

ارائه‌ی چارچوب پشتیبان تصمیم و ارزیابی ریسک پروژه با رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط فازی (مطالعه‌ی موردی)

ابراهیم رضایی نیک* (استادیار)

فهیمة علمی (دانشجوی کارشناسی ارشد)

دانشکده‌ی مهندسی صنایع و مدیریت، دانشگاه صنعتی سجاد

مهندسی صنایع و مدیریت شریف، زمستان ۱۳۹۹ (۶۱-۴۹) دوری (۳۶-۱)، شماره ۲/۲، ص. ۶۱-۴۹

امروزه مدیریت ریسک در انواع زمینه‌ها مورد استقبال مدیران قرار گرفته است. اثرات متقابل ریسک‌ها سبب ایجاد پیچیدگی‌هایی در انتخاب اقدامات پاسخ به ریسک شده است. انتخاب پاسخ مناسب با هدف کاهش حداکثری ریسک‌ها می‌تواند ابزار تصمیم‌گیری کارا در مدیریت ریسک باشد. لذا پژوهش پیش رو برای دستیابی به این هدف، به توسعه‌ی چارچوب پشتیبان تصمیم (DSS) پرداخته است که شامل قسمت شناسایی ریسک و ارزیابی ریسک با رویکرد ترکیبی شبیه‌سازی و تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ی فازی، برنامه‌ی پاسخ به ریسک و پایش و کنترل ریسک در آب‌بندهای خاکی شرکت پالایش گاز شهید هاشمی‌نژاد است که می‌تواند به‌عنوان طرح پیشنهادی برای طراحان DSS در حوزه‌ی تصمیم‌گیری مدیریت ریسک ارائه شود. این مقاله ارزیابی ریسک را در قسمت ارزیابی کیفی ابتدا با روش تجزیه و تحلیل حالات شکست فازی و سپس از تلفیق روش دیمتل و تحلیل سلسله مراتبی توسعه یافته‌ی فازی انجام داده است؛ به‌طوری که اثرات متقابل و شدت وابستگی‌ها محاسبه و از شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای ارزیابی کمی با در نظر گرفتن وابستگی بین ریسک‌ها استفاده کرده است. ارزیابی ۹ ریسک شناسایی شده، بر اساس شبیه‌سازی نشان می‌دهد ریسک بسته شدن لوله‌ی سرریز که در تحلیل کیفی رتبه‌ی چهارم را کسب کرده بود، دارای بالاترین رتبه است.

واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک، سیستم پشتیبان تصمیم، دیمتل فازی، اثرات متقابل ریسک، شبیه‌سازی مونت‌کارلو.

rezaeenik@sadjad.ac.ir
elmi.fahime@yahoo.com

۱. مقدمه

و حساب‌ها روبه‌رو شد. به‌منظور رفع این مشکل اقدام به ساخت دو دهانه آب‌بند به فاصله‌ی حدوداً چهار کیلومتر از یکدیگر در مسیر جنوبی سایت پالایشگاه بدون در نظر گرفتن اصول مهندسی سازه در طراحی، ساخت و اجرا، کرده است. با گذشت زمان و افزایش رسوبات و غلظت آب و کیفیت شیمیایی بسیار نامناسب آب ذخیره شده در آب‌بندها و توجه به خطرات زیست‌محیطی موجود، در صورت شکست این آب‌بندها با توجه به وجود اراضی کشاورزی و دو روستا در پایین‌دست، پرداختن به مدیریت ریسک در این موضوع را ضروری کرده است.^[۱]

از آن‌جا که توسعه‌ی چارچوب‌های پشتیبان تصمیم و استفاده از روش‌های نوین می‌تواند متناسب با زمان و مطالعه‌ی موردی نقش مؤثری در ارتقاء مدیریت ریسک داشته باشد، در این تحقیق ضمن توسعه‌ی چارچوب DSS، مصاحبه با خبرگان برای شناسایی ریسک‌های تهدیدکننده‌ی آب‌بندها و ارزیابی کیفی آن‌ها به روش FMEA^۲ انجام شده است و سپس با تلفیق روش دیمتل و AHP^۴ توسعه یافته فازی به شناسایی روابط علی و معلولی بین ریسک‌ها و محاسبه‌ی

موفقیت هر پروژه، وابسته به نوع مدیریت و میزان تسلط آن بر ریسک‌هاست. هدف پژوهش حاضر بهبود روش ارزیابی ریسک است. اکثر مدیران در هنگام تصمیم‌گیری، به خصوص زمانی که قرار است از بین چند راه حل برای یک مسئله یکی را انتخاب کنند، دچار چالش می‌شوند. در مدیریت ریسک در مرحله‌ی ارزیابی ریسک نیز یک مسئله‌ی تصمیم‌گیری وجود دارد. در این راستا سیستم‌های پشتیبان تصمیم (DSS)،^۱ آگاهی‌های فردی را با قابلیت‌های رایانه‌ی ترکیب می‌کنند تا کیفیت تصمیم‌گیری‌ها ارتقاء یابد.

شرکت پالایش گاز شهید هاشمی‌نژاد از لحاظ زمین‌شناسی، روی رسوبات آبرفتی ریزدانه‌ی متراکم با منشاء^۲ رسی مارنی با نفوذپذیری بسیار کم احداث شده است. لذا پالایشگاه بعد از احداث با مشکل دفع آب‌های حاصل از نزولات جوی

* نویسنده مسئول

تاریخ: دریافت ۱۴/۱۰/۱۳۹۸، اصلاحیه ۱۳۹۹/۶/۱۳، پذیرش ۱۳۹۹/۸/۵

DOI:10.24200/J65.2020.54821.2074

شدت وابستگی‌ها و با شبیه‌سازی مدل حاصل به اولویت‌بندی مجدد پرداخته است.

در ادامه ابتدا مروری بر مبانی نظری و ادبیات موضوع داشته‌ایم و سپس به تبیین روش تحقیق پرداخته‌ایم. در بخش چهارم نیز نتایج عددی بر روی مطالعه‌ی موردی آب‌بندهای خاکی پالایشگاه شهید هاشمی‌نژاد بررسی شده است. در نهایت در بخش پنجم به نتیجه‌گیری و پیشنهادهای آتی پرداخته شده است.

۲. مبانی نظری و ادبیات موضوع

در این بخش ابتدا به بیان مفهوم ریسک و عدم قطعیت می‌پردازیم و سپس بعد از مروری اجمالی بر تعاریف و مفاهیم مورد نیاز، به بررسی چارچوب‌های پشتیبان تصمیم و هریک از بخش‌های مدیریت ریسک خواهیم پرداخت.

۱.۲. ریسک و عدم قطعیت

طبق تعریف راهنمای گسترده‌ی دانش مدیریت پروژه (۱۷، ۲۰)، «ریسک» عبارت است از رخدادی غیرقطعی که در صورت وقوع بر یک یا چند هدف پروژه تأثیر مثبت یا منفی می‌گذارد. در PRAM^۵ ریسک به عنوان «مجموعه‌ی از رویدادهای غیرقطعی که در صورت وقوع بر اهداف پروژه تأثیر دارند» تعریف شده است. در هر دو تعریف ریسک بر مبنای عدم قطعیت بیان می‌شود ولی واژه‌ی عدم قطعیت تشریح نشده است. مطابق تعاریف فوق می‌توان ارتباط عدم قطعیت و ریسک را رابطه‌ی علت و معلول دانست. ریسک رویدادی است که با احتمال معین یا قابل تعیین مشخص می‌شود ولی عدم قطعیت در ارتباط با رویدادهایی است که تعیین احتمال عددی برای آنها ممکن نیست.^[۱] لذا می‌توان نتیجه گرفت ریسک‌ها قطعی و مشخص‌اند. مدیر پروژه می‌تواند در خصوص رویدادهای مخاطره‌آمیز بالقوه فکر کند و محاسبات پیش‌گیرانه انجام دهد. اما در مقابل، عدم قطعیت، رویداد یا وضعیتی است که انتظار نمی‌رود اتفاق بیفتد هر چند از ابتدای پروژه بتوان آن را در نظر گرفت.

۲.۲. سیستم پشتیبان تصمیم

در اوایل سال ۱۹۷۰ اسکات مورتن برای نخستین بار مفهوم سیستم پشتیبان تصمیم را چنین بیان کرد: «سیستم‌های مبتنی بر رایانه که با استفاده از داده‌ها و مدل‌ها، مسائل ساختار نیافته را حل می‌کنند». تعریف دیگر DSS به وسیله‌ی کین و اسکات مورتن ارائه شده است: «سیستم‌های تصمیم‌یار منابع هوشمند انسانی را با توانایی‌های رایانه برای بهبود بخشیدن کیفیت تصمیمات ترکیب می‌کنند، آن‌ها تصمیم‌گیری‌های مدیریتی هستند که به مسائل نیمه‌ساخت یافته می‌پردازند».^[۲] در تعریف دیگر، DSS سیستمی است که با استفاده از منابع انسانی و قابلیت‌های رایانه، مدیر را در حل مسائل پیچیده (مسائل ساختار نیافته و نیمه‌ساخت یافته) کمک می‌کند و کیفیت تصمیم را بهبود می‌بخشد. این سیستم از کنار هم قرار دادن چهار جزء مدیریت داده، مدیریت مدل، دانش و رابط کاربر حاصل می‌شود. هریک از عناصر یاد شده به وسیله‌ی یک نرم‌افزار مدیریت می‌شود. این نرم‌افزار ممکن است موجود باشد یا این که باید به آن منظور برنامه‌نویسی شود.^[۳] سیستم‌های پشتیبان تصمیم مختلفی، در زمینه‌ی فرایند مدیریت ریسک ارائه شده‌اند که به برخی از آنها اشاره می‌شود: سیستم ۱ - ICRAM که نگرشی ساخت یافته را برای ارزیابی شاخص‌های ریسک در پروژه‌های ساخت بین‌المللی ارائه می‌دهد.^[۴]

جان و دیگران یک چارچوب تصمیم‌گیری چندمعیاره برای مدیریت ریسک‌های مالی سبک پروژه‌های سازمان ارائه کردند.^[۵]

دیکن و بیرگونال روشی برای کمی‌سازی ریسک‌های پروژه با استفاده از شیوه‌ی AHP ارائه کردند. آن‌ها بر اساس مدل شبکه‌های عصبی، یک سیستم پشتیبان تصمیم نیز ارائه کردند که پروژه‌ها را با توجه به جذابیت‌ها و مزایای رقابتی‌شان طبقه‌بندی می‌کند.^[۶]

