنوان مجموعه های فازی به مجموعه خروجی فازی از سطح ریسک استفاده می کند. ورودی های فازی که در جدول ۴-۴ نشان داده شده اند در بخش بعدی برای محاسبه سطح ریسک فازی برای هر دسته بندی استفاده می شود. خروجی ریسک فازی دقیق تر از خروجی های کیفی است. همچنین خروجی ریسک فازی برای هر دسته به راحتی می تواند با سایر دسته ها مقایسه شود.

۴-۵ یکپارچه سازی اندازه گیری ریسک فازی

در مرحله نهایی، خروجی های ریسک برای هر خطر باید یکپارچه و متحد شوند تا یک فاکتور ریسک کلی برای تاسیسات تقویت فشار گاز آپبخش فراهم شود.

به همین دلیل معادلات ۱-۴ و ۲-۴ برای محاسبه فاکتور ریسک کلی و شاخص ریسک فازی در تاسیسات تقویت فشار گاز آبپخش استفاده می شود [۷][۸][۴۹].

$$\text{خروجی ریسک فازی} = \frac{\sum_{i=1}^N K_i Risk_i}{\sum_{i=1}^N K_i} \quad 1-4$$

$$(FRI) \text{ شاخص ریسک فازی} = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{K_i Risk_i}{N}}{\sum_{i=1}^N K_i} \quad 2-4$$

N = تعداد متغیرها، K_i = فاکتور وزن بر اساس ورودی انتخاب شده است، $Risk_i$ = ارزش ریسک فازی محاسبه شده برای هر متغیر.

با توجه به معادله ۱،۴ ارزش ریسک فازی برای هر دسته محاسبه شده است. ارزش خطر فازی برای پرسنل، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت به ترتیب ۰،۲۱۳۱۳، ۰،۱۳۸۶، ۰،۲۶۶۷ و ۰،۱۳۲۷ بوده است. سپس با معادله ۲،۴ شاخص ریسک فازی برای گروه پرسنل، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت به ترتیب ۰،۰۰۱۸، ۰،۰۰۱۱، ۰،۰۰۲۱ و ۰،۰۰۱۰ محاسبه شد.

در مرحله نهایی محاسبات، سطح کلی ریسک فازی تاسیسات تعیین شد. به طور کلی سطح ریسک فازی تاسیسات تقویت فشار گاز آبپخش به طور متوسط بین خروجی های ریسک فازی متعلق به چهار دسته (پرسنل، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت) ۰،۱۲۳ است. همچنین شاخص ریسک فازی برای تاسیسات تقویت فشار گاز آبپخش ۰،۰۰۱۵ محاسبه شد. جدول ۵،۴ حاوی ریسک فازی برای هر دسته پرسنل، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت) و سطح کلی ریسک فازی برای تاسیسات تقویت فشار گاز آبپخش است. همچنین شاخص های ریسک فازی محاسبه شده در جدول ۵-۴ وجود دارد.

جدول ۵-۴ خروجی ریسک فازی برای تاسیسات

شاخص ریسک فازی	سطح ریسک فازی	ردیف
۰،۰۰۱۸	۰،۲۳۱۳	پرسنل

محیط زیست	۰,۱۳۸۶	۰,۰۰۱۱
دارایی‌ها	۰,۲۶۶۷	۰,۰۰۲۱
شهرت شرکت	۰,۱۳۲۷	۰,۰۰۰۱
کل	۰,۱۹۲۳	۰,۰۰۱۵

منطق فازی دارای قابلیت یکی کردن و ادغام خروجی های ریسک در یک عامل ریسک کلی برای هر دسته و تاسیسات می باشد، در حالی که ارزیابی کیفی ریسک این ویژگی را ندارد. همچنین خروجی فازی دقیق تر از نتایج کیفی است. شکل ۳-۴ مقادیر خطر فازی را برای پرسنل، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت نشان می دهد.



شکل ۳-۴ نتایج ریسک فازی

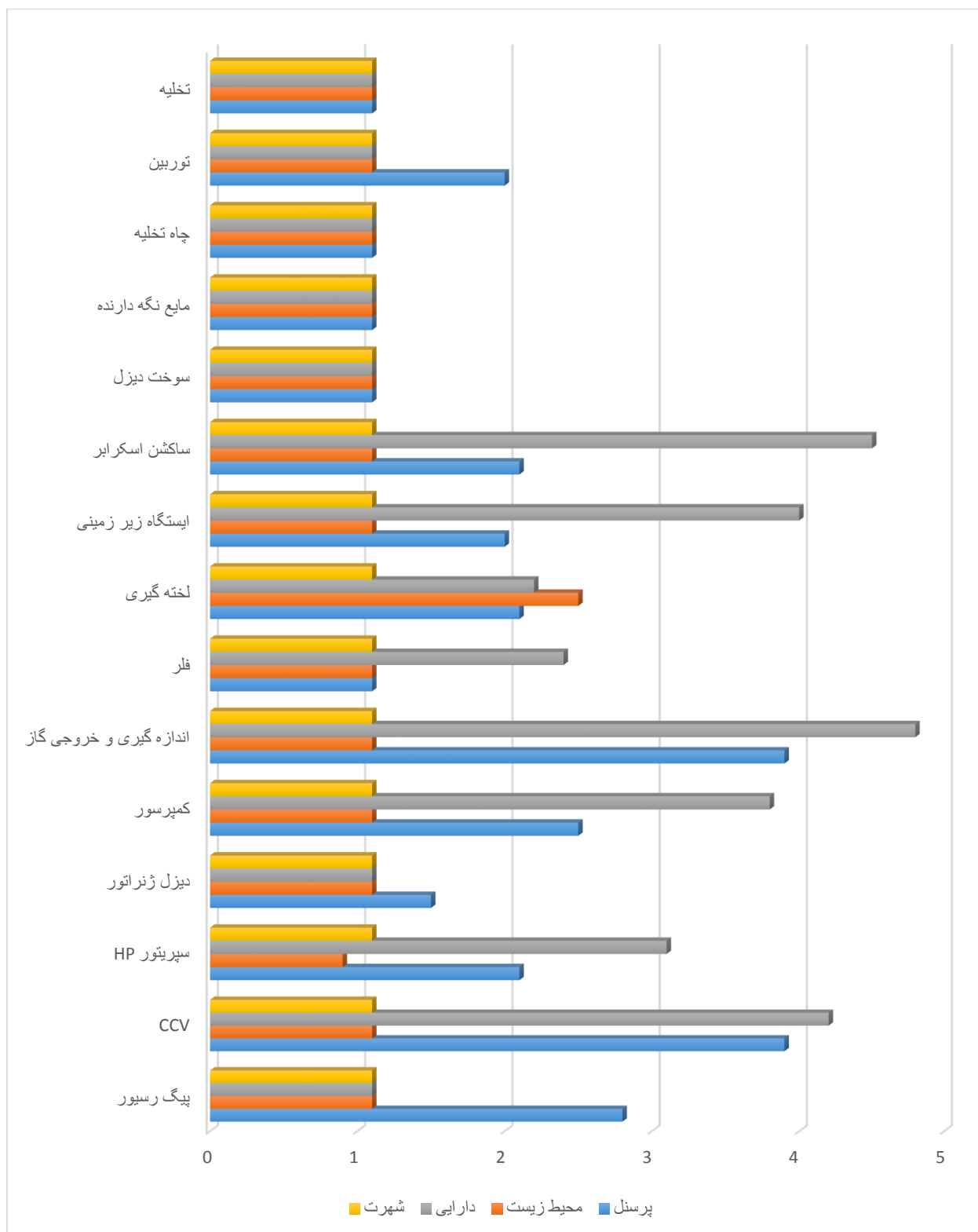
مقایسه سطوح ریسک حاصل از منطق فازی نشان می دهد که ارزش ریسک فازی دارایی ها بیشتر از پرسنل، محیط زیست و شهرت شرکت است. در حالی که در ارزیابی کیفی ریسک، سطح ریسک مربوط به پرسنل ۱۸٪ متوسط ریسک میانی و ۲٪ متوسط ریسک بالا میباشد. ریسک مربوط به دارایی ها ۱۳٪ متوسط ریسک میانی و بدون ریسک بالا بوده است. انتظار میرود که گروهی از پرسنل دارای سطح ریسک فازی بیشتری نسبت به دارایی ها داشته باشند. اما خروجی ریسک در روش فازی، اهمیت نتایج را بیشتر از روش کیفی نشان می دهد. همانطور که جدول ۴-۴ نشان داده شد بسیاری سطوح ریسک متوسط برای دارایی ها ۰,۶ می باشد. به همین دلیل هنگامی که معادله ۱,۴ استفاده می شود، سطح ریسک فازی دارایی ها (۰,۲۶۶۷) بیشتر از گروه پرسنل است (۰,۲۱۳۳).

بر طبق محاسبه سطوح ریسک، محیط زیست از نظر تعداد خروجی ریسک فازی در طبقه بندی سوم با سطح ۰,۱۳۸۶ قرار دارد. همچنین در ارزیابی کیفی ریسک محیط زیست با ریسک متوسط ۰,۱ کمتر از دسته پرسنل و دارایی ها می باشد. شهرت شرکت دارای حداقل ارزش ریسک فازی (۰,۱۳۲۷) به عنوان خروجی ریسک کیفی است. در نتیجه برای ریسک کیفی شهرت شرکت، هیچ ریسک بالا یا متوسطی وجود ندارد.

در این مطالعه، از شاخص ریسک فازی ^{۱۰}FRI استفاده شده است. شاخص ریسک فازی FRI یک اپراتور تجمعی متوسط است. برای شاخص ریسک فازی نتایج رده دارایی ها دارای حداکثر FRI با مقدار ۰,۰۰۲۱ می باشد. پرسنل و محیط زیست در مکان های بعدی به ترتیب با سطح ۰,۰۰۱۸ و ۰,۰۰۱۱ قرار دارند. رده شهرت شرکت دارای حداقل FRI با سطح ۰,۰۰۱ است و مشابه سطح ریسک فازی و خروجی های ریسک کیفی است.

ارزش خطر فازی برای هر گره محاسبه شده است. شکل ۴-۴ مقایسه خروجی ریسک فازی برای هر گره و هر دسته (پرسنل، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت) را نشان می دهد. ۲۰ گره توسط گروه HAZID در واحد تقویت فشار گاز آپخش برای ارزیابی ریسک به روش HAZID انتخاب شدند.

^{۱۰} Fuzzy Risk Indicator



شکل ۴-۴ خروجی ریسک فازی برای گره ها

با توجه به شکل ۴-۴، مقایسه ریسک خروجی بین گره ها در دسته های مختلف نشان می دهد:

✓ بالاترین ریسک فازی برای افراد نشان داده شده در گره های CCV و اندازه گیری و خروجی گاز با مقدار ۰,۳۹۷ می باشد.

✓ بالاترین خروجی ریسک فازی برای محیط زیست نشان دهنده در گره لخته گیری با مقدار ۰,۲۶۱ می باشد.

✓ بالاترین ریسک فازی برای دارایی نشان داده شده در گره اندازه گیری و خروجی گاز با مقدار ۰,۴۷۸ می باشد.

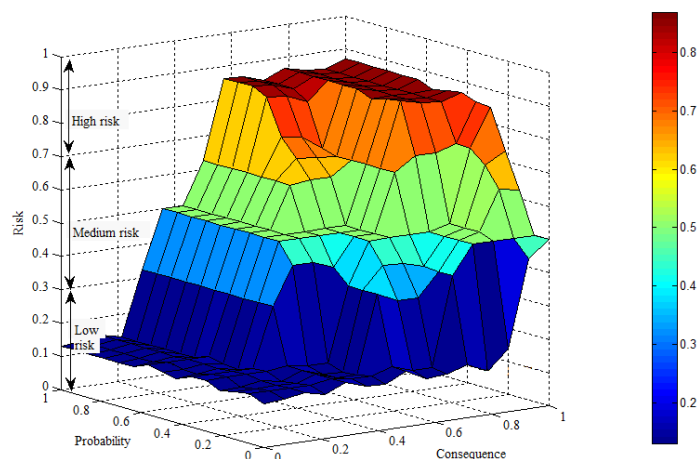
✓ بالاترین خروجی ریسک فازی برای شهرت شرکت در گره توربین با مقدار ۰,۱۳۰۲ نشان داده شده است. گرچه تفاوتی بین خروجی های ریسک فازی در گره ها برای رده اعتبار شرکت وجود ندارد (به عنوان خروجی ریسک کیفی، تمام ریسک خروجی های شهرت پایین است).

۴-۵-۱ ارزیابی سیستم

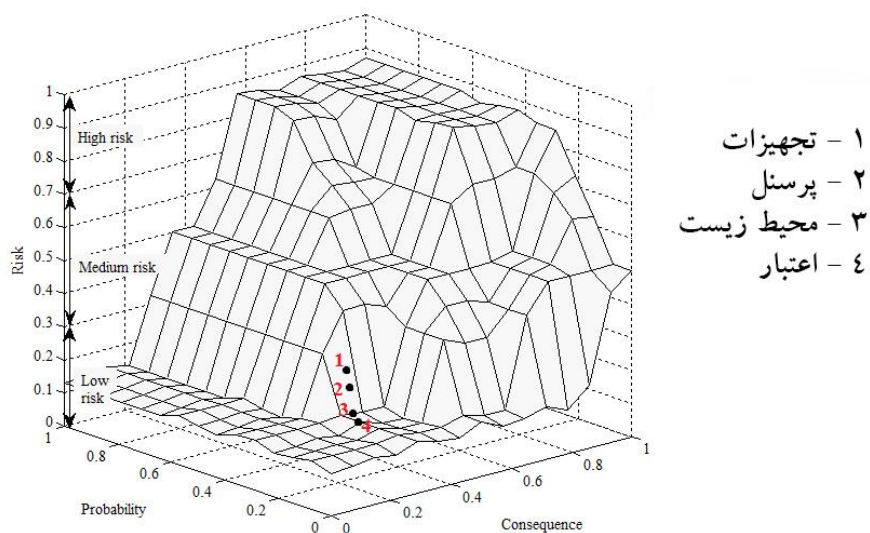
آخرین و دشوارترین کار این است که سیستم ارزیابی شود. در این بخش هدف این است که نشان دهیم آیا سیستم فازی که در این مطالعه مورد استفاده قرار می گیرد، مطابق با الزامات مشخص شده در ابتدای پژوهش می باشد؟ شکل ۴-۵ سطح خروجی تولید شده را برای روش مامدی برای دو ورودی فازی احتمال و پیامد و نیز ریسک خروجی فازی نشان می دهد.