مختاری و دیگران برای پاسخ‌دهی به عدم قطعیت‌ها و اطمینان از کنترل مستمر ریسک در صنعت بندر، از نظریه‌ی مجموعه‌ی فازی برای تشریح و ارزیابی عوامل ریسک استفاده کردند. آنها یک چارچوب پشتیبان تصمیم ایجاد کردند که برای ارزیابی ریسک‌های بندر یا ترمینال‌ها در جهت کمک به استراتژی‌های بهبود مستمر مورد استفاده قرار می‌گیرد.^[۸]

هنگ و لی یک سیستم پشتیبان تصمیم برای مدلسازی ریسک فرایندهای تدارکات و طراحی یک برنامه‌ی خرید شامل انتخاب تأمین‌کننده و تخصیص سفارش ارائه کردند. در این تحقیق الگوریتم شبیه‌سازی مونت کارلو برای کمی کردن ریسک‌های تأمین‌کنندگان مورد استفاده قرار گرفت.^[۹]

سینی و دیگران مدل یکپارچه‌ی ارزیابی عملکرد و آنالیز ریسک را در قالب یک سیستم پشتیبانی تصمیم مدل محور، در دو مرحله‌ی برنامه‌ریزی و اجرای پروژه توسعه داده‌اند.^[۱۰]

فانگ و مارل یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری برای مدیریت ریسک‌های پروژه و تعاملات بین ریسک‌ها ارائه کردند. آنها چارچوب یکپارچه‌ی شامل شناسایی، ارزیابی و تحلیل شبکه‌ی ریسک توسعه دادند.^[۱۱]

در بررسی‌های صورت گرفته روشن شد که در سیستم‌های پشتیبان تصمیم ارائه شده در حوزه‌ی این تحقیق سیستمی که تمام مراحل مدیریت ریسک را در یک پروژه بررسی کند، وجود ندارد. لذا این پژوهش چارچوب DSS ارائه شده توسط فانگ و مال^[۱۱] را در قسمت ارزیابی ریسک توسعه داده و در مطالعه‌ی موردی استفاده کرده است. در این پژوهش ارزیابی کیفی ابتدا با روش تجزیه و تحلیل حالات شکست فازی و سپس از تلفیق روش دیمتل و تحلیل سلسله‌مراتبی توسعه یافته‌ی فازی انجام شد به طوری که اثرات متقابل و شدت وابستگی‌ها محاسبه شده و از شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای ارزیابی کمی ریسک‌ها با در نظر گرفتن وابستگی بین ریسک‌ها استفاده شده است. در نهایت چارچوبی مطابق با جدیدترین نسخه‌ی فرایند مدیریت ریسک در استاندارد ۲۰۱۷ PM ارائه می‌کند که کلیه‌ی مراحل مدیریت ریسک را پشتیبانی می‌کند. در قسمت روش تحقیق نوآوری هر قسمت در مقایسه با مقاله‌ی فانگ و مارل^[۱۱] ذکر شده است.

۳.۲. ارزیابی ریسک

علم مدیریت ریسک در دوره‌ی رنسانس و در قرن شانزدهم میلادی مطرح شد. از سال ۱۹۹۰ میلادی مدل‌های مختلف مدیریت ریسک پروژه‌ها ارائه شده است. جدیدترین مدل ارائه شده مربوط به استاندارد ۲۰۱۷ PMBOK است. بر اساس این استاندارد مدیریت ریسک فرایندی نظام‌مند است که با هدف افزایش اثرات ریسک‌های مثبت (فرصت) و کاهش اثرات ریسک‌های منفی (تهدید) تدوین و پیاده‌سازی می‌شود. مدیریت ریسک شامل فرایندهای تهیه‌ی برنامه‌ی مدیریت ریسک، شناسایی ریسک، تحلیل کیفی ریسک، تحلیل کمی ریسک، برنامه‌ی پاسخ به ریسک، اجرای پاسخ‌های ریسک و برنامه‌ی کنترل و پیگیری ریسک است. در یک تقسیم‌بندی عام فرایند مدیریت ریسک به دو مرحله‌ی اصلی ارزیابی ریسک‌ها

از روش دیمتل فازی وابستگی بین ریسک‌ها را شناسایی کند و با تکنیک AHP توسعه یافته‌ی فازی شدت وابستگی بین ریسک‌ها را اندازه‌گیری کند؛ سپس به منظور ارزیابی کمی به شبیه‌سازی مدل شبکه‌ی ریسک به روش مونت‌کارلو پردازد و ارزیابی مجدد ریسک‌ها انجام شود. در مرحله‌ی اول وابستگی بین ریسک‌ها شناسایی و شدت وابستگی‌ها را اندازه‌گیری کرده و سپس با رسم مدل شبکه، ریسک مبتنی بر تعاملات و شبیه‌سازی در محیط نرم افزار ARENA محدودیت‌های موجود در رابطه‌ی با پیچیدگی مدل‌سازی را مورد توجه قرار می‌دهد. به این ترتیب به ارزیابی و اولویت‌بندی ریسک‌ها بر اساس مدل شبیه‌سازی شده می‌پردازد.

۳. روش تحقیق

روش تحقیق پژوهش حاضر یک روش تحلیلی است. چنان‌که در مقدمه ذکر شد با توجه به مسائلی چون محدودیت‌های فکری بشر در پردازش و ذخیره‌سازی، محدودیت‌های دانش مورد نیاز و مشکلات هزینه‌ی و فنی همچنین نیاز به افزایش سطح کیفی تصمیمات، نیاز به سیستم پشتیبان تصمیم در مدیریت ریسک بیش از پیش احساس می‌شود. در این پژوهش ضمن توسعه‌ی چارچوب پشتیبان تصمیم ارائه شده توسط فانگ و مارل^[۱۱] با بهره‌گیری از روش AHP توسعه یافته شده توسط مارل و دیگران^[۱۹] وابستگی ریسک‌ها در حالت فازی ارزیابی شده است. وابستگی ریسک‌ها در مرحله‌ی شناسایی و ارزیابی در نظر گرفته شده است و با رسم مدل شبکه‌ی ریسک و انجام شبیه‌سازی مونت‌کارلو به ارزیابی کمی پرداخته شده است. شبیه‌سازی در چارچوب پشتیبان تصمیم به گونه‌ی در نظر گرفته شده که تا رسیدن به بهترین اقدام پاسخ به ریسک از تصمیم‌گیرنده حمایت کند. شکل ۱ بیانگر چارچوب پشتیبان تصمیم است.

در این چارچوب مرحله‌ی اجرای اقدامات پاسخ مطابق استاندارد ۲۰۱۷ PMBOK، بعد از برنامه‌ی پاسخ به ریسک اضافه شده است. چارچوب مدل سیستم پشتیبان تصمیم مدیریت ریسک شش مرحله است: ۱. شناسایی شبکه‌ی ریسک؛ ۲. ارزیابی شبکه‌ی ریسک؛ ۳. تجزیه و تحلیل شبکه‌ی ریسک؛ ۴. برنامه‌ریزی پاسخ ریسک؛ ۵. اجرای اقدامات پاسخ به ریسک و ۶. نظارت و پایش ریسک.

در مرحله‌ی ۱، ریسک‌های احتمالی با روش‌هایی چون مصاحبه، پرسشنامه، بررسی مستندات و ... شناسایی می‌شوند. خروجی این مرحله لیستی از ریسک‌های پروژه است که به‌عنوان ورودی برای بررسی و شناسایی وابستگی ریسک‌ها برای ساخت مدل شبکه‌ی ریسک در نظر گرفته می‌شود. در پژوهش حاضر از روش دیمتل فازی به این منظور استفاده شده است.

مرحله‌ی ۲ به ارزیابی ریسک‌ها و وابستگی آنها اختصاص دارد. فانگ و مارل ریسک‌های شناسایی شده را با روش جدول ارزیابی احتمال تأثیر مورد ارزیابی قرار داده‌اند و علاوه بر این برای فاکتور احتمال وقوع مقادیر کیفی را به کمی تبدیل کرده و حاصل را به‌عنوان احتمال وقوع ریسک‌ها با منشاء خارج از شبکه‌ی ریسک یا احتمال خودبه‌خودی معرفی کرده است.^[۱۱] در این پژوهش از روش FMEA فازی به دلیل در نظر گرفتن عامل قابلیت کشف، برای ارزیابی ریسک‌ها بهره گرفته شده است. سپس شدت وابستگی ریسک‌ها با استفاده از فازی شده‌ی روش مبتنی بر AHP توسعه یافته‌ی مدل Marle و دیگران^[۱۹] محاسبه می‌شود که به‌عنوان احتمال انتقال بین ریسک‌ها در نظر گرفته می‌شود. بدین صورت علاوه بر ریسک‌ها، وابستگی بین ریسک‌ها نیز ارزیابی می‌شوند و مدل شبکه‌ی ریسک ایجاد می‌شود. این شبکه

شامل شناسایی و تحلیل ریسک و پاسخگویی به آنها قابل تقسیم است. فرایند مدیریت ریسک مؤثر، با ارزیابی ریسک‌ها شروع می‌شود و بدون انجام این مرحله‌ی مدیریت ریسک امکان‌پذیر نیست.^[۱۲] با توجه به مطالعات انجام شده در حوزه‌ی ارزیابی ریسک، مقالات مطالعه شده به ترتیب سیر تاریخی جمع‌بندی شده‌اند تا بتوان با نگاهی جامع روند استفاده از ابزارهای مختلف در هر مرحله را مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

با توجه به برخی مطالعات صورت گرفته در حوزه‌ی شناسایی که در جدول ۱ ذکر شده است می‌توان نتیجه گرفت بیشترین روش استفاده شده روش مصاحبه بوده و روش بعدی طراحی پرسشنامه و بررسی مستندات بوده است؛ البته باید توجه داشت که نمی‌توان راه و روش کامل و مطلق در زمینه‌ی شناسایی ریسک مشخص کرد و روش شناسایی با اهداف و نوع پروژه متناسب است.^[۱۳]

همچنین در مرحله‌ی ارزیابی ریسک نیز از بین مقالات مورد مطالعه، ۱۶ مورد تنها از طریق تحلیل کیفی به اولویت‌بندی ریسک‌ها پرداخته‌اند (جدول ۲). بیشترین روش استفاده شده همراه با نظریه‌ی فازی و با استفاده از روش FMEA بوده است؛ این موضوع نشان می‌دهد که بیشتر مقالات به ماهیت غیرقطعی بودن ریسک توجه داشتند.

در هفت مورد مطالعه‌ی ذکر شده در جدول ۳ نیز اولویت‌بندی ریسک‌ها با روش تحلیل کمی انجام شده است. با توجه به رویکرد کلی ارزیابی ریسک‌ها، که در نظر گرفتن وابستگی‌هایی چون اثرات متقابل و هم‌رخدادی ریسک‌ها در محیط عدم قطعیت است و افزایش پیچیدگی مسائل با وجود حلقه‌های تقویت‌کننده در روابط ریسک‌ها و ماهیت احتمالی بودن متغیرها، رویکرد مقالات به سمت استفاده از روش‌های شبیه‌سازی میل کرده است.