شکل ۴-۶ همپوشانی بین خروجی های فازی و ریسک کمی را بر مدل ریسک نشان می دهد. نقاط در شکل ۴-۶ خروجی ریسک فازی برای پرسنل (۰,۲۱۳۳)، محیط زیست (۰,۱۳۸۶)، دارایی ها (۰,۲۶۶۷) و شهرت شرکت (۰,۱۳۲۷) را نشان می دهد. در شکل ۴-۶ مقادیر ریسک فازی در همه گروه ها در سطح پایین ریسک مدل قرار دارد. در شکل ۴-۷، مقدار کلی ریسک فازی برای واحد تقویت فشار گاز آپبخش (۰,۱۲۳) بر روی مدل ریسک فازی تاسیسات نشان داده شده است. در شکل ۴-۶ هر نقطه با عدد نشان داده شده است.

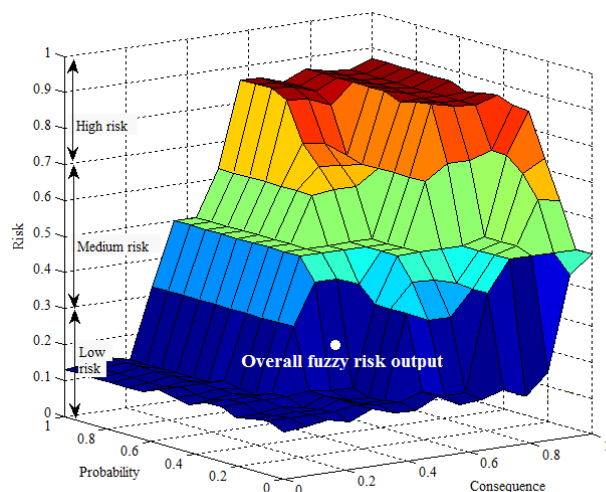
شماره اول، ارزش ریسک فازی برای دارایی‌ها با سطح ۰,۲۶۶۷ را نشان می‌دهد. شماره دو و سه سطح ریسک فازی برای پرسنل و محیط زیست را با سطوح ۰,۲۱۳۳ و ۰,۱۳۸۶ نشان می‌دهد. همچنین شماره چهارم سطح ریسک فازی برای شهرت شرکت با سطح ۰,۱۳۲۷ را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۵ مدل ریسک فازی



شکل ۴-۶ مدل ریسک فازی تاسیسات فشرده سازی گاز آبخش



شکل ۷-۴ یکی کردن خروجی ریسک در مدل

۴-۶ بحث و نتیجه گیری

شناسایی خطرات بر اساس روش HAZID نشان می دهد که ۹۰ مرکز در تاسیسات تقویت فشار گاز آبیخش وجود دارد. این خطرات عبارتند از ۲۸ خطر مختلف با فرکانس های مختلف در تاسیسات مثل "میعانات نفتی" و "نفت و هیدروکربن های تحت فشار" دارای حداکثر فرکانس با فرکانس ۹ و "مواد آتش گیر"، "سر و

صدای بالا"، "SO₂"، "مایع نگه دارنده"، "تجهیزات با بخش متحرک یا چرخشی"، "موتور و سیستم اگزوز توربین" و "درجه حرارت بیش از ۱۵۰ درجه سانتی گراد" دارای حداقل تعداد فرکانس با فرکانس یک است.

نتیجه طبقه بندی پرسنل نشان می دهد که برای ریسک بدون کنترل، بیشترین میزان ریسک کم با ۵۴٪ است. برای ریسک با کنترل، بالاترین میزان ریسک کم ۸۰٪ است. تمام گره ها به غیر از گره پیگ رسیور هیچ ریسک بالای با کنترل برای دسته پرسنل ندارند. پیگ رسیور در خطرات "میعانات نفتی" و "نفت و هیدروکربن-های تحت فشار" ریسک بالا با کنترل ریسک با ارزش ۳E دارد. پس از استفاده از منطق فازی، خروجی های ریسک به راحتی با محاسبه عددی با توجه به معادله ۴-۱ بدست می آید. با منطق فازی و معادله ۴-۱ خروجی های کیفی به یک مقدار کمی تبدیل شده و به راحتی محاسبه می شود. رده پرسنل دارای سطح ریسک فازی ۰,۲۳۱۳ است. طبقه بندی پرسنل به میزان ریسک فازی بعد از طبقه دارایی ها در رتبه دوم قرار دارد.

برای محیط زیست، هیچ ریسک بالقوه ای با کنترل وجود ندارد و فقط یک ریسک متوسط در گره لخته گیری وجود دارد. مرکز تقویت فشار گاز آپبخش اقدامات کنترلی جدید و مدرن را در تاسیسات خود انجام می دهد. به همین علت عواقب عمده ای برای محیط زیست وجود ندارد و در معرض خطر کمترین ریسک (۹۹٪) می باشد. احتمال وقوع حوادث زیست محیطی کم می باشد و ۷۵ خطر در سطح "B" قرار دارند. این بدان معنی است که احتمال وقوع رویدادهای خطرناک در تاسیسات کم است. خروجی ریسک فازی برای محیط زیست در سطح خطر پایین با سطح ۰,۱۳۸۶، توسط معادله ۴-۱ محاسبه و در شکل ۴-۹ و شکل ۴-۱۰ نشان داده شده است.

دارایی ها با سطح ریسک متوسط ۱۳٪ با اقدامات کنترلی و سطح ریسک پایین ۸۷٪ با اقدامات کنترلی می باشد. به نظر می رسد که سطح ریسک دارایی ها پایین تر از رده پرسنل با سطح ریسک متوسط ۱۸٪ و سطح ریسک بالا ۲٪ با اقدامات کنترلی هستند. اما خروجی ریسک فازی این ایده را رد کرد. با استفاده از فاکتور وزنی در معادلات ۴-۱ و ۴-۲ نشان می دهد اهمیت نتیجه بیشتر از روش کیفی است. سرانجام سطح ریسک فازی برای رده دارایی ها ۰,۲۶۶۷ و بیشتر از سایر دسته ها نشان داده شد. رده دارایی ها در رتبه اول از نظر سطح ریسک فازی رتبه بندی شده است. اما در دسته بندی های دیگر خروجی ریسک فازی دارایی ها در سطح ریسک پایین تری از مدل قرار داشته است.

برای شهرت شرکت هیچ ریسک بالایی یا متوسط در تاسیسات وجود ندارد و این موضوع از قبل مشخص بود. همانطور که در بخش قبلی گفته شد تاسیسات تقوت فشار گاز آپخش یک شرکت دولتی است و برای این نوع شرکت ها نگرانی برای شهرت وجود ندارد. در این شرکت ها تصادفات و پیامدهای آنها به خوبی منتشر نشده و تیم HAZID باید این ویژگی شرکت را در نظر بگیرد. خروجی ریسک فازی برای شهرت شرکت در تمامی دسته ها با سطح ۰,۱۳۲۷ بوده و در سطح پایین مدل ریسک قرار دارد.

به طور کلی مجموع ریسک فازی به صورت میانگین ۴ خروجی ریسک فازی (پرسنل، محیط زیست، دارایی ها و شهرت شرکت) محاسبه می شود. خروجی ریسک فازی با ارزش ۰,۱۲۳ در سطح پایین مدل ریسک به عنوان خروجی نهایی ریسک فازی در این مطالعه می باشد.

فصل پنجم: خلاصه و نتیجه گیری

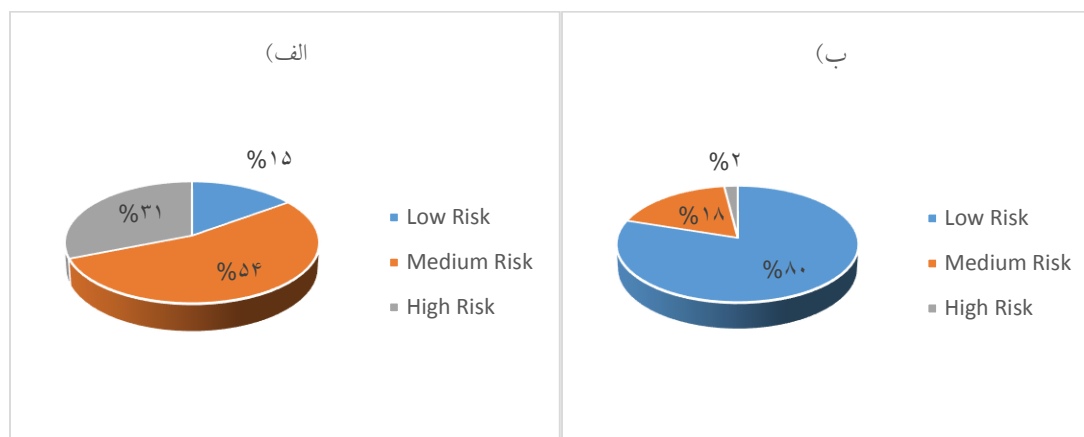
۵-۱ مقدمه

این مطالعه با هدف مدلسازی ریسک برای ارزیابی و اندازه گیری ریسک های کیفی بر اساس روش HAZID انجام شده است. این مطالعه یک مدل تحلیل و رویکرد برای شکل گیری خروجی های ریسک کیفی برای از بین بردن ابهاماتی که در ریسک کیفی ذاتی است و همچنین ارزیابی ریسک کیفی و محاسبه عدد ریسک فازی کلی برای هر دسته (افراد، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت) ارائه می شود.

۵-۲ تحلیل ریسک کیفی برای افراد، محیط، دارایی و شهرت شرکت

نتیجه ارزیابی ریسک برای چهار دسته (افراد، محیط زیست، دارایی و شهرت) نشان داد:

الف) نتایج خروجی ریسک برای افراد نشان می دهد که بدون اقدامات کنترلی ۱۵٪ ریسک کم، ۵۴٪ ریسک متوسط و ۳۱٪ ریسک بالا و نتایج ریسک با اقدامات کنترلی نشان می دهد که ریسک کم ۸۰٪، ریسک متوسط ۱۸٪ و ۲٪ خطر بالا می باشد (نگاه کنید به شکل ۵-۱).

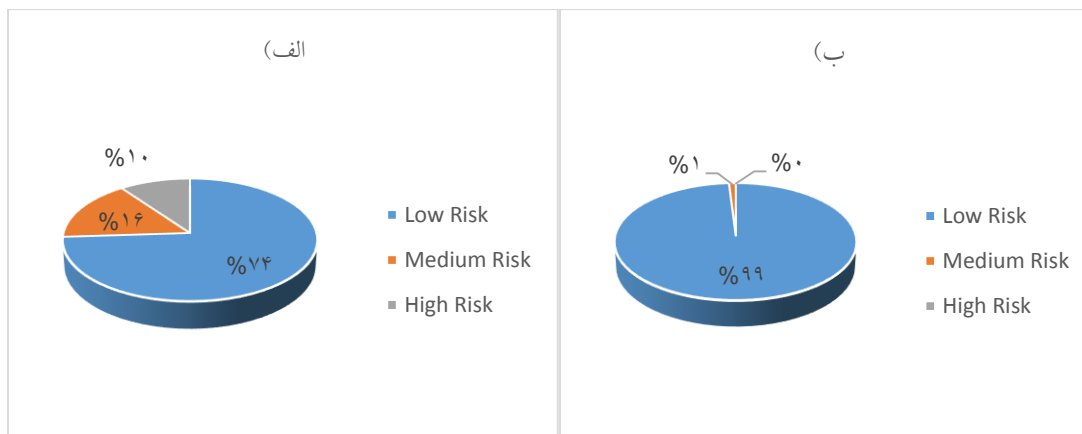


شکل ۵-۱ الف) نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی ب) نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی برای پرسنل

شکل ۵-۱ نشان می دهد که پس از بررسی اقدامات کنترلی، خطرات بالا و خطرات متوسط به ترتیب ۲۹ و ۳۶ درصد کاهش می یابد. این کاهش نشان دهنده اقدامات کنترلی موثر در تأسیسات تقویت فشار گاز

آپخش است. برای ریسک با اقدامات کنترلی، دو ریسک بالا با ارزش ۳E وجود دارد. این خطرات در گره پیگ رسیور برای "میعانات نفتی" و "نفت و هیدروکربن‌های تحت فشار" مورد ارزیابی قرار گرفتند.