مدل‌های شبیه‌سازی، سیستم‌های دنیای واقعی را با جزئیاتی بیشتر از مسائل بهینه‌سازی مدل می‌کنند. با هر بار اجرای مدل شبیه‌سازی شده به سؤالاتی از قبیل «چه می‌شود اگر ...؟» پاسخ داده می‌شود. از این مدل‌ها زمانی استفاده می‌شود که اجرای آزمایشات واقعی پرهزینه و زمان‌بر باشد یا اصلاً قابل اجرا نباشد. برای رسیدن به نتایج قابل اعتماد مدل شبیه‌سازی شده باید بارها و بارها اجرا شود. در مدل‌های شبیه‌سازی می‌توان با اجرای سناریوهای مختلف و تحلیل نتایج، بهترین سناریو را انتخاب کرد. مزیت این روش حصول نتایج بسیار نزدیک به واقعیت در محیط‌های رقابتی است.

پژوهش حاضر در نظر دارد با هدف ارزیابی دقیق‌تر و با در نظر گرفتن اثرات متقابل ریسک‌ها، ضمن انجام تحلیل کیفی با روش FMEA فازی، با استفاده

جدول ۱. مقالات حوزه‌شناسی ریسک.

نویسنده	بررسی مستندات	جمع‌آوری اطلاعات		چک‌لیست
		روش دلفی	مصاحبه پرسش‌نامه	
[۱۴]			*	
[۱۵]	*		*	
[۱۶]	*	*		
[۱۷]	*		*	*
[۱۳]			*	
[۱۸]	*		*	
[۱۹]			*	
[۲۰]			*	*
[۲۱]			*	

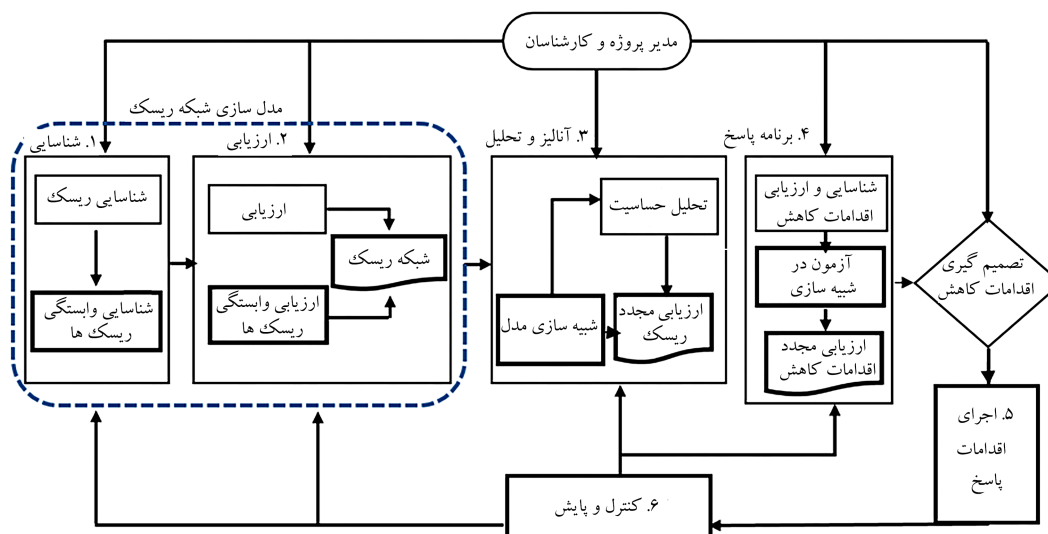
جدول ۰.۲. ارزیابی کیفی ریسک.

دیگر	روش های تصمیم گیری				نظریه ی فازی	نویسنده
	ANP	FMEA	TOPSIS	AHP		
		*			*	[۲۲]
لحاظ وابستگی معیارها و زیرمعیارها	*		*		*	[۱۲]
ترکیب دیمتل و AHP				*	*	[۲۳]
		*			*	[۲۴]
		*			*	[۲۵]
		*			*	[۲۶]
				*	*	[۲۷]
FLINMAP			*		*	[۲۸]
			*		*	[۲۹]
				*	*	[۳۰]
				*	*	[۳۱]
ارائه مدل فازی جدید		*			*	[۳۲]
لحاظ وابستگی بین معیارها	*			*	*	[۳۳]
لحاظ اثرات متقابل ریسکها				*	*	[۲۰]
		*			*	[۳۴]
			*		*	[۳۵]

جدول ۰.۳. ارزیابی کمی ریسک.

دیگر	نظریه مطلوبیت	تحلیل حساسیت	شبیه سازی	EMV ^۱	نویسنده
مونت کارلو			*		[۳۶]
مونت کارلو، فازی			*		[۳۷]
	*				[۳۸]
	*				[۳۹]
پیشامدگسسته			*		[۱۱]
مجموع وزین				*	[۴۰]
مونت کارلو		*	*		[۴۱]

^۱Expected Monetary value



شکل ۰.۱. چارچوب پشتیبان تصمیم.

لوله سرریز (R_۵)؛ ۶. فرسایش خاک (R_۶)؛ ۷. زمین لغزش (R_۷)؛ ۸. زمین لرزه (R_۸)؛ ۹. حیوانات حفار (R_۹).

۳.۳. دیمتل فازی

برای شناسایی تعاملات و وابستگی‌های بین ریسک‌ها از روش دیمتل فازی بهره گرفته شد. هدف این تکنیک ارزیابی عوامل پژوهش از نظر روابط علی است. لذا با استفاده از روش دیمتل فازی، روابط تأثیرگذاری و تأثیرپذیری ۹ ریسک بر یکدیگر از لحاظ احتمال وقوع و تأثیر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. نتایج دیمتل فازی ریسک‌ها طی انجام گام‌های زیر حاصل شده است.^[۲۳]

گام ۱. محاسبه‌ی ماتریس ارتباط مستقیم. از پاسخ‌دهندگان خواسته می‌شود تا میزان تأثیرگذاری ریسک i بر ریسک j را با استفاده از جدول ۵ تعیین کنند. برای در نظر گرفتن نظر همه خبرگان از روش ساده میانگین حسابی فازی استفاده شده و ماتریس ارتباط مستقیم تشکیل می‌شود.

p تعداد خبرگان و $\tilde{x}^1, \dots, \tilde{x}^p$ به ترتیب ماتریس مقایسه زوجی خبره ۱، خبره ۲ تا خبره p است و \tilde{z} عدد فازی مثلثی به صورت $\tilde{z}_{ij} = (l'_{ij}, m'_{ij}, u'_{ij})$ است؛

$$\tilde{z} = \frac{\tilde{x}^1 \oplus \tilde{x}^2 \oplus \dots \oplus \tilde{x}^p}{p} \quad (۱)$$

گام ۲. نرمال سازی ماتریس ارتباط مستقیم. ماتریس میانگین را نرمال کرده و آن را ماتریس H می‌نامند. برای به‌هنگار کردن ماتریس ارتباط مستقیم تمامی درایه‌های ماتریس بر r تقسیم می‌شود. r بیشترین مقدار مجموع کران بالای اعداد فازی هر سطر ماتریس ارتباط مستقیم است؛

$$\tilde{H}_{ij} = \frac{\tilde{z}_{ij}}{r} = \left(\frac{l'_{ij}}{r}, \frac{m'_{ij}}{r}, \frac{u'_{ij}}{r} \right) = (l''_{ij}, m''_{ij}, u''_{ij}) \quad (۲)$$

$$r = \max_{1 \leq i \leq n} \left(\sum_{j=1}^n u'_{ij} \right) \quad (۳)$$

گام ۳. محاسبه‌ی ماتریس ارتباط کامل معیارها (TC)، ابتدا یک ماتریس همانی تشکیل داده می‌شود سپس منهای ماتریس H_l, H_m, H_u شده، ماتریس حاصل معکوس شده و مطابق روابط زیر در ماتریس نرمال شده ضرب می‌شود.

ماتریس H_l تشکیل شده از عددهای کران پایین، H_m از عددهای میانی و H_u ماتریس تشکیل شده از عددهای کران بالای اعداد فازی مثلثی است. بعد انجام محاسبات ذکر شده مجدد عددهای مربوط به عدد فازی مثلثی در کنار هم قرار گرفته و ماتریس T (ماتریس روابط کل فازی) را شکل می‌دهد. که هر درایه‌ی

جدول ۵. طیف اعداد فازی.

متغیر	معادل قطعی	معادل فازی
بدون تأثیر	۰	(۰, ۰, ۰/۲۵)
تأثیر کم	۱	(۰, ۰/۲۵, ۰/۵)
تأثیر متوسط	۲	(۰/۲۵, ۰/۵, ۰/۷۵)
تأثیر زیاد	۳	(۰/۵, ۰/۷۵, ۱)
تأثیر خیلی زیاد	۴	(۰/۷۵, ۱, ۱)

شامل احتمال وقوع ریسک‌ها و احتمال انتقال از یک ریسک به ریسک دیگر است.

در مرحله‌ی ۳ شبکه‌ی ریسک شبیه‌سازی می‌شود و رفتار انتشار ریسک مورد بررسی قرار می‌گیرد. در نتیجه، ریسک‌ها با توجه به وابستگی بین آنها توسط دو فاکتور تناوب تکرار یا فرکانس وقوع و پیامدهای ریسک با اثرات ریسک دوباره ارزیابی می‌شوند. تحلیل حساسیت نیز برای افزایش قابلیت اطمینان فاز تحلیل شبکه‌ی ریسک در این مرحله انجام می‌شود.

مرحله‌ی ۴ برنامه‌ریزی پاسخگویی به ریسک است که شامل گام‌های ذیل است: الف) شناسایی اقدامات کاهش ریسک بر اساس نتایج تحلیلی فاز قبل انجام خواهد گرفت؛ ب) در مدل شبیه‌سازی اقدامات شناسایی شده برای برآورد اثرات آنها بر روی هدف مشخص مورد آزمایش قرار می‌گیرد؛ ج) اقدامات کاهش ریسک با توجه به اثرات، مجدد ارزیابی می‌شوند، سپس مدیر پروژه می‌تواند با مشاهده نتایج، تصمیمات مربوط به اقدامات پیشنهاد شده توسط سیستم را تصویب کند. در نهایت، بر تحول در شبکه‌ی ریسک نظارت می‌شود و اثربخشی اقدامات مورد بررسی قرار می‌گیرد تا پروژه کنترل شود.