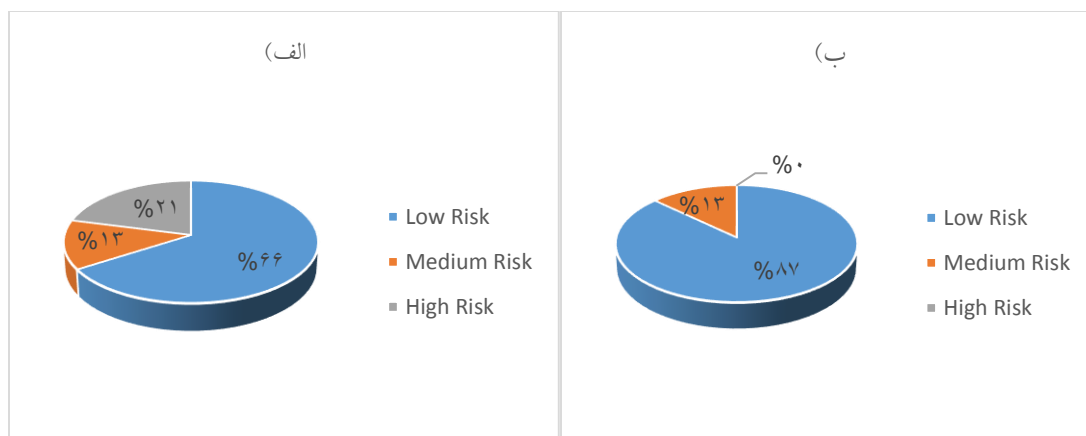
ب) خروجی ریسک برای محیط زیست نشان می‌دهد که بدون اقدامات کنترلی ریسک بالا ۷۴٪، ریسک متوسط ۱۶٪ و ریسک بالا ۱۰٪ است و نتایج ریسک با اقدامات کنترلی نشان می‌دهد که ریسک کم ۹۹٪، ریسک متوسط ۱٪ و ریسک بالا ۰٪ می‌باشد. شکل ۵-۲ نتایج ریسک کیفی محیط زیست را نشان می‌دهد.



شکل ۵-۲ الف) نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی ب) نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی برای محیط زیست

برای ریسک با اقدامات کنترلی هیچ ریسک بالایی وجود ندارد و همچنین ریسک متوسط با اقدامات کنترلی در مقایسه با ریسک بدون اقدامات کنترلی ۱۵٪ کاهش یافته است. بالاترین خطر در گره "لخته گیری" با ارزش ۲D بررسی شده است. تأسیسات تقویت فشار گاز آپخش در منطقه ساحلی خلیج فارس قرار دارد و دارای اکوسیستم‌های حساس دریایی می‌باشد. به همین دلیل، موانع کنترلی موثر در تأسیسات برای جلوگیری از وقوع حوادثی که میتواند باعث آسیب به محیط زیست شود، به کار برده می‌شوند.

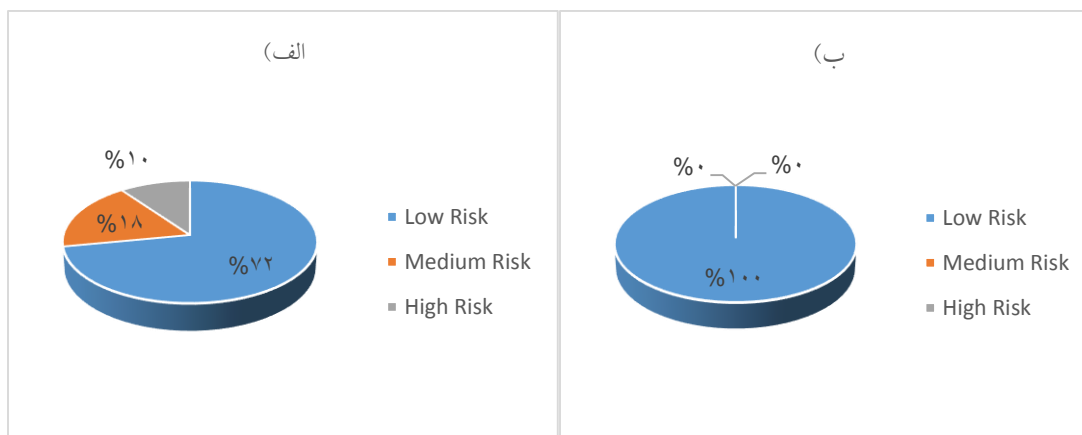
ج) برای مقادیر خروجی ریسک بدون اقدامات کنترلی، ۶۶٪ ریسک کم، ۱۳٪ ریسک متوسط و ۲۱٪ ریسک بالا وجود دارد و نتایج ریسک با اقدامات کنترلی نشان می‌دهد ریسک کم ۸۷٪، ریسک متوسط ۱۳٪ و ریسک بالا ۰٪ می‌باشد (نگاه کنید به شکل ۵-۳).



شکل ۳-۵ (الف) نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی (ب) نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی برای دارایی ها

در رده تجهیزات و دارایی ها بیشترین خطر در ۴ گره، با ارزش ۴ ارزیابی شد. گره ها عبارتند از: "CCV"، "HP سپریتور"، "ساکشن اسکرابر" و "واحد اندازه گیری و خروجی گاز".

(د) ریسک خروجی زیر مجموعه های شهرت شرکت نشان می دهد؛ بدون اقدامات کنترلی ۷۲٪ ریسک کم، ۱۸٪ ریسک متوسط و ۱۰٪ ریسک بالا و نتایج ریسک پس از کنترل نشان می دهد که ریسک کم ۱۰۰٪، ریسک متوسط ۰٪ و ریسک بالا ۰٪ می باشد (نگاه کنید به شکل ۴-۵)



شکل ۴-۵ (الف) نتیجه ریسک کیفی بدون اقدامات کنترلی (ب) نتیجه ریسک کیفی بعد از اقدامات کنترلی برای شهرت

تاسیسات تقویت فشار آبپخش زیر مجموعه شرکت های دولتی می باشد، بنابراین حوادث به طور کامل در رسانه ها منعکس نمی شوند. به همین دلیل حوادث و پیامدهای آن بر شهرت شرکت تاثیر نمی گذارد.

۵-۲ خلاصه

این پایان نامه روشی را از طریق چهار جزء ترکیب می کند. آنها عبارتند از: شناسایی خطرات، ارزیابی ریسک، مدل سازی ریسک و محاسبه سطح ریسک فازی برای خروجی های ریسک کیفی. مطالعه برای هر جزء یک هدف را تشکیل داده است خلاصه ای از اجزای تشکیل شده به شرح زیر است.

الف) نتایج اول هدف، شناسایی خطرات در واحد تقویت فشار گاز آبپخش بود. روش HAZID خطرات کلی شناسایی شده در تاسیسات را در چهار دسته (افراد، محیط زیست، دارایی و شهرت شرکت) تعیین میکند. در مجموع ۹۰ خطر در ۱۵ گره برای ایستگاه تقویت فشار گاز آبپخش مشخص شده است.

حداکثر تعداد فرکانس های خطرات متعلق به "میعانات گازی" و "گاز و هیدروکربن های تحت فشار" با فرکانس ۱۳ و حداقل تعداد خطرات متعلق به "دمای بیش از ۱۵۰ درجه سانتی گراد"، "سیستم اگزوز موتور و توربین"، "تجهیزات دوار"، "SO₂" و "سر و صدای بالا" با فرکانس ۱ می باشد.

با انجام HAZID، مشخص شد که گره "پیگ رسیور" حداکثر تعداد خطر را با ۱۲ خطر ایجاد کرده است و گره "مایع نگه دارنده" ۱ خطر داشته است.

ب) هدف دوم، ارزیابی ریسک کیفی در ایستگاه بود.