مرحله‌ی ۵ مربوط به اجرای اقدامات پاسخ به ریسک است در این مرحله اقدام برگزیده اجرا و نتایج در سیستم ثبت می‌شود.

مرحله‌ی ۶ نظارت و کنترل بازخورد را برای مراحل قبلی فراهم می‌کند و اصلاح و بهبود نتایج آنها را ممکن می‌کند. این سیستم پشتیبان تصمیم برای مدیریت ریسک پروژه به عنوان ابزاری برای تصمیم‌سازی استفاده می‌شود. بدیهی است تصمیم‌گیرندگان (معمولاً مدیر پروژه و تیم کارشناسان) مجاز به تکمیل و اصلاح پیشنهادهای مدیریتی سیستم هستند.

۱.۳. تشکیل تیم ارزیابی

در این تحقیق، جامعه‌ی آماری شامل متخصصین فعال در زمینه‌ی مدیریت ریسک بوده و نمونه‌گیری به صورت غیرتصادفی انجام شده است. ملاک اصلی انتخاب خبره، سابقه‌ی کار و آشنایی با منطقه‌ی سرخس و ارزیابی ریسک سازه‌های آبی است. لذا با توجه به محدودیت‌های موجود در دستیابی به خبرگان با شرایط لازم، برای انتخاب خبره از روش نمونه‌گیری هدفمند^[۲۴] استفاده شد تا در حد امکان ویژگی‌های جامعه واقعی را داشته باشد. لذا سه تن از متخصصین رشته مهندسی زمین‌شناسی که آشنایی لازم و تجربه کاری و پژوهشی در منطقه را داشتند انتخاب شدند. جدول ۴ برخی ویژگی تیم ارزیابی را نشان می‌دهد.

۲.۳. شناسایی ریسک

با بررسی مستندات و مصاحبه، ۹ ریسک شناسایی شدند. ۱. ریزش‌های جوی از نوع باران‌های با شدت بالا و طولانی‌مدت (R_۱)؛ ۲. نفوذ آب به داخل تاج آب‌بندها (R_۲)؛ ۳. وقوع سیلاب (R_۳)؛ ۴. عوامل انسانی (R_۴)؛ ۵. بسته شدن

جدول ۴. مشخصات تیم ارزیابی.

مرتبه علمی	تجربه	تحصیلات	زمینه‌کاری
E _۱ استاد	≤ ۳۰ سال	دکتر	استاد دانشگاه
E _۲ استاد	≤ ۳۰ سال	دکتر	استاد دانشگاه
E _۳ -	≤ ۱۵ سال	دکتر	کارشناس ناظر

جدول ۶. طیف فازی روش FMEA فازی.

معدال فازی	معدال قطعی	شدت اثر	احتمال وقوع	قابلیت کشف
(۹, ۱۰, ۱۰)	۱۰	خطرناک - بدون هشدار	فوق العاده زیاد (۱ ≤ در ۲)	تقریباً غیر قطعی
(۸, ۹, ۱۰)	۹	خطرناک - با هشدار	خیلی زیاد (۱ در ۳)	خیلی بعید
(۷, ۸, ۹)	۸	خیلی زیاد	نقص‌های تکراری (۱ در ۸)	بعید
(۶, ۷, ۸)	۷	زیاد	زیاد (۱ در ۲۰)	خیلی کم
(۵, ۶, ۷)	۶	متوسط	نسبتاً زیاد (۱ در ۸۰)	کم
(۴, ۵, ۶)	۵	کم	متوسط (۱ در ۴۰۰)	متوسط
(۳, ۴, ۵)	۴	خیلی کم	نسبتاً کم (۱ در ۲۰۰۰)	نسبتاً زیاد
(۲, ۳, ۴)	۳	آثار جزئی	کم (۱ در ۱۵۰۰۰)	زیاد
(۱, ۲, ۳)	۲	خیلی جزئی	بعید (۱ در ۱۵۰۰۰۰)	خیلی زیاد
(۰, ۱, ۱)	۱	هیچ	تقریباً غیرممکن (۱ ≥ در ۱۵۰۰۰۰)	تقریباً قطعی

۴.۳. ارزیابی ریسک‌ها به روش FMEA

تجزیه و تحلیل ریسک و اثرات آن FMEA نامیده می‌شود. این شیوه که برای اولین بار در ارتش آمریکا مورد استفاده قرار گرفته، تحلیلی است که می‌کوشد تا حد ممکن خطرات بالقوه‌ی موجود در محدوده‌ی که در آن ارزیابی ریسک انجام می‌شود و همچنین علل و اثرات مرتبط با آن را شناسایی و رتبه‌بندی کند. این رتبه‌بندی از طریق حاصل ضرب سه عامل احتمال وقوع و شدت اثر و قابلیت کشف محاسبه می‌شود که آن را عدد اولویت ریسک (RPN) می‌نامند.^[۲۴]

طبق روش کیان‌فرو دیگران برای اولویت‌بندی عوامل مؤثر در RPN، چهارگام تعریف شده: ۱. تخصیص یک متغیر زبانی به هر یک از عوامل عدد ریسک‌پذیری؛ ۲. تعریف هر متغیر زبانی به صورت یک عدد فازی مثلثی؛ ۳. ضرب عوامل ریسک‌پذیری به صورت فازی و به دست آوردن RPN فازی؛ ۴. غیرفازی کردن عدد RPN و اولویت‌بندی علل.^[۲۵]

مطابق روش، پرسش‌نامه برای سه خیره آماده و مطابق جدول ۶ تکمیل شد و میانگین نظرات جهت رسیدن به RPN نهایی محاسبه شد که حاصل ضرب فازی سه عدد نرخ وخامت (S) احتمال وقوع (O) و قابلیت کشف (D) است که در رابطه‌ی ۱۰ نشان داده شده است:

RPN

$$= Severity * occurrence$$

*Detection

$$= (l_1, m_1, u_1) * (l_2, m_2, u_2)$$

$$* (l_3, m_3, u_3)$$

$$= (l_1 l_2 l_3, m_1 m_2 m_3, u_1 u_2 u_3) \quad (10)$$

مزیت این روش در قابل فهم بودن و پیچیده نبودن محاسبات است. برای غیر فازی کردن عدد RPN، نیز از روش امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی استفاده کرده‌اند.

روش امتیازدهی به چپ و راست عدد فازی برای تابع عضویت پیوسته استفاده می‌شود. در این روش امتیاز قطعی یک عدد فازی از مقدار امتیازات چپ و راست عدد فازی F به دست می‌آید. اگر فرض شود یک مجموعه فازی مثلثی تحت عنوان $F = (\alpha, m, \beta)$ باشد. تابع عضویت عدد فازی F به صورت رابطه‌ی ۱۱

آن عدد فازی $\tilde{t}_{ij} = (l_{ij}^t, m_{ij}^t, u_{ij}^t)$ است:

$$[l_{ij}^t] = H_l \times (I - H_l)^{-1} \quad (4)$$

$$[m_{ij}^t] = H_m \times (I - H_m)^{-1} \quad (5)$$

$$[u_{ij}^t] = H_u \times (I - H_u)^{-1} \quad (6)$$

گام ۴. محاسبه‌ی شدت و جهت تأثیر. در این گام مجموع سطرها و ستون‌های ماتریس T محاسبه می‌شود. شاخص \tilde{D}_i بیان‌گر مجموع سطر iام و شاخص \tilde{R}_j بیان‌گر مجموع ستون jام از ماتریس ارتباطات کامل (T) است. ترسیم و تحلیل نمودار به دو شاخص شدت اثرگذاری و اثرپذیری و جهت تأثیر نیاز دارد. که با استفاده از \tilde{D} و \tilde{R} به دست می‌آیند. \tilde{D} و \tilde{R} به ترتیب ماتریس $n \times 1$ و $1 \times n$ هستند. برای هر $i = j$ خواهیم داشت:

$$\tilde{D} = (\tilde{D}_i)_{n \times 1} = \left[\sum_{i=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{n \times 1} \quad (7)$$

$$\tilde{R} = (\tilde{R}_i)_{1 \times n} = \left[\sum_{j=1}^n \tilde{T}_{ij} \right]_{1 \times n} \quad (8)$$

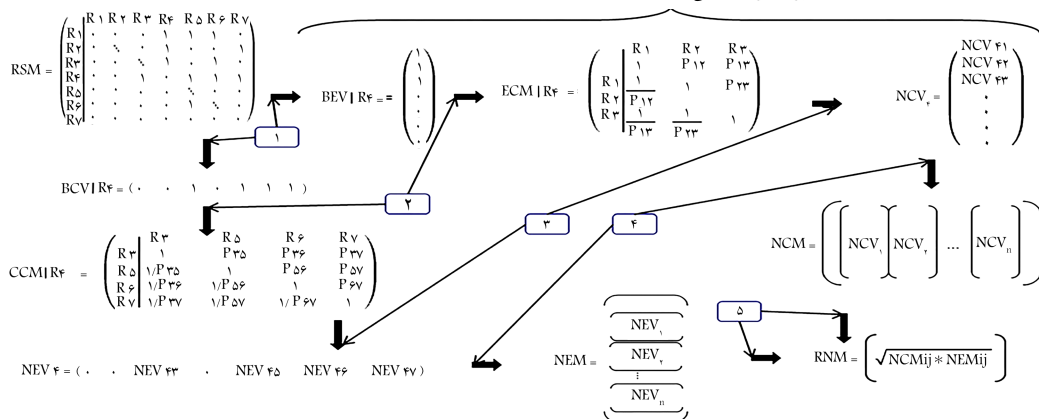
با توجه به ماتریس T محاسبه شده، در مرحله‌ی بعدی میزان اهمیت معیارها $(\tilde{D}_i + \tilde{R}_i)$ و رابطه‌ی بین معیارها $(\tilde{D}_i - \tilde{R}_i)$ مشخص می‌شود. سپس شاخص‌ها و ماتریس T به روش فازی‌زدایی مرکز سطح، فازی‌زدایی می‌شود، اگر $z = (l, m, u)$ باشد آن‌گاه:

$$defuzzy = \frac{((u-l) + (m-l))}{3} + l \quad (9)$$

گام ۵. ترسیم نقشه‌ی روابط شبکه (NRM) برای تعیین NRM، باید ارزش آستانه محاسبه شود. برای محاسبه‌ی مقدار آستانه روابط، کافی است میانگین حسابی مقادیر دی‌فازی شده ماتریس T به دست آید. بعد از تعیین حد آستانه، تمامی مقادیری که کوچکتر از حد آستانه باشند صفر شده یعنی آن رابطه‌ی علی، در نظر گرفته نمی‌شود. با این روش می‌توان از روابط جزئی صرف نظر کرده و شبکه‌ی روابط قابل اعتنا را ترسیم کرد.