- این مطالعه بررسی ریسک قبل از اقدامات کنترلی یا "بدون کنترل" و پس از اقدامات کنترلی یا "با کنترل" را شامل می شود.

- قبل از این که ریسک کنترل شود، High risk ۱۸٪، Moderait risk ۲۵٪ و Low risk ۵۷٪ بود.

- پس از اقدامات کنترلی، ریسک بدست آمده به دلیل کنترل های مناسب به High risk ۱٪، Moderait risk ۷٪ و Low risk ۹۲٪ کاهش یافت.

• برای افراد بیشترین خطر با مقدار E3 در گره پیگ رسیور و برای خطرات "میعانات گازی" و "نفت و گاز تحت فشار" وجود دارد.

• برای محیط زیست، بیشترین ریسک با مقدار 3B برای خطر گاز H₂S و در گره های "ایستگاه زیر" و "چاه تخلیه" وجود دارد.

• برای دارایی بیشترین خطر با ارزش 4C در 4 گره وجود داشت: CCV، کمپرسور، HP سپریتور، ساکشن اسکرابر و اندازه گیری و خروجی گاز، برای خطرات "میعانات گازی" و "نفت و گاز تحت فشار".

ج) ارزیابی ریسک بر مبنای روش HAZID توسعه و مدل سازی شد..

ارزیابی ریسک با استفاده از نظریه مجموعه فازی بر اساس روش HAZID صورت گرفت. تعاریف در شش سطح برای پیامدها و پنج سطح برای احتمال طبقه بندی شدند. مقیاس ها در جلسات با کارشناسان ایستگاه تقویت فشار آپبخش تعیین شد. رویه و رویکرد مدل جایگزینی برای ماتریس ارزیابی کیفی ریسک بود. در این مطالعه، پوشش سه بعدی ریسک یا سطح تولید شده و برای محاسبه ارزش های ریسک استفاده می شوند. مدل محاسبه شده می تواند برای هر داده ای درباره احتمال و پیامد در شرکت استفاده شود. ارزیابی ریسک برای اولویت بندی خطرات و هماهنگی اقدامات کنترلی انجام شد.

د) استفاده از مجموعه های فازی و موتور استنتاج فازی برای رسیدگی به ناهماهنگی غالب در ارتباط بین احتمال و پیامدهای شکست مناسب بود [2].

رویکرد مدل فازی پیشنهادی دارای عملکرد بهتر نسبت به روش های کیفی موجود است و اجازه می دهد تا رتبه بندی ریسک را بر مبنای اندازه گیری یکپارچه انجام دهد.

در مجموع 90 ریسک برای هر دسته (افراد، محیط، دارایی و شهرت شرکت) در ایستگاه تقویت فشار آپبخش مورد ارزیابی قرار گرفت. ریسک فازی به دست آمده خروجی برای پرسنل 0,2313 است که نشان دهنده سطح ریسک پایین می باشد. همچنین برای ریسک فازی دارایی، محیط زیست و شهرت، خروجی به ترتیب 0,1386، 0,266، 0,1327 بود. خروجی های ریسک فازی در محدوده ریسک کم قرار دارند. خروجی ریسک فازی به طور کلی 0,19236 و در محدوده ریسک کم برای چهار دسته است. شاخص ریسک فازی با استفاده از معادله خروجی ریسک فازی (معادله 4,3) محاسبه می شود.

شاخص ریسک فازی یک اپراتور تجمعی متوسط برای این شرکت است. در این مطالعه شاخص ریسک برای ایستگاه تقویت فشار گاز آبپخش محاسبه شد. شاخص ریسک فازی این خروجی ۰,۰۰۱۸ برای پرسنل، ۰,۰۰۱۱ برای محیط زیست، ۰,۰۰۲۱ برای دارایی و ۰,۰۰۱ برای شهرت شرکت بود.

خروجی ریسک فازی مدل فازی، اهمیت پیامد رویدادهای بالا را بیشتر از روش کیفی نشان داد. همچنین رویکرد فازی تمایز بیشتری نسبت به نتایج کیفی و ریاضی دارد.

۵-۳ نتیجه گیری

این مدل به عنوان یک ابزار برای سیاست گذاران شرکت برای پیش بینی تاثیر خطرات و رویدادهای و پیامدهای نسبی آن بر اساس اطلاعات علمی قابل استفاده است. بنابراین با استفاده از این مدل، سیاستگذاران می توانند با شناسایی خطرات، ریسک های حال و آینده را ارزیابی کنند. با استفاده از این مدل، ریسک ها می توانند عددی و تجمع پذیر شوند. ریسک با دو مقدار ورودی (احتمال، پیامد) و یک خروجی مدل سازی شده است. پیامدها از تجربه کارشناسان بدست آمد. دومین ورودی (احتمال) توسط تابع توزیع شکست انجام شد.

بنابراین اطلاعات مورد نیاز جهت تصمیم گیری می تواند با موفقیت بدست آید و به سیاستگذاری شرکت ها کمک کند تا اقدامات کنترلی قوی تر و یا آموزش پرسنل را برای پیشگیری بیشتر تهدیدات، رویدادهای بالا و پیامدهای آن، تدوین کند.

مدیریت این شرکت می تواند این مدل و مقیاس های آن را برای پروژه ارزیابی ریسک آینده خود نیز ارائه دهد، زیرا این مدل پیشنهاد شده کامل است و اطلاعات خروجی بیشتری ارائه می دهد. این در سایر تاسیسات تقویت فشار گاز و بخش های صنعتی قابل استفاده است. با استفاده از این رویکرد، روش های کیفی موجود بهبود می یابد و رتبه بندی ریسک ها براساس اقدامات یکپارچه امکان پذیر میشود. ریسک نهایی مجموعه ای از ریسک های خروجی است.

رویکرد مدل بر اساس روش HAZID بود. نتیجه نهایی نشان داد که ریسک دارایی بیشترین تاثیر را در تأسیسات دارد. این منطقی است زیرا اکثر قسمت های ایستگاه تقویت فشار گاز آبپخش بدون دخالت انسان و توسط سیستم های اتاق کنترل کار میکند و تاثیر رویدادها و پیامدها بر دارایی ها بیشتر از سایر دسته ها (افراد، محیط و شهرت شرکت) می باشد.

۴-۵ محدودیت های مطالعه

محدودیت های متعددی در این مطالعه وجود دارد. یکی از محدودیت های اصلی شناسایی خطر و ارزیابی ریسک بر اساس روش HAZID، عدم وجود اطلاعات تاریخی در ایستگاه تقویت فشار آبپخش بود. هیچ سندی در مورد شناسایی خطر یا ارزیابی ریسک در تأسیسات وجود ندارد. داده های گذشته می تواند در شناسایی بهتر و پیش بینی خطرات و رویدادهای مهم به ارزیابان ریسک کمک کند.