- $ri + dj$: شدت اثرگذاری و اثرپذیری (به عبارت دیگر هرچه مقدار $ri + dj$ عملی بیشتر باشد، آن عامل تعامل بیشتری با سایر عوامل سیستم دارد؛
- $ri - dj$: جهت تأثیرگذاری یا تأثیرپذیری (بدین صورت که اگر $ri - dj > 0$ باشد معیار مربوطه اثرگذار و اگر $ri - dj < 0$ باشد معیار مربوطه اثرپذیر است.) به این ترتیب ماتریس روابط درونی ریسک‌ها حاصل می‌شود.

برای هر R_i (مثالی از R_f آورده شده است)



شکل ۲. الگوریتم محاسبه شدت وابستگی بین ریسک‌ها [۱۹]

است: [۲۰]

و β نشان می‌دهد با کاهش β و افزایش α خروج احتمالات تبدیل شده از مقدار یک امکان پذیر است که وضعیتی غیرقابل قبول را برای احتمال ایجاد می‌کند.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x - (m - \alpha)}{\alpha} & m - \alpha \leq x \leq m \\ \frac{(m + \beta) - x}{\beta} & m \leq x \leq m + \beta \end{cases} \quad (11)$$

امتیازات چپ و راست عدد فازی F مطابق روابط ۱۲ و ۱۳ به دست می‌آید.

$$M_L(A) = \frac{1}{1 + \alpha} \quad (12)$$

$$M_R(A) = \frac{m + \beta}{1 + \beta} \quad (13)$$

با به دست آوردن این امتیازات می‌توان امتیازکل را محاسبه کرد و به‌عنوان یک مقدار دقیق و معین در محاسبات بعدی از آن استفاده کرد.

$$\mu_T(x) = \frac{\mu_R(x) + 1 - \mu_L(x)}{2} \quad (14)$$

۶.۳. محاسبه‌ی شدت وابستگی ریسک با تلفیق روش دیمتل فازی

و AHP توسعه یافته فازی

برای تخمین میزان وابستگی بین ریسک‌ها دو روش استفاده می‌شود که عبارت‌اند از: ارزیابی مستقیم و ارزیابی نسبی. ارزیابی مستقیم برای هر وابستگی بالقوه توسط یک یا چند کارشناس با توجه به تجربه و یا تخصص خود تعیین می‌شود. ارزیابی نسبی از مقایسه علل (یا اثرات) یک ریسک واحد حاصل می‌شود که تعاملات چندگانه دارد. [۱۱] این مقاله از روش ارزیابی نسبی استفاده کرده و تعاملات به روش دیمتل فازی شناسایی شده است. وزن نسبی با استفاده از اصل مقایسات زوجی در فرایند AHP که توسط ساعتی مطرح شده است، تعیین می‌شود. ارزیابی نسبی مبتنی بر AHP توسط مارل و همکاران برای به دست آوردن مقادیر عددی شدت وابستگی ریسک‌ها توسعه داده شده است و الگوریتم روند محاسبات در شکل ۲ قابل مشاهده است. [۱۹] در این پژوهش این محاسبات بنا به در نظر گرفتن عدم قطعیت موجود، در محیط فازی محاسبه شده است. ماتریس RSM که نشان‌دهنده‌ی روابط شبکه‌ی ریسک است توسط روش دیمتل به دست می‌آید.

هر مقدار عددی ۱ در سطر ماتریس RSM نشان‌دهنده علت‌های احتمالی برای وقوع یک ریسک است و در واقع نشان‌دهنده این است که یک ریسک از کدام ریسک‌ها تأثیر می‌پذیرد به‌عنوان مثال در سطر چهارم ماتریس RSM، ریسک R_4 از ریسک‌های R_1, R_2, R_5, R_6 و R_7 تأثیر می‌پذیرد و این سطر نشان‌دهنده‌ی بردار یکه‌ی علت برای R_4 است. (BCV) هر مقدار عددی ۱ در ستون ماتریس RSM نیز نشان‌دهنده تأثیراتی است که یک ریسک بر دیگر ریسک‌ها می‌گذارد، به‌عنوان مثال در ستون چهارم R_4 بر روی R_1, R_2, R_3 و R_4 تأثیر می‌گذارد و این ستون از ماتریس RSM نشان‌دهنده بردار یکه‌ی تأثیر برای R_4 است (BEV) در گام اول بردارهای یکه علت و تأثیر برای هر کدام از ریسک‌ها در نظر گرفته می‌شود. سپس در مرحله‌ی ۲ برای تعیین میزان نسبی تأثیرپذیری و تأثیرگذاری یک ریسک بر دیگر ریسک‌ها، پرسش‌نامه‌های مقایسات زوجی علل و اثرات هر ریسک به‌صورت فازی تشکیل و در اختیار خبرگان قرار داده می‌شود (ECM و CCM) سپس با استفاده

۵.۳. محاسبه‌ی احتمال خودبه‌خودی

فانگ و مارل احتمال خودبه‌خودی را به‌عنوان احتمال وقوع ریسک‌ها با منشا خارجی (ناشی از حوادث خارجی یا ریسک‌های خارج از سیستم) در نظر گرفتند. [۱۱] در عمل معمولاً سه روش برای تخمین احتمال وقوع هر پیشامد به کار برده می‌شود. در مواردی مانند پرتاب سکه با محاسبات ریاضی می‌توان احتمال وقوع هر وضعیت را به دست آورد. در سایر موارد که مسأله به این سادگی نیست، می‌توان از اطلاعات و تجارب گذشته که البته باید تا حد قابل قبول مشابه وضعیت حاضر باشند، استفاده کرد. برای محاسبه‌ی احتمال وقوع اتفاقاتی که به ندرت اتفاق می‌افتند، روش محاسبات ریاضی جوابگو نیست و اطلاعات ثبت شده کافی در دسترس ناست. در این حالت راهی به جز اتکا به قضاوت متخصصان و اهل فن وجود ندارد. [۲۵]

در ارزیابی کیفی نیز مطابق نظر خبرگان به احتمال خودبه‌خودی ریسک‌ها امتیاز داده می‌شود، فانگ و مارل با استفاده از رابطه‌ی زیر امتیازات احتمال وقوع خودبه‌خودی را به بازه (۰، ۱) برای ورودی مدل شبیه‌سازی، تبدیل کرده است. [۱۱]

$$p = \alpha \times 10^{\left(\frac{-\beta}{s}\right)} \quad (15)$$

که در آن p احتمال کمی و s مقدار کیفی احتمال (امتیاز داده شده به احتمال وقوع از سوی خبرگان) $\alpha = 5$ ، $\beta = 8$ را نشان می‌دهد. تحلیل حساسیت روی مقادیر α

لذا با انجام ارزیابی کیفی ریسک‌ها به روش FMEA و محاسبه‌ی احتمالات خودبه‌خودی و به دست آوردن مقادیر ماتریس RNM (احتمال انتقال بین ریسک‌ها - مقادیر وابستگی)، مدل شبکه‌ی ریسک قابل رسم خواهد بود. محاسبه‌ی انتشار ریسک در شبکه دشوار است، به ویژه با پدیده‌های پیچیده مانند وابستگی‌های حلقه‌یی. علاوه بر این، در زمینه‌ی مدیریت پروژه، انجام مطالعات آزمایشی به خصوص در مورد پروژه‌ها، پرهزینه و غیرممکن است. لذا از شبیه‌سازی به‌عنوان یک ابزار جایگزین برای تحقیقات تجربی در DSS، بهره گرفته شده است. تکنیک‌های شبیه‌سازی به طور گسترده‌یی برای ساخت سیستم‌های پشتیبان تصمیم مبتنی بر مدل استفاده می‌شوند و به تصمیم‌گیرنده در پیش‌بینی اثرات ریسک‌ها، اقدامات و تخصیص منابع با ارزیابی عواقب بالقوه آنها کمک می‌کند. بنابراین، در این تحقیق، شبکه‌ی ریسک پروژه از طریق شبیه‌سازی در نرم‌افزار ARENA مدل‌سازی و تحلیل می‌شود.

۷.۳. ارزیابی ریسک‌ها به روش شبیه‌سازی مونت کارلو

به‌طور کلی، روش مونت کارلو (یا شبیه‌سازی مونت کارلو) به هر شیوه‌یی که از طریق نمونه‌سازی آماری پاسخ‌هایی تقریبی برای مسائل کمی فراهم می‌کند، اطلاق می‌شود. شبیه‌سازی مونت کارلو بیشتر برای توصیف روشی برای انتشار عدم قطعیت‌های موجود در ورودی مدل به عدم قطعیت‌ها در خروجی مدل به کار می‌رود. بنابراین مونت کارلو، نوعی شبیه‌سازی است که صریحاً و به‌صورت کمی، عدم قطعیت را نمایش می‌دهد.

بر اساس مقاله‌ی فانگ و مارل، احتمال وقوع ریسک را می‌توان پس از اتخاذ رفتار انتشار ریسک، به وسیله‌ی معیار فرکانس ریسک آماری که در شبیه‌سازی بیان شده به دست آورد. در عمل، یک ریسک ممکن است بیش از یک بار در طی یک تکرار شبیه‌سازی پروژه رخ دهد و این نشان از سازگاری با شرایط واقعی دارد. تناوب تکرار یا فرکانس ریسک شبیه‌سازی نشان‌دهنده‌ی میانگین وقوع ریسک در طول پروژه است که ممکن است بیشتر از یک بار باشد. رابطه‌ی بین فرکانس ریسک شبیه‌سازی شده و احتمال وقوع ریسک در رابطه‌ی ۲۰ بیان شده است:

$$RF [i] = P_1 (R_i) + 2P_2 (R_i) + 3P_3 (R_i) + \dots \quad (20)$$

$$RF [i] = \lim_{m \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^m k \cdot P_k (R_i) \quad (21)$$

معادله‌ی ۲۱ نشان‌دهنده‌ی فرکانس ریسک شبیه‌سازی شده R_i است^{۱۴} و $P_k (R_i)$ نشان‌دهنده‌ی احتمال وقوع k بار ریسک R_i در طول زمان است. شبیه‌سازی می‌تواند برای پیش‌بینی پیامدهای یک ریسک خاص یا یک سناریوی خاص نیز استفاده شود. در هر سناریو ریسک‌های مشخصی با تنظیم احتمال خودبه‌خودی منصوب و شبیه‌سازی می‌شوند و پس از آن، می‌توان همهی پیامدهای احتمالی سناریو را مشاهده کرد. به‌عنوان مثال، اگر به یک ریسک $10^0\%$ احتمال خودبه‌خودی را اختصاص داده شود در حالی که همه ریسک‌های دیگر مقدار صفر درصد داشته باشند، با شبیه‌سازی می‌توان تمامی اثرات مستقیم و غیرمستقیم (روابط به دست آمده از روش دیمتل) ریسک مد نظر را بر ریسک‌های دیگر در شبکه مشاهده کرد. عواقب ریسک که برای ارزیابی مجدد تأثیر آن در حوزه‌ی کلی شبکه‌ی ریسک استفاده می‌شود در رابطه‌ی ۲۲ تعریف شده است.^[۱]

$$CR [i] = \sum_{j=1}^n RF^i [j] \cdot RI [j] \quad (22)$$

در این جا $CR [i]$ ۱۵ آثار یا پیامدهای R_i است و $RF^i [j]$ نشان‌دهنده‌ی فرکانس ریسک شبیه‌سازی شده R_j از R_i است. $RI [i]$ ۱۶ اثر ریسک ارزیابی شده R_j