اسناد HAZID باید به نحوی که برای همه پرسنل قابل درک باشد آماده شود. بنابراین اسناد نباید بیش از حد علمی و یا خیلی ساده باشد، باید به گونه ای طراحی شود که برای تمام پرسنل مفید باشد. بهترین راه برای تعیین مقیاس ها داشتن اطلاعات آماری دقیق درباره وقایع، احتمال وقوع و شدت عواقب آن است. اما فقدان اطلاعات، تیم HAZID را مجبور به صرف زمان زیادی برای تصمیم گیری در مورد تعیین مقیاس برای احتمال، پیامدها و ریسک ها کرد.

۵-۵ توصیه ها و تحقیقات آینده

۱. تهیه یک برنامه بر اساس سیستم منطق فازی با قدرت تبدیل خروجی های کیفی به مقدار کمی؛
۲. استفاده از روش HAZID برای شناسایی خطر های آینده و مطالعات ارزیابی ریسک؛
۳. بهبود مقیاس های مورد استفاده در این مطالعه با استفاده از داده های گذشته و اطلاعات آماری؛
۴. محاسبه اثربخشی اقدامات کنترل در کاهش سطح ریسک با توجه به عوامل مالی؛
۵. مدلسازی ماتریس خطر سه بعدی برای تأسیسات تقویت فشار گاز بر اساس ماتریس HAZID؛
۶. کاربرد ریسک فازی بر اساس روش HAZID در سایر صنایع.

- [١] S. T. Birkeland, "Well Integrity of Subsea Wells During Light Well Intervention," *Stud. tech. Master Thesis, NTNU*, ٢٠٠٥.
- [٢] S. M. M. Lavasani, Z. Yang, J. Finlay, and J. Wang, "Fuzzy risk assessment of oil and gas offshore wells," *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. ٨٩, no. ٥, pp. ٢٧٧-٢٩٤, ٢٠١١.
- [٣] G. Chen and T. T. Pham, *Introduction to fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy control systems*. CRC press, ٢٠٠٠.
- [٤] F. I. Khan and S. A. Abbasi, "Techniques and methodologies for risk analysis in chemical process industries," *J. loss Prev. Process Ind.*, vol. ١١, no. ٤, pp. ٢٦١-٢٧٧, ١٩٩٨.
- [٥] T. Kletz, *Learning from accidents*. Routledge, ٢٠٠٧.
- [٦] T. A. Kletz, *HAZOP and HAZAN: identifying and assessing process industry hazards*. IChemE, ٢٠٠١.
- [٧] T. Elsayed, "Fuzzy inference system for the risk assessment of liquefied natural gas carriers during loading/offloading at terminals," *Appl. Ocean Res.*, vol. ٣١, no. ٣, pp. ١٧٩-١٨٥, ٢٠٠٩.
- [٨] P.-K. Marhavilas, D. Koulouriotis, and V. Gemeni, "Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period ٢٠٠٠-٢٠٠٩," *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. ٢٤, no. ٥, pp. ٤٧٧-٥٢٣, ٢٠١١.
- [٩] L. Kotek and M. Tabas, "HAZOP study with qualitative risk analysis for prioritization of corrective and preventive actions," *Procedia Eng.*, vol. ٤٢, pp. ٨٠٨-٨١٥, ٢٠١٢.
- [١٠] L.-D. Radu, "Qualitative, semi-quantitative and, quantitative methods for risk assessment: case of the financial audit," *Analele Stiint. ale Univ. Alexandru Ioan Cuza" din Iasi-Stiinte Econ.*, vol. ٥٦, pp. ٦٤٣-٦٥٧, ٢٠٠٩.
- [١١] D. N. Georgios, N. V Niñitas, and L. A. Maria, "A methodology for rating and ranking hazards in maritime formal safety assessment using fuzzy logic," *Reliab. Theory Appl.*, vol. ٣, no. ٢ (٩), ٢٠٠٨.
- [١٢] J. Wang, "The current status and future aspects in formal ship safety assessment," *Saf. Sci.*, vol. ٣٨, no. ١, pp. ١٩-٣٠, ٢٠٠١.
- [١٣] V. M. Trbojevic and B. J. Carr, "Risk based methodology for safety improvements in ports," *J. Hazard. Mater.*, vol. ٧١, no. ١-٣, pp. ٤٦٧-٤٨٠, ٢٠٠٠.
- [١٤] M. Negnevitsky, *Artificial intelligence: a guide to intelligent systems*. Pearson Education, ٢٠٠٥.
- [١٥] M. Hadjimichael, "A fuzzy expert system for aviation risk assessment," *Expert Syst. Appl.*, vol. ٣٦, no. ٣, pp. ٦٥١٢-٦٥١٩, ٢٠٠٩.
- [١٦] M. Konstandinidou, Z. Nivolianitou, C. Kiranoudis, and N. Markatos, "A fuzzy modeling

- application of CREAM methodology for human reliability analysis,” *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, vol. 91, no. 6, pp. 706–716, 2006.
- [17] L. A. Zadeh, “Fuzzy sets,” *Inf. Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965.
- [18] L. A. Zadeh, “Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes,” *IEEE Trans. Syst. Man. Cybern.*, no. 1, pp. 28–44, 1973.
- [19] S. T. Wierzbach, “The fuzzy systems handbook. A practitioner’s guide to building, using, and maintaining fuzzy systems: by Earl COX; AP Professional; Boston, MA, USA; 1994; xxxix+ 724 pp.; \$49–90; ISBN: 0-12-194270-8.” Pergamon, 1990.
- [20] J. D. Zhang and G. Rong, “Fuzzy possibilistic modeling and sensitivity analysis for optimal fuel gas scheduling in refinery,” *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 23, no. 3, pp. 371–380, 2010.
- [21] H. Bi and H. Si, “Dynamic risk assessment of oil spill scenario for Three Gorges Reservoir in China based on numerical simulation,” *Saf. Sci.*, vol. 50, no. 4, pp. 1112–1118, 2012.
- [22] F. I. Khan and S. A. Abbasi, “Risk analysis of a typical chemical industry using ORA procedure,” *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 14, no. 1, pp. 43–59, 2001.
- [23] A. Brandsæter, “Risk assessment in the offshore industry,” *Saf. Sci.*, vol. 40, no. 1–4, pp. 231–269, 2002.
- [24] S. Rathnayaka, F. Khan, and P. Amyotte, “Accident modeling approach for safety assessment in an LNG processing facility,” *J. loss Prev. Process Ind.*, vol. 20, no. 4, pp. 414–423, 2012.
- [25] M. Moonis, A. J. Wilday, and M. J. Wardman, “Semi-quantitative risk assessment of commercial scale supply chain of hydrogen fuel and implications for industry and society,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 88, no. 2, pp. 97–108, 2010.
- [26] K. Moon, S.-R. Song, J. Ballesio, G. Fitzgerald, and G. Knight, “Fire risk assessment of gas turbine propulsion system for LNG carriers,” *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 22, no. 6, pp. 908–914, 2009.
- [27] N. Paltrinieri, A. Tugnoli, S. Bonvicini, V. Cozzani, and T. Ambientali, “Atypical scenarios identification by the DyPASI procedure: application to LNG,” *Chem. Eng. Trans.*, 2011.
- [28] W. Dekant and T. Colnot, “Endocrine effects of chemicals: aspects of hazard identification and human health risk assessment,” *Toxicol. Lett.*, vol. 223, no. 3, pp. 280–286, 2013.
- [29] B. K. Wong and V. S. Lai, “A survey of the application of fuzzy set theory in production and operations management: 1998–2009,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 129, no. 1, pp. 107–118, 2011.
- [30] S. D. Pohekar and M. Ramachandran, “Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—a review,” *Renew. Sustain. energy Rev.*, vol. 8, no. 4, pp.

۳۶۵-۳۸۱, ۲۰۰۴.

- [۳۱] A. Aydin, "Fuzzy set approaches to classification of rock masses," *Eng. Geol.*, vol. ۷۴, no. ۳-۴, pp. ۲۲۷-۲۴۵, ۲۰۰۴.
- [۳۲] M. Iphar and R. M. Goktan, "An application of fuzzy sets to the Diggability Index Rating Method for surface mine equipment selection," *Int. J. rock Mech. Min. Sci.*, vol. ۴۳, no. ۲, pp. ۲۵۳-۲۶۶, ۲۰۰۶.
- [۳۳] R. Sadiq, T. Husain, B. Veitch, and N. Bose, "Risk-based decision-making for drilling waste discharges using a fuzzy synthetic evaluation technique," *Ocean Eng.*, vol. ۳۱, no. ۱۶, pp. ۱۹۲۹-۱۹۵۳, ۲۰۰۴.
- [۳۴] M. Rezaei, M. Monjezi, and A. Y. Varjani, "Development of a fuzzy model to predict flyrock in surface mining," *Saf. Sci.*, vol. ۴۹, no. ۲, pp. ۲۹۸-۳۰۵, ۲۰۱۱.
- [۳۵] S. Kurnaz, O. Cetin, and O. Kaynak, "Fuzzy logic based approach to design of flight control and navigation tasks for autonomous unmanned aerial vehicles," *J. Intell. Robot. Syst.*, vol. ۵۴, no. ۱-۳, pp. ۲۲۹-۲۴۴, ۲۰۰۹.
- [۳۶] A. S. Markowski, M. S. Mannan, A. Kotynia, and H. Pawlak, "Application of fuzzy logic to explosion risk assessment," *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. ۲۴, no. ۶, pp. ۷۸۰-۷۹۰, ۲۰۱۱.
- [۳۷] A. S. Markowski and M. S. Mannan, "Fuzzy logic for piping risk assessment (pfLOPA)," *J. loss Prev. Process Ind.*, vol. ۲۲, no. ۶, pp. ۹۲۱-۹۲۷, ۲۰۰۹.
- [۳۸] A. S. Markowski, M. S. Mannan, and A. Bigoszezewska, "Fuzzy logic for process safety analysis," *J. loss Prev. Process Ind.*, vol. ۲۲, no. ۶, pp. ۶۹۵-۷۰۲, ۲۰۰۹.
- [۳۹] A. Grassi, R. Gamberini, C. Mora, and B. Rimini, "A fuzzy multi-attribute model for risk evaluation in workplaces," *Saf. Sci.*, vol. ۴۷, no. ۵, pp. ۷۰۷-۷۱۶, ۲۰۰۹.
- [۴۰] A. Jamshidi, A. Yazdani-Chamzini, S. H. Yakhchali, and S. Khaleghi, "Developing a new fuzzy inference system for pipeline risk assessment," *J. loss Prev. Process Ind.*, vol. ۲۶, no. ۱, pp. ۱۹۷-۲۰۸, ۲۰۱۳.
- [۴۱] G. S. Beriha, B. Patnaik, S. S. Mahapatra, and S. Padhee, "Assessment of safety performance in Indian industries using fuzzy approach," *Expert Syst. Appl.*, vol. ۳۹, no. ۳, pp. ۳۳۱۱-۳۳۲۳, ۲۰۱۲.
- [۴۲] K. Mokhtari, J. Ren, C. Roberts, and J. Wang, "Decision support framework for risk management on sea ports and terminals using fuzzy set theory and evidential reasoning approach," *Expert Syst. Appl.*, vol. ۳۹, no. ۵, pp. ۵۰۸۷-۵۱۰۳, ۲۰۱۲.
- [۴۳] P. Li, G. Chen, L. Dai, and Z. Li, "Fuzzy logic-based approach for identifying the risk importance of human error," *Saf. Sci.*, vol. ۴۸, no. ۷, pp. ۹۰۲-۹۱۳, ۲۰۱۰.
- [۴۴] M. Enea and G. Salemi, "Fuzzy approach to the environmental impact evaluation," *Ecol. Modell.*, vol. ۱۳۶, no. ۲-۳, pp. ۱۳۱-۱۴۷, ۲۰۰۱.
- [۴۵] A. Azadeh, I. M. Fam, M. Khoshnoud, and M. Nikafrouz, "Design and implementation of a fuzzy expert system for performance assessment of an integrated health, safety,

environment (HSE) and ergonomics system: The case of a gas refinery,” *Inf. Sci. (Ny)*., vol. ۱۷۸, no. ۲۲, pp. ۴۲۸۰–۴۳۰۰, ۲۰۰۸.

[۴۶] <https://fa.wikipedia.org/wiki/%D%A%D%A%E%/%C%D%BE%D/AE%D%B%۴>, “No Title.” .

[۴۷] <http://www.nigceng.ir/plans/Documents>, “No Title.” .

[۴۸] H. Graf and H. Schmidt-Traub, “Early hazard identification of chemical plants with statechart modelling techniques,” *Saf. Sci.*, vol. ۳۶, no. ۱, pp. ۴۹–۶۷, ۲۰۰۰.

[۴۹] F. Jaderi, “Identification of Sustainability Indicators for Oil and Petrochemical Industries Development in Southwest Coast of Iran.” Universiti Putra Malaysia, ۲۰۱۲.

ABSTRACT

Today, the identification of hazards in coastal and offshore petroleum and petrochemical industries for their sensitive marine ecosystems is always a major concern for petroleum industry management system. In recent years using various methods of prediction, detection and control of hazards to prevent the consequences caused by these hazards is very common in the industries particularly in the petroleum industry. To achieve this objective, in this study we used HAZID methodology. This approach focuses on identifying hazards in the system to determine any factor that can release a hazard, events and their consequences and finally Implementation a qualitative risk assessment were based on a risk matrix. On the other risk and uncertainty are inherent in all projects. To solve this problem we used fuzzy logic, fuzzy logic is the applied method for planning this model. A risk assessment approach using a fuzzy inference system (FIS) is developed in this study.

Key word: risk assessment, Hazard identification, qualitative risk, fuzzy logic, risk modeling.



Energy Institute For Higher Education
Faculty Of Engineering
Department Of Chemical Engineering-HSE
Thesis For
Degree Of Master Of Science(M.Sc)

Title:

**Risk modeling based on hazard identification
(HAZID) method by using fuzzy logic in Abpakh
gas compressor station**

Supervisor:

Dr Adelizadeh

By:

Kamal-e-din Jalil

Winter/۲۰۱۹