از روش میانگین هندسی، جداول میانگین نظرات مقایسات زوجی تهیه می‌شود. پس از محاسبه‌ی نرخ ناسازگاری محاسبه‌ی بردارهای عددی وزن نسبی حاصل از مقایسات زوجی در مرحله‌ی ۳ به روش میانگین هندسی باکلی حاصل می‌شود، که در ادامه توضیح داده می‌شود. در مرحله‌ی ۴ مطابق روش فانگ و مارل بردارهای وزن نسبی محاسبه شده برای هر ریسک در کنار هم قرار می‌گیرند و دو ماتریس NCM و NEM^{۱۲} را تشکیل می‌دهند، نهایتاً در مرحله‌ی ۵ از رادیکال ضرب درایه به درایه‌ی دو ماتریس، ماتریس شدت وابستگی بین ریسک‌ها (RNM)^{۱۳} محاسبه می‌شود. مطابق روش فانگ و مارل، این مقادیر به‌عنوان احتمال انتقال بین ریسک‌ها تفسیر می‌شود. به‌عنوان مثال، اگر عنصر (۳، ۴) RNM برابر ۰٫۲۵ باشد، آن‌گاه احتمال ریسک ۴ ناشی از ریسک ۳، تحت شرایطی که ریسک ۳ فعال باشد، ۲۵٪ در نظر گرفته می‌شود.^[۱۱]

تکنیک میانگین هندسی باکلی برای محاسبه‌ی اوزان نسبی در مقایسات زوجی فازی استفاده می‌شود.^[۱۴] فرض کنید \tilde{P}_{ij} مجموعه‌یی از ترجیحات تصمیم‌گیران در مورد یک شاخص نسبت به دیگر شاخص‌ها باشد. ماتریس مقایسات زوجی به‌صورت زیر تشکیل می‌شود:

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{P}_{12} & \dots & \tilde{P}_{1n} \\ \tilde{P}_{21} & 1 & \dots & \tilde{P}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{P}_{n1} & \tilde{P}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (16)$$

n تعداد عناصر مرتبط در هر سطر است. میانگین هندسی ارزش مقایسات فازی شاخص i به هر شاخص از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$\tilde{r}_i = \left(\prod_{j=1}^n \tilde{p}_{ij} \right)^{1/n} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (17)$$

سپس وزن فازی i امین شاخص به وسیله‌ی یک عدد فازی مثلثی نشان داده می‌شود. بعد از محاسبه‌ی فاکتورهای وزن فازی، وزن‌ها دی‌فازی و سپس نرمال می‌شود.

$$w_i = r_i \otimes (r_1 \oplus r_2 \oplus \dots \oplus r_m)^{-1} \quad (18)$$

$$w_{crisp} = \frac{1 + 2m + u}{4} \quad (19)$$

در این پژوهش برای محاسبه‌ی وزن در مقایسات زوجی، از عبارات کلامی و اعداد فازی مثلثی مندرج در جدول ۷ استفاده شده است.

جدول ۷. طیف اعداد فازی.

ردیف	اولویت‌ها	معادل فازی اولویت‌ها
		$F = (\alpha, m, \beta)$
۱	اهمیت یکسان	(۱, ۱, ۱)
۲	یکسان تا نسبتاً مهم‌تر	(۱, ۲, ۳)
۴	نسبتاً مهم‌تر تا اهمیت زیاد	(۳, ۴, ۵)
۵	اهمیت زیاد	(۴, ۵, ۶)
۶	اهمیت زیاد تا بسیار زیاد	(۵, ۶, ۷)
۷	اهمیت بسیار زیاد	(۶, ۷, ۸)
۸	بسیار زیاد تا کاملاً مهم‌تر	(۷, ۸, ۹)
۹	کاملاً مهم‌تر	(۸, ۹, ۱۰)

جدول ۱۱. مقادیر D و R ریسک‌ها.

نوع ریسک	Di - Ri	Di + Ri	(Di) ^{defuzzy}	(Di) ^{defuzzy}	Ri	Di	
علت	۱,۳۹۶	۲,۵۳۶	۰,۵۷۰	۱,۹۶۶	(۰, ۰, ۱,۷۱)	(۰,۵۳۱, ۱,۱۵۴, ۴,۲۱۴)	R _۱
معلول	-۱,۰۶۵	۳,۴۱۱	۲,۲۳۸	۱,۱۷۳	(۰,۵۶۵, ۱,۳۱۹, ۴,۸۲۹)	(۰,۱۳۸, ۰,۵۰۲, ۲,۸۷۹)	R _۲
معلول	-۰,۱۴۱	۳,۲۷۸	۱,۷۰۹	۱,۵۶۹	(۰,۳۶۶, ۰,۹۴, ۳,۸۲۲)	(۰,۳۵۷, ۰,۸۱۱, ۳,۵۳۸)	R _۳
علت	۰,۵۶۲	۱,۷۰۲	۰,۵۷۰	۱,۱۳۲	(۰, ۰, ۱,۷۱)	(۰,۱۷, ۰,۲۳۶, ۲,۷۸۹)	R _۴
معلول	-۰,۵۵۵	۳,۴۳۶	۱,۹۹۶	۱,۴۴۱	(۰,۴۵۴, ۱,۱۲۷, ۴,۴۰۶)	(۰,۲۵۵, ۰,۶۸۲, ۳,۳۸۴)	R _۵
معلول	-۰,۸۱۷	۳,۴۲۴	۲,۱۲۰	۱,۳۰۳	(۰,۱۵۱, ۱,۲۳۸, ۴,۶۰۵)	(۰,۱۵۲, ۰,۵۹, ۳,۱۶۸)	R _۶
معلول	-۰,۱۰۷	۲,۸۶۸	۱,۴۸۸	۱,۳۸۱	(۰,۵۵۱, ۰,۷۵۶, ۳,۵۵۷)	(۰,۱۹, ۰,۶۴۵, ۳,۳۰۶)	R _۷
علت	۰,۵۸۱	۲,۲۶۵	۰,۸۴۲	۱,۴۲۳	(۰,۰۴۱, ۰,۲۲۶, ۲,۲۵۸)	(۰,۲۴۴, ۰,۶۶۵, ۳,۳۶۱)	R _۸
علت	۰,۱۴۵	۲,۳۰۹	۱,۰۸۲	۱,۲۲۷	(۰,۱۱۱, ۰,۴۱۶, ۲,۷۱۸)	(۰,۱۶۸, ۰,۵۳۸, ۲,۹۷۵)	R _۹

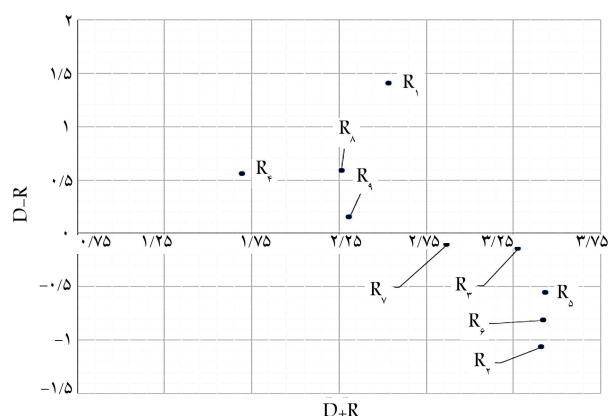
جدول ۱۲. مقادیر RNM ریسک‌ها.

R _۹	R _۸	R _۷	R _۶	R _۵	R _۴	R _۳	R _۲	R _۱	
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	R _۱
۰,۲۲۸	۰,۲۲۸	۰,۰۹۷	۰,۰۶۲	۰,۰۸۹	۰,۲۱۶	۰,۲۰۵	۰	۰,۱۳۹	R _۲
۰,۰۷۸	۰	۰,۳۶۳	۰,۱۱۶	۰,۲۱۲	۰	۰	۰,۲۸۶	۰,۲۷۱	R _۳
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	R _۴
۰,۰۹۴	۰,۲۰۴	۰,۳۹۸	۰,۱۳۶	۰	۰,۱۰۲	۰,۲۳۶	۰,۱۳۹	۰,۰۷۴	R _۵
۰,۰۹۱	۰,۱	۰,۱۷۷	۰	۰,۰۸۲	۰,۰۸۸	۰,۱۰۶	۰,۱۳	۰,۱۰۷	R _۶
۰	۰,۱۶۹	۰	۰,۲۱۳	۰,۳۱۸	۰	۰,۳۴۳	۰	۰,۰۶۱	R _۷
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	R _۸
۰	۰	۰	۰,۳۰۹	۰	۰	۰	۰	۰,۰۸۷	R _۹

با محاسبه‌ی احتمالات خودبه‌خودی و احتمالات انتقال، مدل شبکه‌ی ریسک حاصل شد. آن‌گاه ارزیابی مجدد ریسک‌ها به روش شبیه‌سازی مونت‌کارلو انجام گرفت و اهمیت و تأثیر در نظر گرفتن تعاملات و وابستگی‌های درونی بین ریسک‌ها را در اولویت‌بندی مجدد نشان داد. مدل مفهومی شبیه‌سازی مونت‌کارلو برای محاسبه‌ی دو فاکتور فرکانس ریسک و اثرات ریسک به این صورت در نظر گرفته شده است: برای هر یک از ریسک‌ها عدد تصادفی تولید و با احتمال خودبه‌خودی ریسک مقایسه شده و تعیین می‌شود آیا آن ریسک اتفاق می‌افتد یا خیر. اگر عدد تولید شده از عدد احتمال خودبه‌خودی ریسک کمتر بود، آن ریسک اتفاق می‌افتد و اگر ریسکی اتفاق افتاد مدل شبیه‌سازی به سراغ وابستگی‌های آن ریسک می‌رود. عدد تصادفی با عدد انتقال ریسک مقایسه می‌شود؛ اگر آن عدد کوچکتر بود ریسک وابسته محقق می‌شود. برای نمونه با توجه به وابستگی‌ها اگر شبیه‌سازی به تعداد ۵۰ بار تکرار می‌شود نتایج نشان می‌دهد برای R_۲ در این کل این ۵۰ تکرار شبیه‌سازی، در ۷ تکرار، یکبار رخ داده، در ۸ تکرار دوبار رخ داده، در ۵ تکرار سه بار رخ داده و در یکبار تکرار شبیه‌سازی چهار بار رخ داده و ... با بررسی هر ۵۰ دور تکرار شبیه‌سازی، متوسط فرکانس وقوع R_۲ چنین محاسبه می‌شود:

$$RF [۲] = ۱ \times \frac{۷}{۵۰} + ۲ \times \frac{۸}{۵۰} + ۳ \times \frac{۵}{۵۰} + ۴ \times \frac{۱}{۵۰} + ۵ \times \frac{۱}{۵۰} + ۶ \times \frac{۳}{۵۰} + ۷ \times \frac{۱}{۵۰} + ۸ \times \frac{۱}{۵۰} + ۱۰ \times \frac{۱}{۵۰} + ۱۲ \times \frac{۱}{۵۰} + ۱۴ \times \frac{۱}{۵۰} + ۱۵ \times \frac{۱}{۵۰} + ۱۶ \times \frac{۱}{۵۰} + ۱۹ \times \frac{۱}{۵۰} + ۲۲ \times \frac{۱}{۵۰} = \frac{۱۸۸}{۵۰} = ۳,۷۶$$

به این ترتیب برای هر ریسک فاکتور RF استخراج می‌شود. به همین نحو CR نیز برای هر ریسک محاسبه می‌شود. به یک ریسک ۱۰٪ احتمال خودبه‌خودی



شکل ۳. نمودار وابستگی علی و معلولی ریسک‌ها.

و $D - R$ می‌توان ریسک‌های را از نظر علت و معلول بودن مورد بررسی قرار داد که در شکل ۳ نشان داده شده است.

براین اساس ریسک‌هایی که در بالای محور افقی شکل ۳ هستند دارای $D - R$ مثبت هستند، پس جنبه‌ی علت دارند و ریسک‌هایی که در پایین محور افقی هستند دارای $D - R$ منفی‌اند جنبه‌ی معلول دارند. پس از شناسایی وابستگی ریسک‌ها به محاسبه‌ی شدت وابستگی‌ها پرداخته می‌شود. شدت وابستگی ریسک‌ها با احتمال انتقال بین ریسک‌ها با تلفیق روش دیمتل فازی و AHP توسعه یافته فازی مطابق الگوریتم مارل و دیگران^[۱۹] محاسبه شد و مورد ارزیابی قرار گرفت، نتایج در جدول ۱۲ قابل مشاهده است.

۵. نتیجه‌گیری

این پژوهش ضمن به روزرسانی چارچوب پشتیبان تصمیم به ارائه ارزیابی ریسک با در نظر گرفتن اثرات متقابل ریسک‌ها پرداخت تا بتواند با رویکردی کاربردی ارزیابی ریسک را در مطالعات واقعی پیاده‌سازی کند. از آنجا که ماهیت ریسک همواره با عدم قطعیت همراه بوده و عدم قطعیت یکی از ویژگی‌های ذاتی محیط اجرای پروژه‌ها است، سعی شد ابهام موجود در محیط و پارامترهای غیرقطعی شناسایی شود و در مرحله ارزیابی وارد مدل شود.

برای این منظور با استفاده از نظریه‌ی فازی، ابتدا از روش FMEA فازی برای ارزیابی کیفی ریسک‌ها بهره گرفته شد و سپس از تلفیق روش دیمتل و AHP توسعه یافته فازی برای محاسبه‌ی شدت وابستگی ریسک‌ها استفاده شد. با توجه به این که رویکرد کلی ارزیابی، در نظر گرفتن وابستگی‌هایی چون اثرات متقابل و هم‌رخدادی در ریسک‌ها در محیط عدم قطعیت است، پیچیدگی مسائل با وجود حلقه‌های تقویت‌کننده در روابط ریسک‌ها و ماهیت احتمالی بودن متغیرها بسیار است. لذا از شبیه‌سازی برای ارزیابی مجدد ریسک‌ها استفاده شد و با شبیه‌سازی مونت‌کارلو ارزیابی مجدد ریسک‌ها انجام شد.

مدل پیشنهادی در مطالعه‌ی موردی دو آب‌بند خاکی در اطراف پالایشگاه شهید هاشمی‌نژاد در محدوده‌ی سرخس پیاده‌سازی و منجر به ارزیابی مجدد شد. در نتیجه‌ی این تحقیق، ۹ ریسک و روابط بین آن‌ها شناسایی و شدت وابستگی بین ریسک‌ها محاسبه شد. شبیه‌سازی نشان داد ریسک بسته شدن لوله‌ی سرریز که در تحلیل کیفی رتبه‌ی چهارم را داشته، بالاترین رتبه را دارد و بحرانی‌ترین ریسک است.

در تحقیقات آتی می‌توان با شناسایی اقدامات پاسخ به ریسک که منجر به قطع یا کاهش میزان وابستگی، احتمال وقوع و اثرات ریسک‌ها می‌شود، پاسخ‌ها را در مدل آزمایش کرد و با ارزیابی نتایج احتمالی، مطلوب‌ترین پاسخ را نیز انتخاب کرد. سپس اقدامات پاسخ به ریسک انتخاب شده اجرا می‌شود و تحت کنترل و پایش قرار می‌گیرد. در نهایت در چارچوب پشتیبان تصمیم، فرایند مدیریت ریسک مدام تحت کنترل خواهد بود. لذا مدل می‌تواند به طور مداوم ریسک‌ها و اقدامات پاسخ به ریسک جدید را نظارت و ارزیابی و اولویت‌بندی کند تا پیشنهادها و اقدامات کاهش را بررسی کند و از تصمیم‌گیران در تصمیمات مرتبط با مدیریت ریسک حمایت کند. همچنین طراحان DSS می‌توانند با ارائه‌ی یک نرم‌افزار مدیریتی در این زمینه با ایده گرفتن از چارچوب ارائه شده، مدیران را در تجزیه و تحلیل داده‌ها و کنترل نظارت مستمر و اخذ تصمیمات مدیریتی یاری کنند.

در این تحقیق به‌منظور در نظر گرفتن عدم قطعیت از نظریه‌ی فازی و اعداد مثلثی به دلیل سهولت و پرکاربردتر بودن روش استفاده شده است، لذا می‌توان از دیگر روش‌ها یا در نظر گرفتن سایر اعداد فازی از قبیل؛ ذوزنقه‌ی، گوسی و ... استفاده کرد.

تقدیر و تشکر

قسمتی از این پژوهش با حمایت مالی و اطلاعاتی شرکت پالایش گاز شهید هاشمی‌نژاد انجام گرفته است. لذا از تمامی مدیران و کارشناسان مجموعه جهت همکاری در انجام پژوهش حاضر تشکر و قدردانی می‌شود.

جدول ۱۳. نتایج ارزیابی مجدد ریسک‌ها.

رتبه	شبه‌سازی	رتبه	FMEA فازی	رتبه
۸	۲,۰۳۲	۷	۲۳۰,۲۴۵	R _۱
۶	۱۵,۷۹۲	۵	۲۸۷,۰۸۱	R _۲
۳	۳۰۲,۶۳۰۴	۱	۴۰۷,۶۰۸	R _۳
۹	۱,۰۵۴۴	۸	۱۹۰,۸۶۱	R _۴
۱	۵۴۵,۱۷۱۲	۴	۳۷۵,۳۹۹	R _۵
۴	۲۰۹,۵۲۴۴	۶	۲۸۶,۷۸	R _۶
۲	۴۰۱,۳۱۳۶	۹	۱۲۱,۱۳۵	R _۷
۷	۵,۸۷۶	۳	۳۸۰,۴۵۳	R _۸
۵	۱۹۷,۳۴۳۶	۲	۳۹۹,۳۵۲	R _۹

جدول ۱۴. مقایسه اولویت‌بندی ریسک.

اولویت	GC [z]	CR [z]	RF [z]	رتبه
۸	۲,۰۳۲	۲۵,۴	۰,۰۸	R _۱
۶	۱۵,۷۹۲	۴,۲	۳,۷۶	R _۲
۳	۳۰۲,۶۳	۵۱,۱۲	۵,۹۲	R _۳
۹	۱,۰۵۴۴	۱۳,۱۸	۰,۰۸	R _۴
۱	۵۴۵,۱۷	۹۶,۳۲	۵,۶۶	R _۵
۴	۲۰۹,۵۲	۲۹,۰۲	۷,۲۲	R _۶
۲	۴۰۱,۳۱	۷۱,۹۲	۵,۵۸	R _۷
۷	۵,۸۷۶	۵۸,۷۶	۰,۱	R _۸
۵	۱۹۷,۳۴	۶۹,۹۸	۲,۸۲	R _۹

اختصاص داده می‌شود در حالی که به همه ریسک‌های دیگر مقدار صفر درصد داده می‌شود. با شبیه‌سازی می‌توان تمامی اثرات مستقیم و غیرمستقیم ریسک مد نظر را بر ریسک‌های دیگر شبکه، مطابق رابطه‌ی CR مشاهده کرد. نتایج ارزیابی مجدد در جدول ۱۳ قابل مشاهده است.

تغییرات اولویت‌بندی در جدول ۱۴ قابل مشاهده است. نتایج اولویت‌بندی ریسک پس از شبیه‌سازی تغییر کرده است. چندین ریسک در رتبه‌ی بالاتری از لحاظ فرکانس قرار گرفته‌اند، در حالی که رتبه‌ی برخی دیگر کاهش یافته است. به‌عنوان مثال، در روش کلاسیک، R_۳ (وقوع تخریب دیواره‌ی آب‌بند در اثر وقوع سیلاب) به‌عنوان بحرانی‌ترین ریسک شناخته شد. اما بالاترین رتبه‌ی کلی روش شبیه‌سازی شده R_۵ (بسته شدن لوله‌ی سرریز) است.

بسته شدن لوله‌ی سرریز به‌عنوان بحرانی‌ترین ریسک انتخاب شده است، این ریسک از ریسک‌های انتقال است که طبق میانگین نظر خبرگان از هشت ریسک تأثیر می‌پذیرد و بر روی چهار ریسک تأثیرگذار است. با توجه به این که در آب‌بند‌های ۱ و ۲ سرریز از نوع غیراستاندارد بوده و به شکل لوله‌ی به قطر ۶۰۰ mm جایگذاری شده است که خلاف اصول طراحی سرریزهای استاندارد است و خود ریسکی است که آب‌بندها را تهدید می‌کند. ایجاد مانع در طول مسیر سرریز از هر نوع که باشد یک خطر جدی در مواقع بحرانی در تخریب سد محسوب می‌شود.

پانوشتها

1. decision support system
2. genesis
3. failure mode and effects analysis
4. analytic hierarchical process
5. project risk analysis and management guide
6. risk priority number
7. spontaneous probability
8. risk structure matrix
9. binary cause vectors
10. binary effect vectors
11. cause/effect comparison matrices
12. numerical cause/ effect vectors
13. risk numerical matrix
14. simulated risk frequency
15. consequences of Ri
16. the evaluated risk impact of Rj
17. simulated global criticality

منابع (References)

1. Frayand jush ab vapayesh. "Risk assessment of dam failure", Registered at Shahid Hashemi Nejad Gas Refining Company, (In Persian) (2017).
2. Knight, F.H. "Risk, uncertainty and profit", Reprint New York: Augustus M.Kelley original edition, Boston:Houghton Mifflin (1964).
3. Bazaee, Gh., Jalili Majarshin, A. and Jalaliani, H. "Decision support system DSS", First edition, Tehran: Zand Publications (In Persian) (2012).
4. Kabaranzadeh Ghadim, M.R. and Rofougar Astaneh, H. "Designing a decision support system (DSS) schema with applying genetic algorithm for survey of resource leveling problem-(vehicles)", *Journal of Information Technology Management*, **1**(3), pp. 69-88 (In Persian) (2009).
5. Hastak, M. and Shaked, A. "ICRAM-1: model for international construction risk assessment", *Int. J. of ASCE J Manage Eng*, **16**, pp. 59-69 (2000).
6. Han, S.H., Diekmann, J.E., Lee, Y. and et al. "Multicriteria financial portfolio risk management for international projects", *J. of Constr Eng Manage*, **130**(3), pp.346-356 (2004).
7. Dikmen, I. and Birgonul, M.T. "An AHP based model for risk and opportunity assessment of international construction projects", *Int. J. of Can J Civil Eng*, **33**, pp. 58-68 (2006).
8. Mokhtari, K., Ren, J., Roberts, Ch. and et al. "Decision support framework for risk management on sea ports and terminals using fuzzy set theory and evidential reasoning approach", *Int. J. of Expert Systems with Applications*, **39**, pp. 5087-5103 (2012).
9. Hong, Zh. and Lee, C. "A decision support system for procurement risk management in the presence of spot market", *Int. J. of Decision Support Systems*, **55**, pp. 67-78 (2013).
10. Seifi Sariikhieh, M., Chahar Sookie, S. and Hosseinzadeh Kashan, A. "Designing a model-based decision support system for integrating project performance assessment and risk management (construction investment projects)", *Int. J. of Sharif Industrial Engineering and Management*, **33.1**(1.2), pp. 129-139 (In Persian) (2017).
11. Fang, Ch. and Marle, F. "A Simulation-based risk network model for decision support in project risk management", *Int. J. of Decision Support Systems*, **52**, pp. 635-644 (2012).
12. Zegordi, H., Nazari, A. and Rezai Nick, E. "Project risk assessment by combined approach of network analysis process and fuzzy TOPSIS method", *Int. J. of Sharif Industrial Engineering and Management*, **21-29**(2), pp. 3-14 (In Persian) (2013).
13. Zou, P.X., Zhang, G. and Wang, J. "Understanding the key risks in construction projects in China", *Int. J. of Project Management*, **25**(6), pp. 601-614 (2007).
14. Hossenzade shahry, M. and Ghadakforoshan, M. "Prioritizing E-banking risks from the perspective of public and private bank managers", *Organizational Resource Management Research*, **2**(4), pp. 45-63 (In Persian) (2012).
15. Kolahan, F., Rezai Nik, E., Hassani Dughabadi, M. and et al. "Identifying and prioritizing the risks of electricity development projects of the country (case study: Khorasan regional electricity transmission and distribution area)", *Int. J. of Industrial Engineering*, **49**(1), pp. 107-116 (In Persian) (2015).
16. Mousavi, P., Yousefi Zenoz, R. and Hassanpour, A. "Identifying organizational information security risks using fuzzy delphi method in banking industry", *Int. J. of Information Technology Management*, **7**(1), pp. 163-184 (In Persian) (2015).
17. Sayed Javadin, S.R., Safari, H. and Ebrahimi, A. "Providing a framework for identifying strategic risks in investment holding companies", *Int. J. of Business Management, University of Tehran, Article 5*, **8**(1), pp. 89-116 (In Persian) (2016).
18. Lee, E., Park, Y. and Shin, J.G. "Large engineering project risk management using a Bayesian belief network", *Int. J. of Expert Systems with Applications*, **36**(3), pp. 5880-5887 (2009).
19. Marle, F., Vidal, L.A. and Bocquet, J.C. "Interactions-based risk clustering methodologies and algorithms for complex project management", *Int. J. of Production Economics*, **142**(2), pp. 225-234. (2013).
20. Baghdadi, A. and Kishk, M. "Saudi arabian aviation construction projects: identification of risks and their consequences", *Int. J. of Procedia Engineering*, **123**, pp. 32-40 (2015).
21. Shrestha, P.P., Batista, J. and Maharjan, R. "Risks involved in using alternative project delivery (APD) methods in water and wastewater projects", *Int. J. of Procedia Engineering*, **145**, pp. 219-223 (2016).
22. Kianfer, F., Najmi, M. and Ebrahimi, M.E. "Calculating risk priority in FMEA model using fuzzy theory", *2th Int. conf. on Management*, Tehran, Sharif University of Technology, Faculty of Management and Economics (In Persian) (2004).
23. Hemmati, M. and Bahu, A. "Providing a combined model of demetel method and fuzzy hierarchy process to rank factors affecting power plant risk", *Int. J. of Industrial Engineering & Management*, **33.1**(2.2), pp. 63-74 (In Persian) (2017).

24. Peláez, C.E. and Bowles, J.B. "Using fuzzy cognitive maps as a system model for failure modes and effects analysis", *Int. J. of Information Sciences*, **88**(1-4), pp. 177-199 (1996).
25. Chang, C.L., Wei, C.C. and Lee, Y.H. "Failure mode and effects analysis using fuzzy method and grey theory", *Int. J. of Kybernetes*, **28**(9), pp. 1072-1080 (1999).
26. Guimarães, A.C.F. and Lapa, C.M.F. "Fuzzy FMEA applied to PWR chemical and volume control system", *Int. J. of Progress in Nuclear Energy*, **44**(3), pp. 191-213 (2004).
27. Zeng, J. An, M. and Smith, N.J. "Application of a fuzzy based decision making methodology to construction project risk assessment", *Int. J. of Project Management*, **25**(6), pp. 589-600 (2007).
28. Mojtahedi, S.M.H., Mousavi, S.M. and Makui, A. "Project risk identification and assessment simultaneously using multi-attribute group decision making technique", *Int. J. of Safety science*, **48**, pp. 499-507 (2010).
29. Ebrahimnejad, S. Mousavi, S.M. and Seyrafiانpour, H. "Risk identification and assessment for build-operate-transfer projects: a fuzzy multi attribute decision making model", *Int. J. of Expert Systems With Applications*, **37**, pp. 575-586 (2010).
30. Morote, A.N. and Vila, F.R. "A fuzzy approach to construction project risk assessment", *Int. J. of Project Management*, **29**, pp. 220-231 (2011).
31. Wang, J. and Sun, Y. "The intuitionistic fuzzy sets on evaluation of risks in projects of energy management contract", *Int. J. of Systems Engineering Procedia*, **3**, pp. 30-35 (2012).
32. Hadi-Vencheh, A. and Aghajani, M. "Failure mode and effects analysis: a fuzzy group MCDM approach", *Int. J. of Soft Computing and Applications*, pp. 1-14 (2013).
33. Liu, S., Xie, Z., Zhang, W. and et al. "Risk assessment in Chinese food safety", *Int. J. of Food Control*, **30**(1), pp. 162-167. (2013).
34. Jamshidi, A., Rahimi, S.A., Ait-Kadi, D. and et al. "A comprehensive fuzzy risk-based maintenance framework for prioritization of medical devices", *Int. J. of Applied Soft Computing*, **32**, pp. 322-334 (2015).
35. Liu, J. and Wei, Q. "Risk evaluation of electric vehicle charging infrastructure publicprivate partnership projects in China using fuzzy TOPSIS", *Int. J. of Cleaner Production*, **189**, pp. 211-222 (2018).
36. Diekmann, J.E. "Probabilistic estimating: mathematics and applications", *Int. J. of Construction Engineering and Management*, **109**, pp. 297-308 (1983).
37. Diekmann, J.E. "Risk analysis: lessons from artificial intelligence", *Int. J. of Project Management*, **10**(2), pp. 75-80 (1992).
38. Zayed, T.M. and Chang, L.M. "Prototype model for build-operate-transfer risk assessment", *Int. J. of Management in Engineering*, **18**(1), pp. 7-16 (2002).
39. Kang, C.C. and Feng, C.M. "Risk measurement and risk identification for BOT projects: a multi-attribute utility approach", *Int. J. of Mathematical and Computer Modelling*, **49**(9), pp. 1802-1815 (2009).
40. Muriana, C. and Vizzini, G. "Project risk management: a deterministic quantitative technique for assessment and mitigation", *Int. J. of Project Management*, **35**(3), pp. 320-340 (2017).
41. Liu, J., Jin, F., Xie, Q. and et al. "Improving risk assessment in financial feasibility of international engineering projects: a risk driver perspective", *Int. J. of Project Management*, **35**(2), pp. 204-211 (2017).
42. Gall, M., Borg, W. and Gall, J., *Qualitative and quantitative Research Methods in Educational Sciences and Psychology*, Translated by Ahmehd Reza Nasr, Mohamd Jafar Pakseresht, Ali Delavar, Alireza kiamanesh, Gholam Reza khoeynejad, Mahmood Abolghasemi, Mohamdhosein Alamatsaz, HamidReza Arizi, Khosro Bagheri. Vol.1. Shahid Beheshti University and the Organization of Humanities Studies and Book Authorization Publication (In Persian) (2003).
43. Yeh, T.M. and Huang, Y.L. "Factors in determining wind farm location: integrating GQM, fuzzy DEMATEL, and ANP", *Renewable Energy*, **66**, pp. 159-169 (2014).
44. Habibi, A., Izadbar, S. and Sarafrazi, A., *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making*, Gill Inscription Publications (2014).
45. Nazari, A., Forsatkar, A. and Kianfar, B. "Ray Management in Projects", *Competitive Issues in Presidential Planning*, (In Persian) (2008).
46. Hsieh, T.Y., Lu, S.T. and Tzeng, G.H. "Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings", *Int. J. of Project Management*, **22**(7), pp. 573-584 (2004).